



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА



ЗБОРНИК РАДОВА ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Едиција: Техничке науке - зборници

Година: XXV

Број: 17/2010

Нови Сад

Едиција: „Техничке науке – Зборници“
Година: XXV Свеска: 17

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 седамнаеста 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 интегрисаних мастер студија, сад већ дипломираних инжењера – мастера, који су дипломирали у периоду од 01.10.2010. до 30.11.2010. год., а који се промовишу 27.01.2011. год. То су оригинални прилози студената са главним резултатима њихових дипломских радова. Део радова већ раније је објављен на некој од домаћих или страних научних конференција.

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

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

У овој свесци објављени су радови из области машинства, електротехнике и рачунарства и грађевинарства.

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: Mašinstvo

1. Atila Zelić, Rastislav Šostakov,
ODREĐIVANJE HORIZONTALNIH OPTEREĆENJA ŠINA I NOSEĆE KONSTRUKCIJE
DVOGREDE MOSNE DIZALICE IZAZVANIH ZAKOŠENJEM PRI KRETANJU 3589
2. Dejan Lazić, Velimir Todić, Dejan Lukić,
ODREĐIVANJE POTREBNIH PROIZVODNIH RESURSA NA OSNOVAMA GRUPNE
TEHNOLOGIJE 3593
3. Dragan Rodić, Pavel Kovač, Borislav Savković,
PRIMENA FAZI LOGIKE I ANFIS SISTEMA U ISTRAŽIVANJIMA PROCESA OBRADE
ČEONIM GLODANJEM 3597
4. Nedeljko Kljajić, Velimir Todić, Dejan Lukić,
PRIMENA AHP METODE ZA OCENU I IZBOR OBRADNOG SISTEMA 3601
5. Uroš Branković,
KOČNE PERFORMANSE VOZILA SA I BEZ ABS UREĐAJA NA RAZLIČITIM PODLOGAMA 3605
6. Laslo Ekres,
METODE ISPITIVANJA TVRDO NAVAREN OG SLOJA 3608

Radovi iz oblasti: Elektrotehnika i računarstvo

1. Jovan Radulović, Vojin Ilić,
PRIMENA VEŠTAČKIH NEURONSKIH MREŽA U ELEKTROMIOGRAFIJI 3612
2. Nikola Kolarović,
PROŠIRENJE INTERPRETERA XPROLOG FAZI ARITMETIKOM 3615
3. Sanja Bulić, Sandra Zeljković, Nikola Čelanović,
MODELOVANJE PROCESORA ZA IZBOR TOPOLOGIJE SISTEMA ENERGETSKE
ELEKTRONIKE, ETRAN, Donji Milanovac, juni 2010. 3619
4. Jovana Lazović, Nikola Stojanović, Miloš Živanov, Miloš Slankamenac,
MODELOVANJE I SIMULACIJA BRAGOVE OPTIČKE REŠETKE 3623
5. ChenWei Wei ,
ANALIZA POLIMIOGRAFSKIH SIGNALA SNIMLJENIH TOKOM HODA 3627
6. Nebojša Čikarić, Miloš Slankamenac, Nikola Stojanović, Miloš Živanov,
MODELOVANJE I SIMULACIJA ELEKTRO-OPTIČKOG EFEKTA 3631
7. Luka Šakotić, Vlado Delić,
KODOVANJE GOVORNOG SIGNALA NA BAZI RETKE REPREZENTACIJE 3635
8. Vladimir Čizmašev, Željko Trpovski,
PROJEKTOVANJE LAN MREŽE 3639
9. Stevan Dragosavljević, Milena Petković, Željko Kanović, Boris Jakovljević,
OTKRIVANJE ORALNIH LEZIJA NA INTRAORALNIM RTG SNIMCIMA PRIMENOM
VEŠTAČKE INTELIGENCIJE, ETRAN, Donji Milanovac, juni 2010. 3643
10. Oskar Boršoš,
UTICAJ KONDENZATORSKE BATERIJE NA VREDNOST GUBITAKA AKTIVNE SNAGE
DISTRIBUTIVNIH MREŽA 3647
11. Miloš Balać,
REALIZACIJA GRAFIČKE KORISNIČKE SPREGE ZA UPRAVLJANJE OSVETLJENJEM U KUĆI
KORIŠĆENJEM TV UREĐAJA 3650

12. Petar Mihajlović, JEDNO REŠENJE NADZORNO UPRAVLJAČKIH SISTEMA ZASNOVANO NA OPC UA SPECIFIKACIJI	3655
13. Ana Joža, DIZAJN I FABRIKACIJA PCB SENZORA ZA DIJAGNOSTIKU VLAŽNOSTI KOŽE	3659
14. Elena Boškov, Dragan Popovic, Bennie Fussell, Ljubica Mijatovic INTEGRATION OF AMI/SCADA/GIS/OMS SYSTEMS WITH A DMS SYSTEM AS A DECISION MAKING TOOL FOR OPTIMAL MANAGEMENT OF DISTRIBUTION NETWORKS, Konferencija SmartGrid Roadshow, Denver, USA, April 2009.	3663
15. Jelena Majstorović, PRIMENA KNX STANDARDA U UPRAVLJANJU SISTEMOM RASVETE	3672
16. Ferenc Šarkanj, Aleksandar Erdeljan, METODE ANALIZE SNIMAKA U DETEKCIJI POLJOPRIVREDNIH KULTURA	3676
17. Ninoslav Žmukić, Branko Milosavljević, PRIMENA JMATTER OKRUŽENJA NA RAZVOJ APLIKACIJA	3680
18. Dejan Mavrović, Slobodan Milovančev, Dragan Pejić, PODEŠLJIVI STABILISANI IZVOR JEDNOSMERNE STRUJE	3684
19. S.J.Gušavac, D.M. Bogićević, B.S.Močević, S.D.Đukić, MODELI ODRŽAVANJA ELEKTROMOTORA, Konferencija INDEL 2010, Banja luka, Novembar 2010.	3688
20. Nikola Janićijević, Ivan Mezei, IRIS CROSSBOW BEŽIČNA SENZORSKA MREŽA I MOTEWORCS OKRUŽENJE	3696
21. Ognjen Bjeković, Željko Trpovski, SIMULACIJA JEDNOSTAVNOG OFDM SISTEMA POMOĆU PROGRAMSKOG JEZIKA MATLAB	3700
22. Mario Radonjić, Tomislav Maruna, Željko Lukač, Branislav Veriš, Boris Mlikota, Tatjana Samardžić, JEDNO RJEŠENJE REALIZACIJE HIBRIDNE EMITERSKO-ŠIROKOPOJASNE TELEVIZIJE (HBBTV), Konferencija TELFOR, Beograd, novembar 2010.	3704
23. Aleksandar Rudić, OPEN-SOURCE IPTV REŠENJE ZA MALE GRUPE KORISNIKA	3708
24. Dragan Mihajlović, PODELA GRAFA DISTRIBUIRANIM GENETSKIM ALGORITMOM	3712
25. Stojan Stanižan, JEDNO REŠENJE PROBLEMA ANALIZE VRŠNE SNAGE SLOŽENOG INDUSTRIJSKOG POTROŠAČA	3716

Radovi iz oblasti: Građevinarstvo

1. Daliborka Mitrović, Vlastimir Radonjanin, PROJEKAT DOGRADNJE VIŠESPRATNE STAMBENE ZGRADE U NOVOM SADU SA POTREBNIM MJERAMA SANACIJE	3720
2. Vesna Popović, Jasmina Dražić, IZBOR OPTIMALNOG TIPA FASADNE STOLARIJE METODOM VIŠEKRITERIJUMSKE OPTIMIZACIJE	3724
3. Svjetlana Šakotić, DEFORMACIONA MERENJA KOD HIDROTEHNIČKIH OBJEKATA	3728
4. Milivoj Gajin, Srđan Kisin, PROJEKAT INDUSTRIJSKE HALE NAMENJENE ZA PROIZVODNJU KONZERVIRANOG POVRĆA	3732
5. Dejan Šarenac, PROJEKAT VIŠESPRATNE AB ZGRADE I UPOREDNA ANALIZA ODREDBI ZA PROJEKTOVANJE KONSTRUKCIJA PREMA ZAHTJEVIMA TRAJNOSTI	3736
6. Milana Trbojević, PROJEKAT FUNDIRANJA ROBNO – CARINSKOG TERMINALA U KRUŠEVCU	3740

7.	Dario Fužinato, PROJEKAT FUNDIRANJA REZERVOARA ZA VODU U PRNJAVORU	3744
8.	Goran Filipović, PROJEKAT ARMIRANOBETONSKOG REZERVOARA ZA VODU	3748
9.	Marija Radić, UTICAJI SPECIFIČNOSTI LOKACIJE I ZNAČAJA OBJEKTA NA ORGANIZACIJU GRADILIŠTA ...	3752
10.	Miodrag Radić, PROJEKAT KONSTRUKCIJE VIŠESPRATNOG ARMIRANOBETONSKOG HOTELA U NOVOM SADU	3756
11.	Nenad Dimitrijević, PROJEKAT KONSTRUKCIJE MONTAŽNE AB HALE I MONOLITNE AB ZGRADE I VEZE PREKO TEMELJNE ČAŠICE	3760
12.	Jovan Rnić, ORGANIZACIJA IZGRADNJE AUTOPUTA E-75 OD 108 DO 115 KM NA BAZI OPTIMALNOG TRANSPORTA DROBLJENOG KAMENA I ASFALTNIH MEŠAVINA	3764
13.	Dragan Erceg, Duško Đurić, HIDRAULIČKA ANALIZA KANALIZACIONE MREŽE OTPADNIH VODA JUŽNOG DELA NASELJA CRVENKA	3768
14.	Goran Jeftenić, Duško Đurić, SNABDIJEVANJE VODOM ISTOČNOG DELA OPŠTINE SOMBOR	3772
15.	Dragana Vlaškalin, PROJEKAT KONSTRUKCIJE MONTAŽNE ARMIRANOBETONSKE INDUSTRIJSKE HALE	3776

ODREĐIVANJE HORIZONTALNIH OPTEREĆENJA ŠINA I NOSEĆE KONSTRUKCIJE DVOGREDE MOSNE DIZALICE IZAZVANIH ZAKOŠENJEM PRI KRETANJU**DETERMINING THE HORIZONTAL LOADINGS ON A DOUBLE-GIRDER OVERHEAD TRAVELLING CRANE CAUSED BY THE SKEWING DURING TRAVELLING**

Atila Zelić, Rastislav Šostakov, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – U radu je data analiza stanja važećih propisa za dizalice (SRPS, DIN, EN i sl.) u oblasti određivanja opterećenja u horizontalnoj ravni na šine i noseću konstrukciju, nastala usled zakošenja pri kretanju. Analizirana je teorijska podloga za propisani postupak određivanja. Prikazan je postupak na primeru dvogrede mosne dizalice. Izvršeno je kritičko poređenje dobijenih rezultata.

Abstract – The work presents an analysis of the going technical regulations upon cranes (SRPS, DIN, EN etc) concerning the defining of loadings in the horizontal plane upon rails and supporting structure, due to skewing during travelling. The theoretical basis for the ordered procedure is also analyzed. The procedure is outlined on an example of double-girder overhead travelling crane. Also the evaluating comparison of obtained results is presented.

Ključne reči: dizalica, opterećenje, zakošenje u kretanju

1. UVOD

U domaćoj literaturi, čak vrlo često i u stranoj, problem zakošavanja dizalica je veoma šturo opisan. U radu je prikazano određivanje spomenutih opterećenja prema nacionalnim i evropskim standardima na konkretnom primeru dvogrede mosne dizalice nosivosti 20 t, raspona 16 m, zadatih karakteristika. Većina parametara ove dizalice i pojedini podaci radi upoređivanja numeričkih rezultata preuzeti su iz [1]. Na osnovu date noseće konstrukcije formiran je statički proračunski model rama mosta dizalice, a uticaj opterećenja u horizontalnoj ravni analiziran je na dva načina: gotovim obrascima za ramove i računarskim programom. Cilj rada je da se ukaže na značaj horizontalnih opterećenja, prikaže uticaj pojedinih veličina na zakošavanje mosnih dizalica pri kretanju i uporede rezultati određeni prema ovim standardima.

Mosne dizalice (jedno- i dvogrede) su najčešće dizalice u industriji. Koriste se za manipulaciju različitih vrsta tereta i pri obavljanju tehnoloških procesa. U toku rada kreću se po dizaličkoj stazi, koja je formirana od grede staze i šina. Najčešće se koriste dizaličke, železničke ili pravougaone šine. Mehanizmi pogona kretanja mosnih dizalica i kolica izvode se kao centralni i nezavisni (odvojeni) pogoni.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji je mentor doc.dr Rastislav Šostakov.

Vođenje mosta dizalice po šinskoj stazi može se rešiti pomoću horizontalnih točkova za vođenje ili vencima na obodima vertikalnih točkova. Most dizalice je formiran od glavnih i čeonih nosača, pri čemu glavni nosači mogu biti izrađeni kao puni, kutijasti (sandučasti) ili rešetkasti.

2. ZAKOŠAVANJE MOSNIH DIZALICA

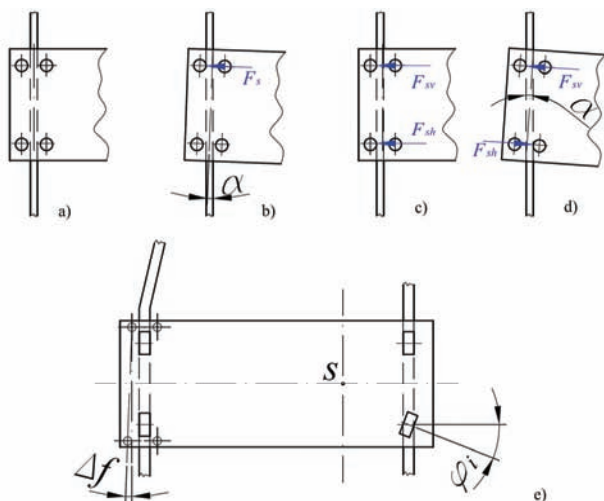
Prva detaljnija proučavanja pojave zakošavanja dizalica počinju oko 1964. godine, a nakon tri godine počinju da se objavljuju prvi ozbiljniji radovi sa ovom temom. Stručnjaci su na tehničkim univerzitetima u Nemačkoj (Hennies, Scheffler, Marquardt, Hannover ...) i SSSR (Konoplja, Stepočkin, Trutov, Kulakov ...) na osnovu teorijskih istraživanja i merenja pokušavali da formiraju jasnu sliku o nastalim silama i brzinama na kontaktnoj površini između točka i glave šine, proučavajući mnoštvo faktora koji utiču na performanse kretanja dizalice, i naravno uz sve ovo definisani su prvi proračunski modeli (videti [2], [3] i [4]). Standardi koji obrađuju zakošavanje dizalica su nacionalni standard JUS M. D1. 050 (više ne važi, ali se i dalje koristi u praksi), evropske norme EN 13001-2, prEN 15011 i nemački standard (osnova ostalih Evropskih propisa) DIN 15018/1.

2.1. Uzroci pojave zakošavanja

Zakošavanje može nastati iz sledećih razloga: delovanje horizontalnih sila upravnih na pravac kretanja dizalice, delovanje vertikalnih opterećenja i otpori pri kretanju, netačna montaža točkova i nepravilnosti dizaličke staze, pohabanost točkova, loše stanje dizaličke staze, razlika u prečnicima točkova kod centralnih i odvojenih pogona, odnosno razlika u brojevima obrtaja elektromotora kod koncepcija sa nezavisnim pogonima za kretanje, elastičnost noseće konstrukcije i njihanje tereta (retko) i kombinacije prethodnih.

2.2. Slučajevi pri zakošavanju

U praksi se može javiti više slučajeva pri zakošavanju (slika 2). Položaj kada ni jedan točak ili element za vođenje nije u kontaktu sa šinom, prikazan je na slici 2.a, dok je najnepovoljniji slučaj kada samo jedan točak ili element za vođenje ispravlja dizalicu (slika 2.b). Kada su oba vodeća točka sa jedne strane šine u kontaktu sa glavom šine, kao i u slučaju kada dijagonalno postavljeni vodeći točkovi istovremeno dodiruju šinu, javlja se čisto translatorno kretanje (slike 2.c i 2.d).



Slika 2. Slučajevi pri zakošavanju mosnih dizalica

Greške usled netačnosti montaže vodećih elemenata Δf , zakošenost točka za ugao ϕ_i i zakrivljenost šine, odnosno netačno postavljanje dizaličke staze ilustrovane su slikom 2.e.

2.3. Ugao zakošavanja α

Određivanje ugla zakošavanja za mosne dizalice definisano je predlogom standarda prEN 15011 (detaljnija objašnjenja videti u [5]):

$$\alpha = \alpha_g + \alpha_w + \alpha_t \quad (1)$$

gde je:

α_g - deo ugla zakošenja koji potiče od zazora vođice

α_w - deo ugla zakošenja koji potiče od pohabanosti (istrošenosti)

α_t - deo ugla zakošenja koji potiče od tolerancija.

Preporuke za određivanje pojedinih članova takođe su date u navedenom propisu. Za dobre karakteristike vožnje dizalice, odnosno kolica, ugao α mora biti manji ili jednak 0,015 rad.

3. KINEMATIKA I SILE PRI KRETANJU MOSNE DIZALICE

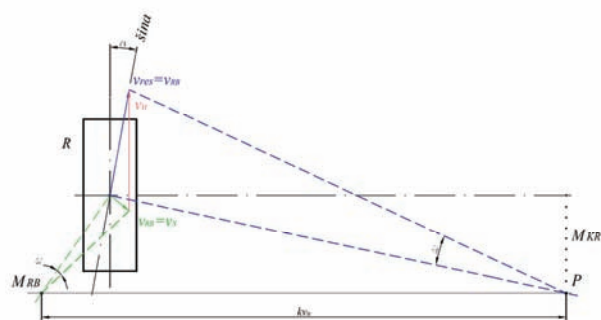
3.1. Trenutni polovi pri kretanju mosne dizalice

Posmatra se kretanje dizalice K na šini B. Osa vertikalnog točka R zaklapa ugao α sa pravcem šine (slika 3).

Mogu se uočiti tri vektora brzine:

- brzina u prirodnom pravcu kretanja točka v_u
- brzina klizanja $v_{RB} = v_s$
- rezultatna brzina, tj. brzina u prinudnom pravcu kretanja dizalice $v_{res} = v_{KB}$.

Problem se može analizirati kao ravansko kretanje tri tela (točak R, šina B i dizalica K). Teorema Kennedy-ja o tri trenutna pola, [6], napominje da ako bilo koja tri tela imaju ravansko kretanje, njihovi trenutni polovi se nalaze na jednoj zajedničkoj pravoj. Hannover u svojim radovima, [4], detaljno opisuje nastale sile trenja na točkovima usled aksijalnog i tangencijalnog klizanja i daje izraze za određivanje trenutnih polova.

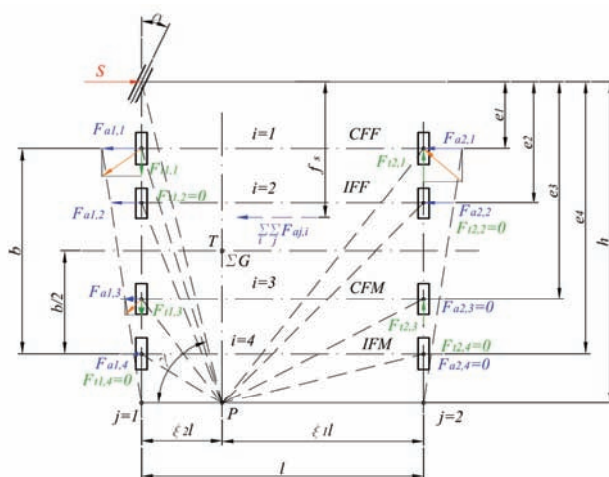


Slika 3. Trenutni pol dizalice i polovi klizanja

Naravno, određivanje ovih veličina zavisi od koncepcije pogona dizalice. Istraživanja koja su opisana u [3] predstavljaju osnovu čuvenog standarda DIN 15018/I, a kasnije je iz ovog nemačkog standarda proistekla evropska norma za određivanje horizontalnih opterećenja, videti [5].

3.2. Određivanje parametara zakošavanja i sila na elementima za vođenje prema evropskim i nacionalnim propisima

Proračun prema EN 13001-2 (DIN 15018/I) uključuje određena uprošćenja: dizalica se kreće konstantnom brzinom, ne postoji regulacija zakošenja pri kretanju, konstrukcija dizalice i dizalička staza se smatraju krutim, točkovi su pravilno montirani, zanemarena je razlika u prečnicima točkova i dejstvo poremećaja (vetar, inercijalne sile, otpori kretanju...). Model (prikazan na slici 4) se sastoji od i poprečno u liniji postavljenih parova točkova. Pojedini par počkova može biti definisan kao par mehanički ili električno povezanih (C), ili kao međusobno nezavisnih (I) točkova. Pri tome, ako se razmatra bočna pomerljivost, točkovi su fiksni (F) ili pokretni (M). Izrazi za određivanje koeficijenata, sila trenja i sila na elementima za vođenje kretanja dizalice po šinama zavise od usvojene kombinacije parova točkova.



Slika 4. Uprošćeni mehanički model, [5]

Za zadati primer dizalice (konceptija IFM) izrazi za određivanje sile S i rastojanja trenutnog pola h su:

$$S = \mu_a \cdot \lambda \cdot \Sigma G \quad (2)$$

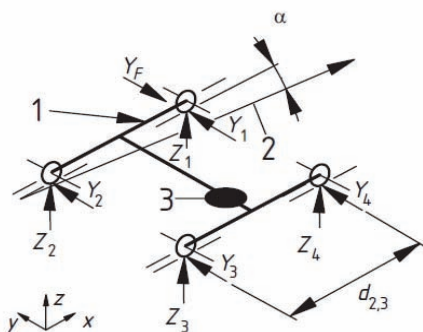
$$h = \frac{l^2 \cdot m \cdot \xi_2 + \sum_i e_i^2}{\sum_i e_i} \quad (3)$$

Koeficijent aksijalnog trenja se računa kao:

$$\mu_a = 0,3 \cdot (1 - e^{-250 \cdot \alpha}) \quad (4)$$

Opterećenja izazvana zakošavanjem prema prEN 15011 računaju se na osnovu dve metode: krute i elastične. Definirano je pet tipova konfiguracija za proračunske modele mosnih i portalnih mosnih dizalica, [5].

Mosne dizalice pripadaju konfiguraciji A, a odgovarajući model za proračun prikazan je na slici 5. (Y_j - poprečna sila na točku j ; Z_j - vertikalno opterećenje točka j ; Y_F - sila na vodećem elementu, 1 - kruta konstrukcija mosta dizalice, 2 - šina; 3 - kolica).



Slika 5. Proračunski model prema prEN 15 011

Sila na sredstvu vođenja je:

$$Y_F = \mu_f \cdot (S - S_d \cdot b) = \sum Y_j \quad (5)$$

Koeficijent trenja se određuje prema (4), dok je način određivanja ostalih sporednih veličina dato u [5].

JUS M. D1. 050 veoma šturo definiše sile usled zakošavanja kao:

$$F_z = \lambda \cdot F_K \quad (6)$$

gde je F_K -vertikalno opterećenje točka na kome se javlja poprečna reakcija i λ -koeficijent reakcije (očitava se sa dijagrama prema [7]).

Za dizalicu zadatih parametara, izračunate sile na sredstvu vođenja prikazane su u tabeli 1.

Tabela 1. Sile na sredstvu za vođenje prema EN i JUS

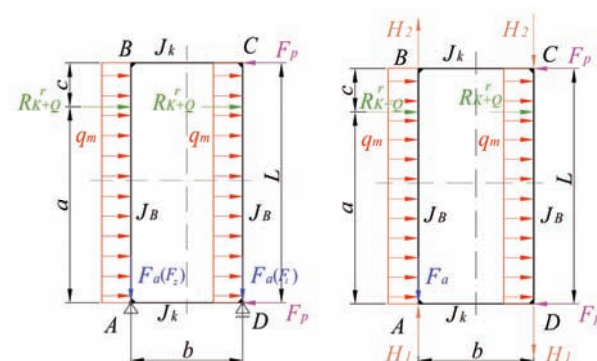
standard	EN 13 001-2	prEN 15 011	JUS M.D1.050
sila na sredstvu za vod. [kN]	37	26	15,6

4. UTICAJ HORIZONTALNIH OPTEREĆENJA NA NOSEĆU KONSTRUKCIJU MOSNE DIZALICE

4.1. Formiranje statičkog modela u horizontalnoj ravni (proračun pomoću obrazaca za ramove)

Noseća konstrukcija dvogrede mosne dizalice može se smatrati zatvorenim ramom. Modeli koji su formirani kao

prosta greda ili uklješteni nosač govore o nereálnim rezultatima [1], pa je mnogo povoljnije uticaj horizontalnih sila analizirati pomoću proračuna rama. Merodavna opterećenja su: opterećenje glavnog nosača u posmatranom trenutku od inercije po jedinici dužine q_m , opterećenja od pogonskih sila F_p , opterećenja koja se prenose preko točkova kolica na most dizalice R_{K+Q} , sile trenja koja se javljaju na točkovima dizalice ($F_a, H_1, H_2, \dots$) i sile usled zakošavanja (F_z). Proračun je rađen pomoću Kleinlogel-ovih obrazaca za ramove za opterećenja koja su definisana prema EN i i za slučaj kada je ram opterećen silama prema JUS. Analizirana su dva modela: kada se dva venca naslanjaju na glavu šine (slika 6.a) i kada se samo jedan venac naslanja (slika 6.b). Pri tome, kolica su postavljena u tri karakteristična položaja (definisan kotama a i c): na krajevima i sredini glavnih nosača.



a)

b)

Slika 6. Statički modeli ramova

Treba napomenuti da su u modelu naslanjanja samo jednog venca oslonci zamenjeni silama trenja H_1 i H_2 (zbog adekvatnosti modela) koje su posledica zakošavanja, a one su definisane samo u EN, pa je i proračun realizovan samo za opterećenja prema EN. Rezultati su prikazani u tabelama 2 i 3. Vertikalne reakcije u ovom slučaju predstavljaju sile na sredstvima za vođenje. Zbog mnoštva pomoćnih veličina, ova metoda proračuna je dugotrajna, pa je sledeći korak analiza pomoću računara.

Tabela 2. Rezultati proračuna rama (naslanjanje dva venca na glavu šine)

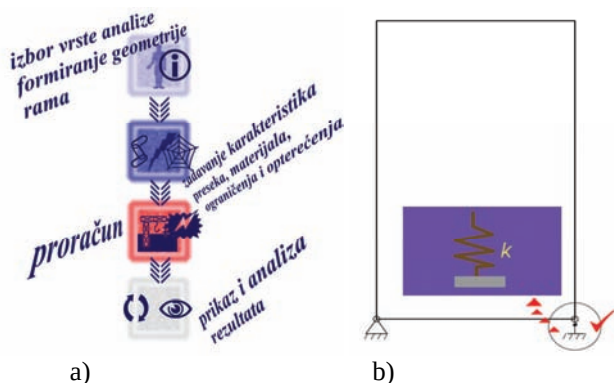
Ulazni podaci		Momenti i vertikalne reakcije	Opterećenja prema EN			Opterećenja prema JUS		
b	5,12 m		$a=1,6$ m $c=14,4$ m	$a=8$ m $c=8$ m	$a=14,4$ m $c=1,6$ m	$a=1,6$ m $c=14,4$ m	$a=8$ m $c=8$ m	$a=14,4$ m $c=1,6$ m
L	16 m	M_A	98,53	63,76	37,36	96,40	61,63	35,23
k_1	1	M_D	-209,29	-161,69	-121,37	-205,26	-157,76	-117,34
k_2	0,51	M_B	-64,96	-39,41	-14,70	-63,60	-38,05	-13,34
K_1	4,02	M_C	86,64	51	30	84,88	49,24	28,24
K_2	4,02	V_A	127,56	91,69	55,82	103,29	73,49	43,69
R_1	2,53	V_D	-54,06	-39,93	-25,80	-72,09	-51,89	-31,69
R_2	2,53	Napomene: - momenti u [kNm], sile u [kN] - kod ulaznih podataka kod sile F_p vrednost u zagradi odnosi se na pogonsku silu prema JUS - kod sile F_z i F_z vrednosti za tri položaja kolica označeni su sa: $1) a=1,6$ m, $c=14,4$ m; $2) a=8$ m, $c=8$ m; $3) a=14,4$ m, $c=1,6$ m.						
N_1	15,90							
N_2	5,06							
q_m	0,44 kN/m							
R_{K+Q}	10 kN							
F_p	38,1 kN (37,52)							
F_a	36,75 kN ¹⁾ 25,88 kN ²⁾ 15,01 kN ³⁾							
F_z	15,6 kN ¹⁾ 10,8 kN ²⁾ 6 kN ³⁾							

Tabela 3. Rezultati proračuna rama
(naslanjanje jednog venca na glavu šine)

Ulazni podaci		Momenti i vertikalne reakcije	Opterećenja prema EN		
b	5,12 m		a=1,6 m c=14,4 m	a=8 m c=8 m	a=14,4 m c=1,6 m
L	16 m	M_A	98,53	63,76	37,36
k_1	1	M_D	-209,29	-161,69	-121,37
K_1	0,51	M_B	-64,96	-39,41	-14,70
K_2	4,02	M_C	86,64	51	30
R_1	2,53	V_A	133	113,69	61,16
R_2	2,53	V_D	-96,15	-87,81	-46,15
N_1	15,90	Napomene: - momenti u [kNm], sile u [kN] - kod sile F_A i H_1 vrednosti za tri položaja kolica označeni su sa: 1) a=1,6 m, c=14,4 m; 2) a=8 m, c=8 m; 3) a=14,4 m, c=1,6 m.			
N_2	5,06				
q_m	0,44 kN/m				
R_{K-Q}	10 kN				
F_p	38,1 kN				
F_a	36,75 kN ¹⁾ 25,88 kN ²⁾ 15,01 kN ³⁾				
H_1	4,83 kN ¹⁾ 0 kN ²⁾ 11,83 kN ³⁾				
H_2	11,83 kN ¹⁾ 0 kN ²⁾ 4,83 kN ³⁾				

4.2. Statička analiza rama pomoću računara

Za statičku analizu rama noseće konstrukcije korišćen je FrameWork ver. 9.96 (<http://home.wanadoo.nl/wolsink/>), koji je zasnovan na metodi pomeranja. Primarni cilj računarske analize bila je provera rezultata modela na osnovu obrazaca Kleinlogel-a i upoređivanje dobijenih rezultata momenata i sila na vencima točkova. Jasno je da nije moguće dobiti identične rezultate računarskim putem i statičkim proračunom „na papiru“, jer se polazne pretpostavke i način računanja razlikuju. Tok analize u navedenom softveru prikazan je na slici 7a.



Slika 7. Tok analize u FrameWork-u a)
i opcija „Spring supported nodes“ b)

Prvi model (naslanjanje 2 elementa za vođenje) identičan je modelu sa slike 6.a, dok je za model naslanjanja jednog elementa za vođenje iskorišćena opcija oslanjanja *Spring supported nodes* na mestu točka čiji venac nije u kontaktu sa glavom šine (slika 7.b). Detaljna lista dobijenih rezultata data je u prilogu samog diplomskog-master rada.

5. ZAKLJUČAK

Određivanjem horizontalnih opterećenja na konkretnom primeru dvogrede mosne dizalice zaključeno je sledeće:

- proračun za određivanje horizontalnih opterećenja koji je definisan u Evropskim propisima daje veće rezultate nego proračun prema JUS: izračunata vrednost sile na sredstvu vođenja prema EN 13001-2 (DIN 15018/I) je 2,4 puta veća od sile prema JUS M. D1. 050 i naravno bočna sila na sredstvu za vođenje prema prEN 15011 je 1,7 puta veća nego što daje već spomenuti JUS.

- postoji određena razlika između navedene dve evropske norme: izračunata vrednost sile vođenja prema EN 13001-2 je 1,4 puta veća nego prema prEN 15011. Ovo je posledica različitih proračunskih modela.

Upoređivanjem proračuna rama na osnovu gotovih obrazaca i analize pomoću računara ustanovljene su sledeće činjenice:

- kada se naslanja samo 1 venac točka (što predstavlja nepovoljniji slučaj), konstatuje se povećanje opterećenja na elementu za vođenje i porast momenata u tačkama rama u odnosu na model sa naslanjanjem dva venca (odnos maksimalnih veličina sila 1,6),

- maksimalni moment savijanja u horizontalnoj ravni iznosi približno 30% od najvećeg momenta savijanja u vertikalnoj ravni,

- maksimalni moment savijanja u vertikalnoj ravni na mestu veze glavnog i čeonog nosača iznosi oko 28% od najvećeg momenta u horizontalnoj ravni pri najnepovoljnijem položaju kolica.

Prikazani rezultati sa značajnim silama i momentima dobijeni su na osnovu konkretnog primera dizalice, te ih ne treba shvatiti kao opšte pravilo. Dug radni vek dizalice uslovljen je što manjim horizontalnim opterećenjima, pa je neophodno zastareli JUS iz ove oblasti korigovati i dopuniti u skladu sa važećim Evropskim propisima, koji daju kompletniji pregled. Primena računara i specijalnih softvera za statiku konstrukcija otvaraju mogućnost formiranja adekvatnijih modela.

6. LITERATURA

- [1] Taševski Z.: Poređenje proračuna noseće konstrukcije mosne dizalice prema nacionalnim i EN standardima (diplomski-master rad), FTN, Novi Sad, 2007.
- [2] Scheffler M., Marquardt H.G.: Horizontalkräfte an schienenfahrbaren Kranen (T. 1 i T. 2), dhf 2/78 i 3/78
- [3] Pajer G, Scheffler M, Gräbner P, Adam G, Kurth F.: Unstetigförderer 1, Veb Verlag Technik, Berlin, 1989.
- [4] Hannover H.-O.: Fahrverhalten für Brückenkrane (T.1), f&h, Nr.13, 1971. i (T.2), f&h, Nr.5, 1973.
- [5] EN 13 001-2: Crane safety-General design-Part 2, CEN, Brussels, 2004.
prEN 15 011: Cranes-Bridge and gantry cranes, CEN, Brussels, 2007.
- [6] Kennedy A.: The mechanics of machinery, MacMillan &Co, London, 1886.
- [7] JUS M. D1. 050: Industrijske dizalice-Osnove proračuna čeličnih konstrukcija dizalica, SZS, Beograd, 1968.

Kratka biografija:



Atila Zelić rođen je u Vrbasu 1985. god. Srednju tehničku školu (smer mašinski tehničar) završio je u Bečeju. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstvo – Dizalice odbranio je 2010.god.



Rastislav Šostakov rođen je u Beogradu 1949. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2007. god., a od tada je u zvanju docenta. Oblast interesovanja su mašine unutrašnjeg transporta, pogonska čvrstoća, elektromotorni pogoni.

ODREĐIVANJE POTREBNIH PROIZVODNIH RESURSA NA OSNOVAMA GRUPNE TEHNOLOGIJE

DETERMINING THE REQUIRED MANUFACTURING RESOURCE BASED ON THE CONCEPT OF GROUP TECHNOLOGY

Dejan Lazić, Velimir Todić, Dejan Lukić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – U radu je prikazano istraživanje mogućnosti primene adekvatnih metoda za proračun i određivanje potrebnih proizvodnih resursa, koje su zasnovane na konceptu grupne tehnologije.

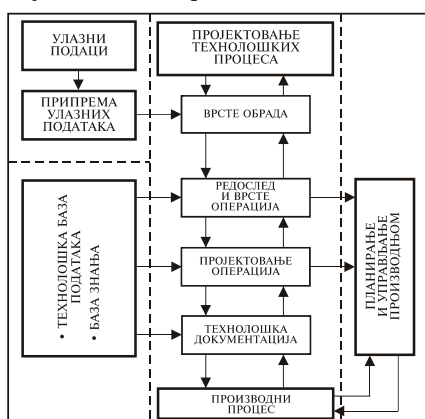
Abstract – This paper describes research on the possibility of application of adequate methods for the calculation and determination of the required production resources, which are based on the concept of group technology.

Ključne reči: Tehnološki procesi, Grupna tehnologija, Proizvodni resursi

1. UVOD

Priprema proizvodnje u industriji prerade metala temelji se na tehničkoj i operativnoj pripremi. Tehnička priprema proizvodnje, obuhvata dve najvažnije tehničke funkcije proizvodnih sistema. Prva se odnosi na projektovanje proizvoda, a druga na projektovanje tehnoloških procesa izrade proizvoda. Projektovanje tehnoloških procesa, bez obzira da li se vrši manuelno ili primenom raznih sistema automatizovanog projektovanja, u opštem slučaju, zahteva tri osnovna podsistema, slika 1.

Prvi podsistem obuhvata ulazne podatke, odnosno pripremu ulaznih podataka koji su zadati modelom ili crtežom proizvoda, obimom proizvodnje, cenom, rokom, uslovima isporuke i raspoloživom tehnološkom opremom. Drugi podsistem obuhvata tehnološku bazu podataka i bazu znanja, a treći podsistem se odnosi na samo projektovanje tehnoloških procesa.



Slika 1. Osnovni podsistemi projektovanja tehnoloških procesa [1]

NAPOMENA:

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

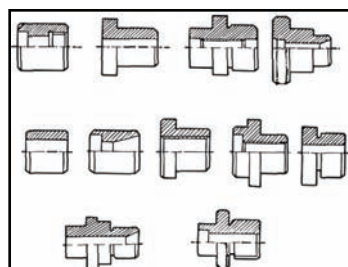
Planiranje, proračun i optimalno raspoređivanje proizvodnih resursa u industriji prerade metala je, takođe, jedan od osnovnih zadataka pripreme proizvodnje, koji se u velikoj meri rešava u okviru podsistema projektovanja tehnoloških procesa.

U osnovne elemente proizvodnih resursa spadaju: obradni i tehnološki sistemi, odnosno mašine, pribori, alati, merila, razni uređaji, unutrašnji transport, materijal, energija, površine, radnici, odnosno izvršioci poslova i drugi brojni elementi koji obezbeđuju neophodni proizvodni ambijent.

Proračun pomenutih elemenata proizvodnih resursa, temelji se na rešenjima tehnoloških procesa izrade proizvoda, bez obzira da li su oni prethodno projektovani u tehnološkoj pripremi kao individualni, tipski ili grupni.

2. OSNOVE GRUPNE TEHNOLOGIJE

Grupni tehnološki proces, ili grupna operacija izrade, projektuje se i realizuje u proizvodnji za formiranu tehnološku grupu sličnih delova, odnosno operacijske grupe delova, slika 2.



Slika 2. Operacijska grupa delova

Kao što je poznato, Mitrofanov [2] je u svojim naučnim prilazima, koje je koristio za razvoj koncepta grupne tehnologije, pokazao da se za većinu delova iz proizvodnog asortimana češće radi o mogućnosti primene grupnih operacija na pojedinim vrstama obradnih i tehnoloških sistema, jer je učestanost sličnosti njihovih konstrukcionih i tehnoloških karakteristika veća nego u slučaju sličnosti za primenu celokupnog tehnološkog procesa izrade.

Koncept grupne tehnologije, omogućuje značajnu racionalizaciju projektovanja tehnoloških procesa izrade, odnosno odgovarajućih operacija. Naime, za sve delove pojedinih operacijskih grupa projektuje se samo po jedna standardna, odnosno grupna operacija obrade, koja na izabranom obradnom sistemu omogućuje izradu svih delova iz odgovarajuće operacijske grupe u vidu jedne operacije. Grupna operacija projektuje se za tzv.

kompleksni deo operacijske grupe. Prema tome, iako je *Mitrofanov* razvio koncept grupne tehnologije zbog povećanja serijnosti izrade širokog asortimana delova u pojedinačnoj i maloserijskoj proizvodnji na adaptiranim konvencionalnim obradnim i tehnološkim sistemima sa efektima serijske proizvodnje, što se smatra prvim značajnim prodorom naučne misli u tehnologiji obrade, ovaj koncept se može primeniti kako u projektovanju tehnoloških procesa obrade na savremenim AFTS, tako i u racionalizaciji tehnoloških tokova u proizvodnim sistemima. [1] Zadaci koji se rešavaju pri automatizovanom projektovanju tehnoloških procesa, u osnovi određuju strukturu CAPP sistema i sadržaj zadataka koji se rešavaju njihovom primenom u procesu proizvodnje. U osnovnoj podeli CAPP sistema postoji posebna grupa *varijantnih* CAPP sistema, čiji se razvoj zasniva na primeni koncepta grupne tehnologije. [3]

3. PROJEKTOVANJE GRUPNOG TEHNOLOŠKOG PROCESA

Posmatranu tehnološku grupu delova čine nastavci, čiji su osnovni podaci dati u tabeli 1.

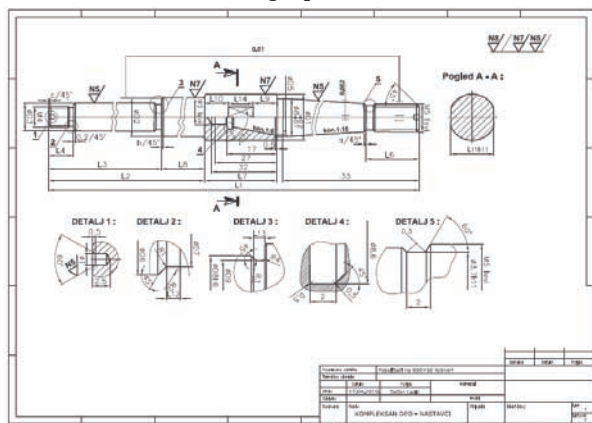
Tabela 1. Osnovni podaci tehnološke grupe nastavaka

No	Naziv i oznaka dela		Obim proizvodnje (kom/god)	Masa dela (kg)	Vrednost (n.j.)
1	Nastavak 1	708 033	320	0,126	15.000
2	Nastavak 2	708 038	300	0,134	15.400
3	Nastavak 3	708 041	280	0,109	14.200
4	Nastavak 4	708 046	400	0,109	14.200
5	Nastavak 5	708 047	350	0,109	14.200
6	Nastavak 6	708 169	260	0,133	15.400
7	Nastavak 7	708 169A	340	0,133	15.400
8	Nastavak 8	708 181	360	0,149	15.700

Na osnovu geometrijskih i tehnoloških karakteristika delova iz grupe projektovan je imaginarni kompleksan deo, slika 4a i 4b. Modeliranje je izvršeno u programskom sistemu CATIA, sa svim pripadajućim tipskim oblicima (features).



Slika 4.a. 3D model kompleksnog dela tehnološke grupe



Slika 4.b. 2D crtež kompleksnog dela

Na osnovu projektovanog kompleksnog dela, obima proizvodnje i drugih potrebnih podataka projektovan je grupni tehnološki proces, čiji je sadržaj dat u tabeli 2.

Tabela 2. Sadržaj tehnološkog procesa izrade kompleksnog dela tehnološke grupe

R.br. operacije	Naziv operacije	Mašina, uređaj
10	Odsecanje	Testera
20/1	Struganje leve strane	NC Strug
20/2.1	Struganje desne strane spolj.	
20/2.2	Struganje desne strane unutr.	
30	Kontrola	Kontrolni sto
40	Glodanje	NC glodalica
50	Doterivanje	Radni sto
60	Poboljšanje	Peć za T.O.
70	Kontrola T.O.	Ur. za merenje tvrdoće
80	Brušenje središnjeg gnezda	NC brusilica
90	Brušenje otvora	NC brusilica za unutrašnje brušenje
100	Brušenje spoljašnje strane	NC brusilica za okruglo brušenje
110	Završna kontrola	Radni sto

3.1 Određivanje ciklusnog vremena grupne operacije obrade

Na osnovu projektovanog grupnog tehnološkog procesa, vrši se preciziranje tehnološkog procesa za pojedine delove iz grupe. U cilju što racionalnijeg i bržeg određivanja ciklusnog vremena potrebno je precizirati operacije obrade za odgovarajuće delove, u zavisnosti od metode koja se koristi za određivanje ciklusnog vremena izrade. Kako se u posmatranom slučaju radi o delovima koji pripadaju jednoj tehnološkoj grupi, korišćene su samo metode koje su zasnovane na karakteristikama grupne i tipske tehnologije.

U radu [4] ciklusna vremena operacije struganja su određena grafoanalitičkom metodom i metodom zasnovanom na reprezentu tehnološke grupe, dok će se ovde prikazati samo primena metode zasnovane na reprezentu tehnološke grupa.

3.1.1. Metoda zasnovana na reprezentima tehnoloških grupa

Primena ove metode započinje formiranjem tehnoloških, odnosno operacijskih grupa sa neophodnim nivoom tehnološke podobnosti za obradu na pojedinim grupnim operacijama, odnosno odgovarajućim obradnim sistemima. Podrazumeva se da tehnološke, odnosno operacijske grupe, čine proizvodi, odnosno delovi usvojenog programa proizvodnje. Za svaku tehnološku grupu potom se biraju reprezent i za njih preciziraju operacije obrade na osnovu odgovarajućih grupnih tehnoloških procesa, uključujući i određivanje vremena operacija reprezentata (t_{kp}). Izbor reprezentata vrši se na osnovu ABC analize, koja utvrđuje zavisnost između vrste prizvoda i odgovarajućih količina, masa, vrednosti, dobiti, itd.

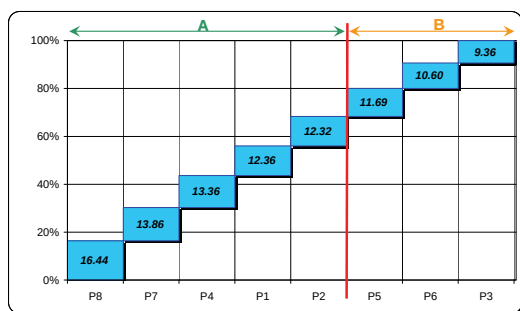
Za posmatranu tehnološku grupu prvo je bilo potrebno izabrati proizvod reprezent primenom ABC analize, za koji je precizirana operacija obrade na bazi odgovarajućeg grupnog tehnološkog procesa, a potom određena vremena operacija obrade reprezentata (t_{kp}).

Na osnovu tabele 3. izvršena je količinska, masena i vrednosna ABC analiza, na osnovu koje je izabran

nastavak 8 (P8) kao proizvod predstavnik posmatrane tehnološke grupe. Kao primer, na slici 5. je dat dijagram masene ABC analize.

Tabela 3. : Podaci za ABC analizu

Deo	Q kom/god	Masa (m)		Vrednost (V)		Q	m	V
		kg/kom	kg/god	nj/kom	nj/god. *10 ³	(%)	(%)	(%)
P1	320	0,126	40,32	15.000	4.800	12,26	12,36	12,33
P2	300	0,134	40,2	15.400	4.620	11,49	12,32	11,87
P3	280	0,109	30,52	14.200	3.976	10,73	9,36	10,21
P4	400	0,109	43,6	14.200	5.680	15,33	13,36	14,59
P5	350	0,109	38,15	14.200	4.970	13,41	11,69	12,76
P6	260	0,133	34,58	15.400	4.004	9,96	10,60	10,28
P7	340	0,133	45,22	15.400	5.236	13,03	13,86	13,45
P8	360	0,149	53,64	15.700	5.652	13,79	16,44	14,52
	2610		326,23		38.938			



Slika 5 : Masena ABC analiza

Određivanje redukovane količine grupe delova

Da bi se odredilo ciklusno vreme operacije obrade posmatrane operacijske grupe, određena je redukovana količina delova te grupe (Q_r). Redukovane količine delova operacijske grupe određuju se na osnovu izraza:

$$Q_r = Q_i \cdot r_i \quad (1)$$

gde su:

- Q_i broj pojedinih delova grupe
- r_i stepen redukcije i-tog dela

Stepen redukcije određenog dela posmatrane tehnološke grupe obuhvata redukciju za masu (r_m) i složenost (r_s), što se može izraziti u vidu izraza:

$$r_i = r_m \cdot r_s \quad (2)$$

Stepen redukcije za masu i tehnološku složenost određuje se respektivno na osnovu izraza:

$$r_{mi} = \frac{m_i}{m_p} \quad r_{si} = \frac{s_i}{s_p} \quad (3)$$

gde su:

- m_i masa pojedinih delova
- s_i stepen tehnološke složenosti pojedinih delova
- m_p masa reprezentata tehnološke grupe
- s_p stepen tehnološke složenosti reprezentata tehnološke grupe

Stepen tehnološke složenosti pojedinih delova operacijske grupe određena je odnosom broja zahvata obrade pojedinih delova i broja zahvata obrade odgovarajućeg reprezentata. Redukovana količina svih delova operacijske grupe određena je izrazom:

$$Q_r = \sum_{i=1}^k Q_i r_i = \sum_{i=1}^k Q_{ri} \quad (4)$$

Tabela 4.: Redukovane količine tehnološke grupe [4]

No	Q_i (kom/god)	m_i (kg/kom)	s_i	r_m	r_s	r_i	Q_{ri}
P1	320	0,126	32/38	0,845	0,842	0,712	228
P2	300	0,134	32/38	0,899	0,842	0,757	227
P3	280	0,109	40/38	0,731	1,053	0,769	215
P4	400	0,109	40/38	0,731	1,053	0,769	308
P5	350	0,109	38/38	0,731	1,000	0,731	256
P6	260	0,133	33/38	0,893	0,868	0,776	202
P7	340	0,133	33/38	0,893	0,868	0,776	264
P8	360	0,149	38/38	1,000	1,000	1,000	360
REDUKOVANA KOLIČINA $Q_r =$							2059

Ukupno ciklusno vreme operacije obrade posmatrane tehnološke grupe pri obradi na NC strugu iznosi:

$$T_c = Q_r \cdot t_{kp} = 2059 \cdot 2,692 = 5543 \text{ min/god}$$

4. PRORAČUN POTREBNIH PROIZVODNIH RESURSA ZA OPERACIJU STRUGANJA

4.1 Proračun potrebnog broja i stepena iskorišćenja obradnih sistema

Ako je planirani obim proizvodnje nekog proizvoda Q_i , onda je ukupno vreme zauzetosti obradnog sistema na određenoj operaciji u procesu izrade ovog proizvoda u tom periodu određeno izrazom (5):

$$T_i = Q_i \cdot t_{ki} + Q_i \cdot \frac{T_{pz_i}}{z_s} = Q_i \cdot t_{ki} + n_{si} \cdot T_{pz_i} \text{ min/god} \quad (5)$$

gde su:

- t_{ki} – komadno vreme
- T_{pz} – pripremno – završno vreme za seriju delova
- z_s – predviđena veličina serije
- n_s – broj serija u određenom vremenskom periodu

Ako se uzme da će posmatrani pogon raditi $m_e=250$ dana/god., u $s_e=2$ smene/dan, sa $n_e=7,5$ čas./smeni i stepenom iskorišćenja $\eta_e=0,8$, prema [5] sledi da je efektivni kapacitet rada obradnog sistema K_e :

$$K_e = m_e \cdot s_e \cdot n_e \cdot \eta_e = 250 \cdot 2 \cdot 7,5 \cdot 0,8 = 1500 \cdot 60 = 180000 \text{ min/god.}$$

gde su:

- m_e – broj radnih dana u godini
- s_e – broj smena na dan
- n_e – ukupan broj časova u smeni
- η_e – koeficijent iskorišćenja efektivnog vremenskog kapaciteta obradnih sistema.

Na osnovu prethodno proračunatog ciklusnog vremena, uzimajući da je $n_s=10$ ser/god, potreban broj i stepen iskorišćenja obradnog/ih sistema na posmatranoj operaciji obrade struganjem je:

$$T = 5543 + 10 \cdot 30 = 5843 \text{ (min/god)}$$

$$N = \frac{5843}{180000} = 0,033$$

$$N_u = 1 \text{ obradni sistem}$$

$$\eta = \frac{0,033}{1} = 3,3\%$$

4.2 Proračun potrebnog broja i stepena iskorišćenja poslužioca-radnika

Ako se uzme da će poslužioc – radnik raditi $m_e=250$ dana/god., u $s_e=1$ smeni/dan, sa $n_e=7,5$ čas./smeni i stepenom iskorišćenja $\eta_e=0,8$, sledi da je $Ke=90000$ min/god.

Na osnovu proračunatog ciklusnog vremena, uzimajući da je $n_s=10$ ser/god, potreban broj i stepen iskorišćenja poslužioca – radnika na posmatranoj operaciji obrade struganjem je:

$$T = 5543 + 10 \cdot 30 = 5843 \text{ (min/god)}$$

$$N = \frac{5843}{90000} = 0,065$$

$$N_u = 1 \text{ poslužioc}$$

$$\eta = \frac{0,065}{1} = 6,5\%$$

4.3 Proračun potrebne količine reznog alata

Potrebna godišnja količina reznog alata (Q_a) sa mehanički pričvršćenim reznim pločicama određena je izrazom (6):

$$Q_a = \frac{Q \cdot t_g}{T \cdot z_1} a_1 \quad (6)$$

dok je potrebna godišnja količina reznog alata (Q_a) koji se oštri određena na osnovu izraza (7):

$$Q_a = \frac{Q \cdot t_g}{T(i+1)} a_1 \quad (7)$$

gde su:

- Q – obim proizvodnje (kom./god.)
- t_g – osnovno vreme obrade (min/kom)
- T – postojanost alata (min/sečivu)
- z_1 – broj reznih sečiva alata
- a_1 – koeficijent sigurnosti zbog loma alata i sl.
- i – broj oštrenja alata
- T – postojanost alata (min/sečivu)

U tabeli 5 dat je proračun normativu alata za operaciju struganja tehnološke grupe nastavaka.

Tabela 5. Proračun potrebne količina reznog alata

		NORMATIV ALATA									
		ALAT				PODACI					
Red. broj	Oznaka	Naziv	T (min.)	t _g (min.)	Q _{red} (kom./god.)	i	Z ₁	Bl	Q _{norm} (kom.)	Q _{norm} (kom.)	
1	T00	Rež uslužno struganje - ravnanje čela	15	0,0172			2	0,9	1	1	
2	T01	Rež uslužno struganje - ravnanje čela	60	4		8	2	0,9	19	19	
3	T02	Rež za spoljašnje grubo struganje	15	0,0945			2	0,9	5	5	
4	T03	Rež za spoljašnje fino struganje	15	0,04354			2	0,9	4	4	
5	T04	Rež za unutrašnje grubo struganje - L12	15	0,0032			2	0,9	0,3	1	
6	T05	Rež za unutrašnje fino struganje - L12	15	0,0032			2	0,9	0,3	1	
7	T06	Rež za obrisanje ivice	15	0,00075			2	0,9	0,1	1	
8	T07	Rež za rezanje navoja - M1	15	0,0116			2	0,9	1	1	
9	T08	Rež za unutrašnje grubo struganje	15	0,0064			2	0,9	1	1	
10	T09	Rež za rezanje spoljašnjeg navoja - M1 LEV	15	0,0232			2	0,9	2	2	
11	T10	Struganje za bušenje	60	1		7	2	0,9	5	5	
12	T11	Rež za unutrašnje grubo struganje	15	2			5	0,9	14	14	
13	T12	Struganje M1	60	2			2	0,9	5	5	
14	T13	Rež za unutrašnje fino struganje	15	0,0572			2	0,9	5	5	
15	T14	Rež za obrisanje ivice	15	0,00075			2	0,9	0,1	1	

5.4 Proračun potrebne količine priprema

U projektovanom grupnom tehnološkom procesu kao pripremak usvojena je toplo-valjana šipka standardnih prečnika.

U radu [4] izvršen je proračun potrebne količine priprema za izradu svih delova tehnološke grupe, dok će se ovde prikazati samo proračun potrebne količine toplo valjanih šipki prečnika $\Phi 14$, prema tabeli 6.

Ukoliko je šipka standardne dužine 6m, sledi da je potrebno 23 toplo valjanih okruglih šipki standardnog prečnika $\Phi 14 \pm 0,4$ mm.

Tabela 6. Proračun potrebne količine priprema

Naziv dela	Materijal	Prečnik priprema (mm)	Dužina priprema (mm)	Količina (kom./god.)	Ukupna dužina (mm)
Nastavak 1	Č1531	ø14	89	320	28480
Nastavak 2	Č1531	ø14	95	300	28500
Nastavak 3	Č1531	ø14	77	280	21560
Nastavak 4	Č1531	ø14	77	400	30800
Nastavak 5	Č1531	ø14	80	350	28000
SUMA:					137340

5. ZAKLJUČAK

Koncept grupne tehnologije omogućuje značajnu racionalizaciju projektovanja tehnoloških procesa izrade, a to znači da je za sve delove operacijske grupe dovoljno projektovati jednu, tzv. grupnu operaciju obrade, koja na izabranom obradnom sistemu omogućuje izradu svih delova iz operacijske grupe. Na osnovu projektovanog grupnog tehnološkog procesa, može se racionalno odrediti ciklusno vreme izrade određene grupe delova, primenom odgovarajuće metode. Na osnovu odgovarajućih podataka projektovanih grupnih tehnoloških procesa i ciklusnih vremena, mogu se na ekonomičan i brz način proračunati i odrediti potrebni proizvodni resursi za izradu čitave grupe odabranih delova, što je u radu i pokazano.

6. LITERATURA

- [1] V. Todić: "Projektovanje tehnološkog procesa", Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2004.
- [2] S. P. Mitrofanov: "Naučnaja organizacija mašinstroitel'novna proizvodstva", Mašinstrojenje, Lenjingrad, 1976.
- [3] R. Teti: "Intelligent Computing Methods for Manufacturing Systems", Annals of the CIRP, Vol.46 No.2, 1997.
- [4] D. Lazić: "Metoda za proračun potrebnih tehnoloških resursa zasnovana na tehnološkim osnovama grupne tehnologije" - Diplomski-master rad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2010.
- [5] D. Zelenović: "Projektovanje proizvodnih sistema", Naučna knjiga, Beograd, 1987.

Kratka biografija:



Dejan Lazić, rođen je 1982. godine u Kikindi. Diplomski-master rad iz oblasti Mašinstva – Proizvodno mašinstvo odbranio je 2010. godine.



Velimir Todić, dipl. mašinski inženjer, doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1987. godine, a od 1998. godine je u zvanju redovnog profesora. Oblast interesovanja su Tehnološki procesi, Tehnoekonomska optimizacija i Virtuelno projektovanje.



Dejan Lukić, dipl. mašinski inženjer, magistrirao je 2007. godine na Fakultetu tehničkih nauka. Oblast interesovanja su Tehnološki procesi, Tehnoekonomska optimizacija i Virtuelno projektovanje.

PRIMENA FAZI LOGIKE I ANFIS SISTEMA U ISTRAŽIVANJIMA PROCESA OBRADJE ČEONIM GLODANJEM

APPLICATION OF FUZZY LOGIC AND ANFIS SYSTEMS IN RESEARCHING OF FACE MILLING PROCESS

Dragan Rodić, Pavel Kovač, Borislav Savković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – Temperatura rezanja i postojanost alata su bitni pokazatelji procesa obrade rezanjem, matematičko modeliranje ovih parametara je veoma otežano zbog velikog broja uticajnih faktora. U današnje vreme pri rešavanju ovakvih problema uspešno se mogu koristiti sistemi zasnovani na veštačkoj inteligenciji. U radu su prikazani osnovni koncepti fazi logike i ANFIS sistema u cilju modeliranja temperature rezanja i postojanosti alata. Nakon modeliranja izvršeno je testiranje i poređenje kreiranih modela i na taj način utvrđena je podobnost njihove primene.

Abstract – Cutting temperature and tool life are important indicators of the metal cutting process, mathematical modeling of these parameters is very difficult because due to a large number of influencing parameters. Nowadays, the artificial intelligence based systems are often used for solving this kind of problems. This work presents the basic concepts of fuzzy logic and ANFIS systems to modeling of cutting temperature and tool life. After the modeling was carried out testing and comparison of the created models and thus established the suitability of their application.

Ključne reči: Fazi logika, Fazi-neuro sistemi, Čeono glodanje, Temperatura, Postojanost

1. UVOD

Veštačka inteligencija (VI) se može smatrati eksperimentalnom naukom u kojoj se eksperimenti vrše na računaru u okviru modela, čijim se testiranjem i doradivanjem postižu neki modeli ljudske inteligencije, ovde je ne realno očekivati da VI u potpunosti zameni ljudsku. Međutim javlja se potreba za rešavanje problema u kojima treba prevazići ljudski nedostatak, npr, velika količina znanja kojim je teško upravljati čak i uz pomoć velikog broja ljudi. Jedna od oblasti veštačke inteligencije sa svojim pod oblastima je računarska inteligencija (soft computing) – fazi logika i sistemi, neuronske mreže, genetski algoritmi, primene u automatskom odlučivanju i upravljanju. **Soft Computing** – u našoj literaturi se prevodi kao **meko računarstvo**.

Pojam Soft Computing odnosno pojam računarske inteligencije (Computational Intelligence) u pojedinim literaturama se javlja i kao pojam bio-informatika, što nije

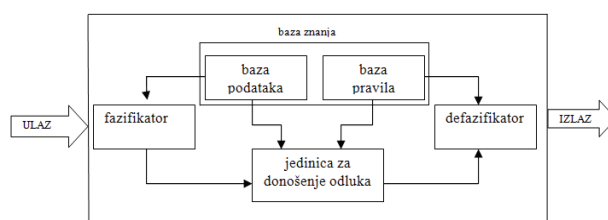
NAPOMENA:

Ovaj rad poistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Pavel Kovač, red.prof.

slučajno jer mnogi modeli računanja i ideje su potekle od bioloških modela.

2. FAZI LOGIKA (FL)

Reč fuzzy je engleskog porekla i označava nejasan, neodređen, neprecizan, rasplinut pojam. Poslednjih godina, fazi sistemi su u velikoj meri postali zamena konvencionalnim tehnologijama u velikom broju naučnih aplikacija i inženjerskih sistema, naročito u oblasti upravljanja sistemima i prepoznavanju oblika. Takođe, svedoci smo naglog porasta upotrebe fazi logike u veoma raznovrsnim komercijalnim aplikacijama i industrijskim sistemima. Fazi tehnologija je našla i primenu u informacionim tehnologijama i ekspertskim sistemima, gde se koristi kao podrška pri odlučivanju. Njena primena je moguća za bilo koji kompleksan sistem koji se može kvalitativno opisati. Prednosti FL: jednostavna za razumevanje, matematički koncept je jednostavan i svaki sistem baziran na FL je fleksibilan što znaci da se sistem može jednostavno korigovati bez potrebe vraćanja na početak, toleriše neprecizne podatke, može da opiše iskustvo eksperta što neuronske mreže ne mogu, bazirana je na prirodnom jeziku što predstavlja osnovu ljudske komunikacije. Potrebno je naglasiti da FL nije svemoguća, ako se primeti da FL nije pogodan način treba pokušati nešto drugo.



Slika 1. Fazi sistem zaključivanja

- **baza pravila**-sadrži određeni broj if-then fazi pravila
- **baza podataka**-koja definiše funkcije pripadnosti ulaznih/izlaznih varijabli koje se koriste u fazi pravilima
- **jedinica za donošenje odluka**-koja obavlja operaciju zaključivanja
- **fazifikator**-koji transformiše krisp ulaz u stepen pripadnosti određenoj lingvističkoj vrednosti
- **defazifikator**-koji fazi rezultat zaključivanja transformiše u krisp izlaz

Najčešće su ulazne vrednosti predstavljene brojem, pri čemu se želi da i izlazna vrednost bude u brojčanom obliku, Međutim u fazi logici dati sistem je opisan verbalno (kvalitativno) preko produkcionih pravila. Zbog toga se na određen način brojčane vrednosti moraju konvertovati odnosno fazifikovati. To se naziva **fazifikacija**, odnosno proces koji konvertuje svaki brojčani ulazni podatak u stepen pripadnosti koji je različit za svako pravilo. Za svaku ulaznu promenljivu postoji određen stepen pripadnosti. Nakon toga slede tri faze: **agregacija, aktivizacija i akumulacija**. Brojčana izlazna vrednost se dobija procesom **defazifikacije**. Sve ovo obuhvaćeno se može nazvati aproksimativno rezonovanje.

2.1. Tipovi sistema zaključivanja

Postoje dva osnovna tipa sistema fazi zaključivanja: **Mamdani** i **Sugeno**. Mamdani fazi sistem zaključivanja je najčešće primenjen postupak fazi metodologije, prvi put je primenjen i izgrađen kao sistem za kontrolu korišćenjem fazi teorije. Ovaj sistem fazi zaključivanja pretpostavlja da je izlazna veličina procesa zaključivanja fazi skup. Ovakav fazi skup zahteva agregacioni proces u postupku defazifikacije. U mnogim slučajevima je potrebno koristiti jednu vrednost, **singleton**, kao izlazni fazi skup za svako pravilo zaključivanja a ne distribuirani fazi skup. Ovakvo pojednostavljenje ubrzava računski postupak prilikom defazifikacije i čini zaključivanje efikasnijim. Umesto integracionog postupka dvodimenzionalne izlazne funkcije, koristimo samo težinske faktore pojedinačnih izlaznih tačaka. **Sugeno** model podržava ovakav tip izlaznih funkcija tj. podataka i, u osnovi, je veoma sličan Mamdani modelu fazi zaključivanja. Sličnost oba modela zaključivanja se sastoji u istom pristupu fazifikaciji ulaznih veličina i primeni fazi operatora. Glavna razlika se uočava u tipu izlazne funkcije pripadnosti, koja se, u slučaju Sugeno modela, javlja samo kao linearna funkcija ili konstanta. Tipično pravilo zaključivanja Sugeno modela nultog reda, je sledeće:

$$\text{If } x = A \text{ and } y = B \text{ then } z = k$$

Sugeno model 1. reda je proširenje prethodnog modela tako da se u posledičnom delu pravila pojavljuje linearna funkcija umesto konstantne vrednosti:

$$\text{If } x = A \text{ and } y = B \text{ then } z = a \cdot A + b \cdot B + k$$

3. FAZI-NEURO SISTEM (ANFIS)

Naziv **ANFIS** je akronim i potiče iz imena **Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System**. Koristeći zadati ulazno/izlazni skup podataka, ANFIS formira fazi sistem zaključivanja (FIS) kod kojeg su parametri funkcija članica podešavani koristeći algoritam povratne propagacije ili u kombinaciji sa metodom najmanje kvadratne greške. Ovakav pristup omogućava da fazi sistem uči na osnovu podataka koje modelira. Adaptivni neuro-fazi sistemi predstavljaju specifičnu kombinaciju veštačkih neuronskih mreža i fazi logike i na taj način objedinjuju sposobnost učenja veštačkih neuronskih mreža sa logičkom interpretacijom koja je karakteristika

fazi logike. Jedna adaptivna neuro-fazi mreža sastoji se od više slojeva neurona (čvorova) a svaki od njih izvršava određenu funkciju (funkcija neurona) nad ulaznim signalom pri čemu se u račun uzima i skup parametara koji je povezan sa dotičnim čvorom. Prema slici 1. prikazana je arhitektura jednog neuro-fazi sistema (ANFIS), sistem ima dve ulazne veličine x i y (*sloj1*), i jednu izlaznu veličinu z (*sloj5*). Baza pravila se sastoji od dva fazi AKO-ONDA pravila (sugeno tipa) -*sloj2*.

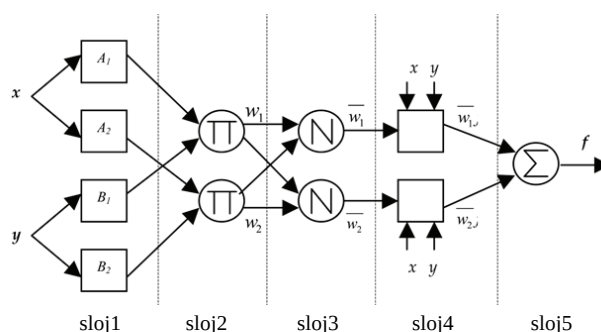
Pravilo 1: AKO x je A_1 I y je B_1 ,

ONDA $f_1 = p_1x + q_1y + r_1$

Pravilo 2: AKO x je A_2 I y je B_2 ,

ONDA $f_2 = p_2x + q_2y + r_2$

Prvi deo fazi pravila (koji se nalazi iza AKO) naziva se premisa, dok se drugi deo pravila (iza ONDA) naziva konsekvant ili posledica.



Slika2. Arhitektura neuro-fazi sistema

4. OPIS EKSPERIMENTA

Eksperimentalna ispitivanja su vršena sa jednim materijalom obradka i to sa čelikom sa poboljšanje Č.1730, zbog velike zastupljenosti ovog čelika kako pri istraživanjima tako i praktičnoj primeni.

Materijal obradka pravougaonog poprečnog preseka 130x4000 mm, isečen na obradke dužine 700 mm.

Pre ispitivanja svi obradci su obrađivani sa svih strana na širini 100 mm. Ispitivanja su sprovedena na vertikalnoj glodalici "prvomajska" FSS-GVK-3. Pri ispitivanju korišćena je glava za glodanje "JUGOALAT" G 715 Ø125 sa mehaničkim i pričvršćenim pločicama od tvrdog materijala, sledećih geometrijskih karakteristika:

- broj zuba $z = 8$
- napadni ugao $\kappa = 75^\circ$
- grudni ugao $\gamma = 7^\circ$
- leđni ugao $\alpha = 18^\circ$

Kao rezni alat korišćene su kvadratne okretnne pločice od metalnog karbida "Prvi Partizan" kvaliteta P 25.

Režim obrade je obuhvatio sledeće elemente: brzina rezanja v [m/s], odnosno broj obrtaja na mašini n [°/min], pomak po zubu s_z [mm/z], odnosno odgovarajuća brzina kretanja stola mašine s [mm/min], dubina rezanja δ [mm], širina pojasa habanja VB [min], temperatura rezanja θ [°C], postojanost alata T [min].

5. FAZI modeli

Za realizaciju modela koristi se programski jezik MatLab, modeli na bazi fazi logike dobijeni su na osnovu 25 različitih režima obrade (eksperimenata). Izabrani tip metode zaključivanja je mamdani, što znači da je izlazna veličina procesa fazi skup. Broj funkcija pripadnosti svake ulazne promenljive (brzina, pomak, dubina i VB) je 5. Izabrani tipovi funkcija pripadnosti su *gbellmf* (f-je u obliku zvona). Temperatura kao izlazna promenljiva podeljena je u 8 skupova. Vrednosti postojanosti podeljene su u 9 skupova. Za formiranje pravila koristi se svaki pojedinačan eksperiment, npr. eksperiment pod rednim brojem 1. predstavlja prvo pravilo, pod rednim brojem 2. drugo itd.

1. **AKO** je (brzina niža) i (pomak niži) i (dubina niža) i (VB niža) **ONDA** je temperatura A
2. **AKO** je (brzina viša) i (pomak niži) i (dubina niža) i (VB niža) **ONDA** je temperatura B
3. **AKO** je (brzina niža) i (pomak viši) i (dubina niža) i (VB niža) **ONDA** je temperatura A

5.1. Analiza rezultata fazi modela

Tabela 1. Rezultati dobijeni primenom mamdani fazi sistema zaključivanja

R. broj	Temp. eksp. Θ (°C)	Temp. model	E (%)	Post. eksp. T(min)	Post. model	E (%)
1.	79	84.7	7.2	8	8.6	7.5236
2.	106	102.6	3.2	6	6.5	8.3512
3.	92	84.7	12.3	9	8.6	4.4444
4.	112	117.0	4.4642	2	2.9	45
5.	115	117.0	1.7931	8	8.6	7.5
6.	130	129.0	0.7692	5.2	4.7	9.6153
7.	125	129.0	3.2	7	6.5	7.1428
8.	173	177.9	2.8283	4	4.7	17.5
9.	102	102.6	0.5882	4.2	4.6	9.5238
10.	126	129.0	2.3809	16.6	16.17	2.4096
11.	104	102.6	0.014	30	29.6	1.3333
12.	147	146.9	0.0681	9.2	8.6	6.5213
13.	150	146.9	0.031	43.5	42.02	3.4022
14.	161	161.99	0.6149	18.5	19.03	2.9648
15.	148	146.9	0.6756	32	29.68	7.25
16.	182	177.9	2.1972	6.5	6.48	0.3078
17.	128	129.0	0.7813	13.3	13.5	1.5037
18.	117	117.01	0.0854	20	19.03	4.85
19.	167	161.99	2.9941	3.2	2.79	12.5
20.	115	117.0	1.7391	13	13.5	3.8461
21.	157	161.9	3.1847	7	6.48	7.4285
22.	88	84.7	0.0375	14	13.5	3.5714
23.	205	202.6	0.0117	13	13.5	3.8461
24.	118	117.0	0.8474	2	2.8	40
25.	150	146.9	2.0666	28	29.7	6.071
Prosečna greška			2.1629			8.9763

Rezultati dobijeni primenom mamdani fazi sistema zaključivanja, uz pomoć pravila koja su definisana na osnovu eksperimentalnih podataka (tabela 1.), pokazuju slaganje sa rezultatima eksperimenta. Kod određivanja temperature najveće odstupanje iznosi 12.3 %, a prosečno odstupanje je 2.1629%. Kod obeđivanja postojanosti maksimalno odstupanje iznosi 45%, razlog su male

brojčane vrednosti postojanosti, dok je kod većih brojčanih vrednosti greška drastično manja. Prosečno odstupanje postojanosti iznosi 8.9763%.

Prosečna greška u oba slučaja je manja od 10%, što nam pokazuje da su izabrani tipovi funkcija pripadnosti (*gbellmf*), tip mehanizma zaključivanja po metodi *MIN - MAKS* i izabrana defazifikaciona metoda *centroid* (centar gravitacije) predstavljaju dobar izbor.

6. ANFIS modeli

Za modeliranje hibridnog neuro-fazi sistema takođe je korišćen MatLab. Treniranje adaptivne mreže izvršeno je pomoću 20 izmerenih podataka kako za temperature tako i za postojanost.

Testiranje je izvršeno pomoću 4 podatka, dok je jedan podatak ostavljen za proveru sistema, da bi se videlo kako sistem predviđa. Anfis sistem kao metod zaključivanja uvek koristi *sugeno model*, što znači da su izlazi sistema singleton. Nakon pripreme podataka, njihovog unosa na radnu površinu MatLaba i pozivanja ANFIS alata izvršeno je definisanje adaptivne mreže i funkcija pripadnosti.

Sledeći korak je treniranje i testiranje sistema sve dok se ne dobije minimalna greška. Modeli imaju sledeće parametre: broj funkcija pripadnosti svake ulazne veličine je 3, ulazne funkcije pripadnosti su u obliku gausove krive, korišćen je hibridni metod optimizacije, a broj ciklusa obučavanja je 40.

6.1 Analiza rezultata ANFIS modela

ANFIS kao sistem ima mogućnost da sam izračunava grešku. Prosečna greška celokupnog sistema koja je dobijena tako što se u sistem učitavaju svi podaci (*check1*) iznosi 4% što je zadovoljavajuće.

Greška podataka koji su korišćeni za testiranje iznosi (*test1*) 1.53%, a greška podatka pod rednim brojem 5. u tabeli 10. koji nije unosen u sistem iznosi 14%

Tabela 2. Eksperimentalne vrednosti, vrednosti dobijene pomoću ANFIS-a, test podaci

	Brzina	Pomak	Dubina	VB	Temp. Eksp.	Temp. ANFIS
1.	2,32	0,28	1	0,12	92	86.17
2.	2,32	0,28	2,25	0,12	125	124.14
3.	2,32	0,28	1	0,28	104	102.53
4.	2,32	0,28	2,25	0,28	148	149.56
5.	2,95	0,223	1,5	0,18	128	147.07

Dobijene vrednosti za postojanost pokazuju približno slaganje sa očekivanim vrednostima.

Prosečna greška celokupnog sistema za određivanje postojanosti iznosi (*check2*) 5%, greška test podataka iznosi (*test2*) 14%, a greška podatka pod rednim brojem 5. koji nije unosen u sistem iznosi 10 %.

Tabela 3. Eksperimentalne vrednosti, vrednosti dobijene pomoću ANFIS-a, test podaci

	Brzina	Pomak	Dubina	VB	Post. Eksp.	Post ANFIS
1.	2,32	0,28	2,25	0,12	7	5.84
2.	2,95	0,142	1,5	0,18	13	13.60
3.	3,67	0,178	2,25	0,28	18,5	19.19
4.	3,67	0,178	2,25	0,12	5,2	3.05
5.	2,95	0,223	1,5	0,4	28	25.06

7. ZAKLJUČAK

U prvoj fazi ovog rada izvršeno je modeliranje temperature i postojanosti pomoću fazi logike (mamdani model). Korišćenje ovih modela za predviđanje parametara nije moguće, odnosno ovi fazi sistemi izračunavaju izlazne vrednosti na osnovu definisanih pravila. Fazi logika ima tu mogućnost da radi sa nepreciznim podacima ali ne može, samostalno da definiše pravila.

Greška rezultata dobijenih pomoću „mamdani“ modela nisu zavisni od broja podataka koji su korišćeni za dobijanje modela, nego greška modela zavisi od: definisanih pravila odnosno da ne dođe do njihovih preklapanja, izbora funkcija pripadnosti, njenih parametara, izabrane faze fazifikacije i defazifikacije.

U drugoj fazi izvršeno je modeliranje parametara pomoću ANFIS sistema (sugeno), koji ima mogućnost predviđanja parametara. ANFIS sam formira fazi sistem zaključivanja (FIS) (i to FIS sistem sa najmanjom greškom, odnosno odgovara skupu ulazno – izlaznih podataka) gde su podešene funkcije pripadnosti i generisana pravila.

Da bi se dobili što tačniji rezultati ANFIS modelom potrebno je da postoji dovoljan broj numeričkih podataka tj. primera za treniranje adaptivne mreže odnosno dovoljan broj podataka za testiranje modela kako bi se sa sigurnošću izvršila provera valjanosti modela.

8. LITERATURA

1. Jean-Louis Lauriere: Problem-Solving and Artificial Intelligence
2. Popović Zoran, Tanja Vuković :Seminarski rad: Osnove veštačke inteligencije I, Centar za multidisciplinarnu studije, Univerzitet u Beogradu
3. Računarska inteligencija, www.masfak.ni.ac.rs
4. Zadeh.L. “The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning”, Information Science, 1975
5. Pero Subašić: Fuzzy logika i neuronske mreže, Tehnička knjiga, Beograd, 1997
6. Chin-Teng Lin and C. S. George Lee: “NEURAL FUZZY SYSTEMS”,
7. “Fuzzy Logic Toolbox for use with Matlab” <http://www.mathworks.com>

8. Jantzen.J. “Fuzzy Control Course on Internet“, <http://www.iau.dtu.dk>
9. Boban Anđelković : „Principi i tehnike fazi i neuro modeliranja“,
10. Aleksić M.: „Model za operativno planiranje u sistemima održavanja primenom fuzzy logike“, „magistarski rad, Vojnotehnička akademija , Beograd, 2002.
11. Adriano Cruz :ANFIS: Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems, , Mestrado NCE, IM, UFRJ
12. Milorad jovanović, Čolić Dušan, Nenad Mikić :“Proizvodno-radni procesi“, , Novi Sad 1978.
13. Dr.Bogdan Nedić, Dr. Miodrag Lazić :“Obrada metala rezanjem“, , Kragujevac 2007.
14. Dr. Pavel Kovač, Dr. Dragoje Milikić :“Rezanje metala“, , Ftn Novi Sad, 1998.
15. Mr. Po-Tsang Huang, Dr. Joseph C. Chen, & Dr. Chai-Yu Chon :A Statistical Approach in Detecting Tool Breakage in End Milling Operations
16. Basim A. Khidhir :Modification Approach of Fuzzy logic Model for Predicting of Cutting Force When Machining Nickel Based Hastelloy C276,
17. K.Hashmi,M.A. El EL Baradie and M.Ryan :Fuzzy logic based intelligent selection of machining parameters
18. Pramot Srinioi, A/Prof.Ebrahim Shayan, Dr. Fatemeh Ghotb :Scheduling of flexible manufacturing systems using Fuzzy Logic, School of Mathematical Sciences

Kratka biografija:



Dragan Rodić rođen u Bačkoj Palanci 1984. godine. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Proizvodnog Masinstva – Fleksibilne tehnologije, sistemi i računarom integrisana proizvodnja, iz predmeta Rezanje metala, odbranio je 2010. godine.



Dr Pavel Kovač rođen je u Bačkom Petrovcu 1950. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1987. god., a od 1998. je redovan profesor. Oblasni njegovog interesovanja su procesi obrade skidanjem materijala, nekonvencionalni postupci obrade, teorija obrade rezanjem.



Borislav Savković rođen je u Novom Sadu 1982. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Proizvodnog Mašinstva – Fleksibilne tehnologije, sistemi i računarom integrisana proizvodnja, iz predmeta Rezanje metala odbranio je 2008.god., od 2009.god je u zvanju asistent.

PRIMENA AHP METODE ZA OCENU I IZBOR OBRADNOG SISTEMA**APPLICATION OF AHP METHOD FOR EVALUATION AND SELECTION MACHINING SYSTEM**Nedeljko Kljajić, Velimir Todić, Dejan Lukić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

Kratak sadržaj – U radu je prikazana primena AHP metode u oceni i izboru obradnog sistema za projektovanu grupnu operaciju obrade struganjem operacijske grupe osovina.

Abstract – This paper describes the use of AHP method in the evaluation and selection of machining systems. The observed machining system is used for the realization of the projected operation of turning axle group.

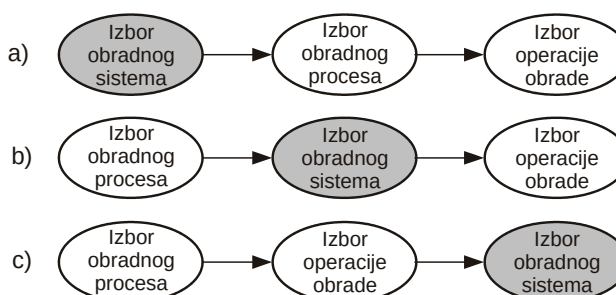
Ključne reči: AHP, Izbor i ocena, Obradni sistem

1. UVOD

Projektovanje tehnoloških procesa obrade obuhvata transformaciju polaznog materijala ili priprema u gotov deo, uz potrebnu promenu njegovog oblika, dimenzija, estetskog izgleda, unutrašnjih svojstava materijala obradka i kontrolu obrade [1].

Jedna od osnovnih aktivnosti u fazi projektovanja tehnološkog procesa je i izbor tehnoloških resursa na ili sa kojima će se izvoditi obradni procesi u cilju transformacije priprema u finalno obrađen deo. U tehnološke resurse spadaju obradni i tehnološki sistemi, pribori, alati, itd.

Aktivnosti projektovanja tehnološkog procesa, mogu biti realizovane u različitim varijantama redosleda izvođenja (sekvencama) i najčešće se biraju u nekoliko uzastopnih iteracija. Mogu se razlikovati tri različite sekvence, dekomponovanih aktivnosti projektovanja tehnološkog procesa koje možemo nazvati scenarijima (slika 1). Koji će scenario biti primenjen zavisi od različitih geometrijskih i tehnoloških parametara koji predstavljaju ulazne podatke u sistem projektovanja tehnoloških procesa, odnosno CAPP sistem [2].



Slika 1. Prikaz različitih sekvenci aktivnosti izbora tehnološkog procesa [2]

NAPOMENA:

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

Akcentat u posmatranom radu će se staviti na izbor obradnog sistema za realizaciju grupne operacije obrade struganjem operacijske grupe osovina, primenom AHP višekriterijumske metode.

U cilju dobijanja potrebnih podloga za rešenje postavljenog zadatka izbora obradnog sistema u radu [3] su izvršene sledeće aktivnosti:

- Projektovanje grupnog tehnološkog procesa, odnosno grupne operacije obrade struganjem na principima grupne tehnologije
- Određivanje ciklusnog vremena operacije obrade grupe delova
- Određivanje potrebnog broja i nivoa složenosti obradnog sistema za realizaciju posmatrane operacije

2. OSNOVE VIŠEKRITERIJUMSKE OPTIMIZACIJE

Višekriterijumsko odlučivanje i višekriterijumska analiza spadaju u oblast teorije odlučivanja. Osnovni termini teorije odlučivanja su odluka, donosilac odluke, donošenje odluke, opšte karakteristike odluke, itd.

Kod višekriterijumske analize osnovni cilj je da se na konzistentan način prevaziđu teškoće na koje analitičar nailazi pri rešavanju problema sa velikom količinom složenih informacija. Ona obuhvata veliki broj različitih tehnika koji se razlikuju po pristupu problemu odnosno načinu agregacije podataka datih za pojedinačne merljive kriterijume, a u cilju određivanja ukupne performanse alternativa u odnosu na skup eksplicitno definisanih ciljeva. Pri tome se tehnike višekriterijumske analize mogu koristiti da se identifikuje jedna najpoželjnija opcija, da se rangiraju opcije, da se izabere ograničen broj opcija ili da se jednostavno izdvoje prihvatljive od neprihvatljivih opcija.

Prilikom donošenja odluka često se postavlja pitanje izbora najbolje odluke. Pre nego što je višekriterijumska analiza razvijena, problemi izbora i rangiranja različitih odluka obično su se svodili na zadatke optimizacije jednog kriterijuma. Opisna definicija kriterijuma glasi: "Kriterijum je mera kojom se ocenjuju pojedine odluke sa iste tačke gledišta". Kada je u pitanju izbor alternativa na osnovu samo jednog kriterijuma onda se lako nalazi najbolja alternativa, tako što se bira alternativa koja daje najveću ili najmanju vrednost posmatranom kriterijumu optimizacije.

Višekriterijumsko odlučivanje (VKO) odnosi se na situacije odlučivanja u kojima je prisutan veći broj najčešće vrlo različitih kriterijuma. Lepeza problema višekriterijumskog odlučivanja je izuzetno široka, ali i pored toga višekriterijumski problemi imaju neke zajedničke karakteristike [4]:

- Veći broj kriterijuma/atributa, koji moraju biti kreirani od strane donosioca odluke ili tima ljudi;
- Prisustvo nekompatibilnosti i postojanje konflikata među kriterijumima. U mnogim slučajevima se dešava da je jedna alternativa bolja od neke druge u smislu jednog kriterijuma, dok je druga bolja od prve u smislu nekog drugog kriterijuma;
- Neuporedive jedinice mera, jer po pravilu svaki kriterijum/atribut ima različitu jedinicu mere;
- Izbor vrste problema višekriterijumskog odlučivanja su ili projektovanje najbolje alternative ili izbor najbolje alternative iz konačnog skupa prethodno definisanih alternativa.

Kao i kod definisanja pojma odlučivanja, tako i u raščlanjivanju procesa odlučivanja na faze postoje sličnosti i razlike, ali se uglavnom sve teorije mogu svesti na sledeće faze u procesu odlučivanja [1]:

- Identifikovanje i definisanje problema,
- Određivanje skupa alternativnih rešenja,
- Određivanje skupa kriterijuma za vrednovanje alternativa i njihovih težinskih koeficijenata,
- Vrednovanje alternativa,
- Izbor i ocena alternative.

Postojanje više alternativa ili kriterijuma, od kojih neke treba maksimizirati a neke minimizirati, znači da se odluke donose u konfliktnim uslovima i da se za rešavanje višekriterijumskih zadataka moraju primeniti instrumenti koji su fleksibilniji od strogo matematičkih tehnika čiste optimizacije. Za ovu svrhu razvijeni su brojne metode analize od kojih se kao značajnije mogu izdvojiti:

- AHP (analitički hijerarhijski proces)
- PROMETHEE
- ELECTRE
- TOPSIS
- DELPHI, itd.

Osim nabrojanih metoda za rešavanje složenih zadataka ocene i izbora proizvoda, procesa, resursa, itd., razvijene su i veoma često se koriste metode višekriterijumske optimizacije koje su zasnovane na:

- Metodama vrednosnih ocena
- LSP metodi-Logic Scoring of Preference (Logičko vrednovanje varijanti)

U radu [3] od nabrojanih višekriterijumskih metoda optimizacije, odnosno odlučivanja posebna pažnja je bila usmerena na prikaz metoda vrednosnih ocena i AHP metode, kao i njihovu konkretnu primenu kroz određeni primer. U okviru metoda vrednosnih ocena razmatrane su metode ukupne vrednosti i metoda pokazatelja tehnoeкономskog nivoa.

3. OSNOVE AHP METODE

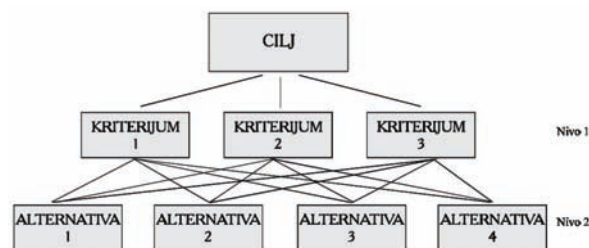
Analitički hijerarhijski proces (AHP) predstavlja alat u analizi odlučivanja, kreiran da pruži pomoć donosiocima odluke u rešavanju kompleksnih problema odlučivanja u kojima učestvuje veći broj alternativa, veći broj kriterijuma i u višestrukim vremenskim periodima [5].

Područje primene je višekriterijumsko odlučivanje gde se na osnovu definisanog skupa kriterijuma i vrednosti atributa vrši izbor najprihvatljivije alternative, odnosno prikazuje se potpuni poredak važnosti alternativa u modelu.

U osnovi se radi o specifičnom alatu za formiranje i analizu hijerarhija odlučivanja. AHP najpre omogućava interaktivno kreiranje hijerarhije problema kao pripremu scenarija odlučivanja, a zatim vrednovanje u parovima elemenata hijerarhije (ciljeva, kriterijuma i alternativa) u top-down smeru. Na kraju se vrši sinteza svih vrednovanja i po strogo utvrđenom matematičkom modelu određuju težinski koeficijenti svih elemenata hijerarhije. Zbir težinskih koeficijenata elemenata na svakom nivou hijerarhije jednak je 1 što omogućava donosiocu odluka da rangira sve elemente u horizontalnom i vertikalnom smislu.

AHP omogućava interaktivnu analizu osetljivosti postupka vrednovanja na konačne rangove elemenata hijerarhije. Pored toga, tokom vrednovanja elemenata hijerarhije, sve do kraja procedure i sinteze rezultata, proverava se konzistentnost rezonovanja donosioca odluka i utvrđuje ispravnost dobijenih rangova alternativa i kriterijuma, kao i njihovih težinskih vrednosti.

Metodološki posmatrano, AHP je višekriterijumska tehnika koja se zasniva na razlaganju složenog problema u hijerarhiju. Cilj se nalazi na vrhu hijerarhije, dok su kriterijumi, podkriterijumi i alternative na nižim nivoima. Kao ilustracija, na slici 2. data je hijerarhija koju čine cilj, tri kriterijuma i četiri alternative. Hijerarhija ne mora da bude kompletna; npr. element na nekom nivou ne mora da bude kriterijum za sve elemente u podnivou, tako da se hijerarhija može podeliti na podhijerarhije kojima je zajednički jedino element na vrhu hijerarhije.



Slika 2. Primer hijerarhije u AHP-u [1]

Analitički hijerarhijski proces je fleksibilan jer omogućava da se kod složenih problema sa mnogo kriterijuma i alternativa relativno lako nađu relacije između uticajnih faktora, prepozna njihov eksplicitni ili relativni uticaj i značaj u realnim uslovima i odredi dominantnost jednog faktora u odnosu na drugi. Metod, naime, anticipira činjenicu da se i najsloženiji problem može razložiti na hijerarhiju i to tako da su u dalju analizu uključeni i kvalitativni i kvantitativni aspekti problema. AHP drži sve delove hijerarhije u vezi, tako da je jednostavno videti kako promena jednog faktora utiče na ostale faktore.

U samoj primeni AHP metode mogu se evidentirati četiri faze [6]:

- Struktuiranje problema,
- Prikupljanje podataka,
- Procena relativnih težina (težinskih koeficijenata),
- Rangiranje i izbor najpovoljnije varijante.

4. PRIKAZ IZBORA OBRADNOG SISEMA

U tabeli 1 dati su parametri važnosti NC strugova koji su uzeti kao alternative za razmatranje.

Ove alternative su birane na osnovu geometrijskih karakteristika delova tehnološke grupe, zahteva predviđenih projektovanom operacijom obrade, kao i na osnovu raspoloživih podataka o obradnim sistemima.

Tabela 1. Strugovi sa NC upravljanjem sa usvojenim parametrima važnosti

No	Naziv parametra	Dimenzije	Gildemei- nster CTX 310 ECO	Traub TNA 300	HAAS SL-10	Knuth StarChip 450	Okuma LB 200EX	Nakamura SC 200
			A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆
1	Cena	Euro	65000	60000	55000	40000	80000	70000
2	Procena kvaliteta mašine	Kvalitativna	5	4,5	3,5	3	5	4,5
3	Maksimalni prečnik obrade	mm	260	275	279	280	430	432
4	Maksimalna dužina obrade	mm	450	450	356	500	300	509
5	Maksimalni broj obrtaja g.v.	o/min	5000	5600	6000	4000	6000	4500
6	Maksimalna snaga motora g.v.	kW	11	11	11,2	11	11	11
7	Broj alata u revolverskoj glavi	kom	12	12	12	8	12	12
8	Prečnik šipke kroz vreteno	mm	51	42	44,5	32	62	65
9	Prečnik stezne glave	mm	210	175	165	50	200	200
10	Površina postolja	m ²	3,75	4,37	2,69	4,25	3,22	4,22
11	Masa mašine	kg	3800	3500	2495	5000	2600	3780

U ovom radu će se prikazati izbor obradnog sistema primenom AHP metode uz korišćenje programskog sistema Expert Choice, dok je u radu [3] korišćen i analitički postupak rešenja problema.

4.1. Primena programskog sistema Expert Choice

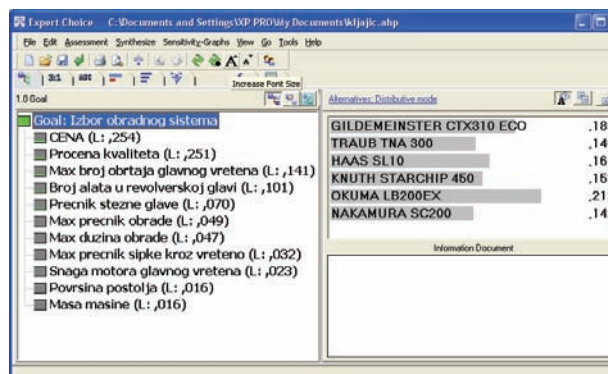
Expert Choice predstavlja efikasan softverski alat za rešavanje problema višekriterijskog odlučivanja, odnosno optimizacije, i u posmatranom slučaju je korišćena njegova varijanta EC11 [7]. Ovaj program, u potpunosti podržava sve korake karakteristične za primenu AHP metode. Programski sistem omogućuje strukturiranje hijerarhijskog modela problema odlučivanja na više načina, te upoređivanje alternativa u parovima takođe na nekoliko načina. Posebnu vrednost programu daju različite mogućnosti provođenja analize osetljivosti koje se temelje na vizualizaciji posledica promena ulaznih podataka. Program omogućava i kreiranje različitih vrsta izveštaja.

Korišćenje programa se ovde neće detaljnije prikazati, već će se prikazati samo deo mogućnosti koji se odnosi na rešavanje konkretnog problema izbora obradnog sistema, odnosno rangiranje posmatranih alternativa u zavisnosti od izabranih kriterijuma.

Matrica odlučivanja ima sledeći oblik:

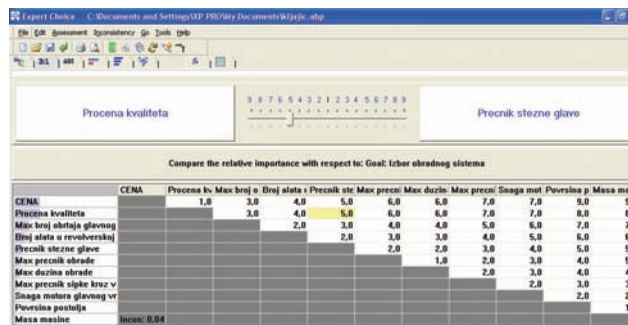
A1	65000	5	5000	12	210	260	450	51	11	3,75	3800
A2	60000	4,5	5600	12	175	275	450	42	11	4,37	3500
A3	55000	3,5	6000	12	165	279	356	44,5	11,2	2,69	2495
A4	40000	3	4000	8	50	280	500	32	11	4,25	5000
A5	80000	5	6000	12	200	430	300	62	11	3,22	2600
A6	70000	4,5	4500	12	200	432	509	65	11	4,22	3780

Prvo se u program unose osnovni podaci, odnosno cilj, odgovarajuće alternative i kriterijumi, što je prikazano na slici 3.

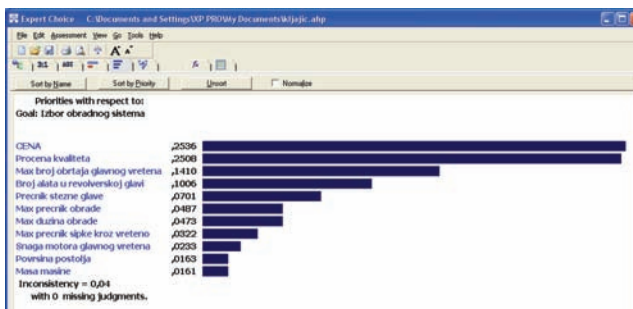


Slika 3. Cilj, kriterijumi i alternative u ModelView prozoru programa Expert Choice 11

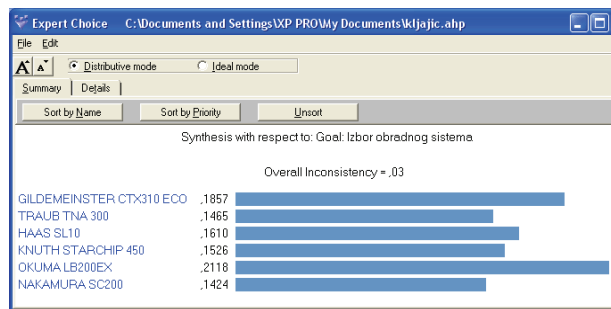
Nakon definisanja i unošenja kriterijuma vrši se određivanje njihove važnosti u ukupnom modelu, odnosno uticaj na posmatrane alternative. Kriterijumi se međusobno porede prema Saatyjevoj skali devet tačaka. Slika 4. prikazuje postupak unosa podataka upoređivanja kriterijuma svakog sa svakim, dok su na slici 5. prikazani dobijeni težinski koeficijenti, odnosno važnosti kriterijuma u ukupnom modelu.



Slika 4. Postupak upoređivanja kriterijuma u parovima i dodavanje težinskih koeficijenata kriterijumima

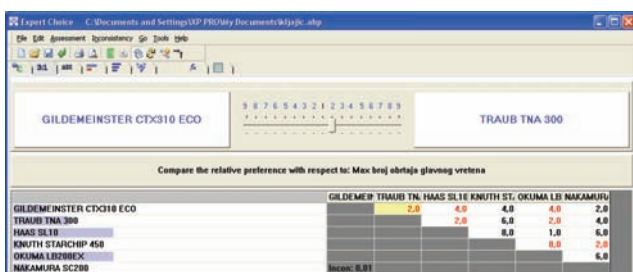


Slika 5. Važnosti kriterijuma u modelu

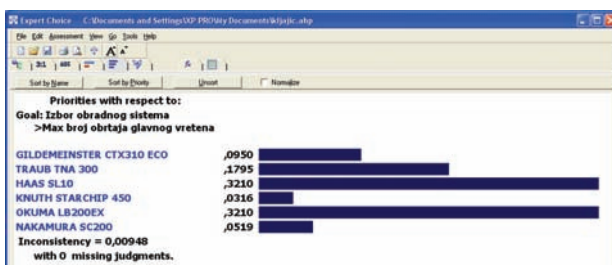


Slika 9. Potpuni poredak alternativa u modelu

Nakon dodeljivanja težinskih koeficijenata kriterijumima potrebno je odrediti težine svih alternativa u odnosu na svaki kriterijum pojedinačno. Zbog toga je u konkretnom slučaju korišćen PAIRWISE način uporednog dodeljivanja težina alternativama za svaki pojedinačni kriterijum. Na slici 6. je prikazano dodeljivanje težina alternativama za kriterijum 3 – maksimalan broj obrtaja glavnog vretena, a na slici 7. su prikazane dobijene težine pojedinih alternativa u ovom kriterijumu.

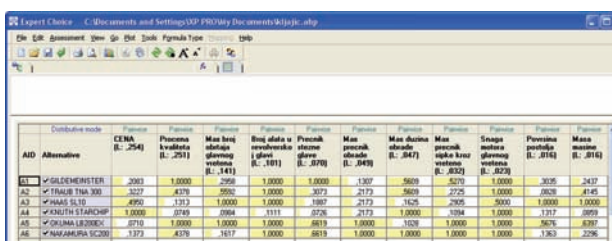


Slika 6. Dodeljivanje težinskih koeficijenata alternativama u parovima za kriterijum 3



Slika 7. Dobijeni težinski koeficijenti alternativa za kriterijum 3

Na slici 8. je prikazan lokalni prioritet alternativa i težinskih koeficijenata kriterijuma u modelu.



Slika 8. Lokalni prioritet alternativa u modelu

Na slici 9. prikazan je ukupni redosled alternativa u postavljenom modelu nakon sprovedene sinteze, s obzirom na postavljeni cilj. Ukupna inkonzistentija je 0,03 (3%), što je manje od dozvoljene inkonzistentnosti 10%, pa se može reći da je model dobro strukturiran.

Sa slike 9. se vidi da je najprihvatljivije rešenje struga sa NC upravljanjem alternativa 5 – Okuma LB 200EX sa težinom 0.2118, potom alternativa 1 – Gildemeinsteir CTX 310 ECO sa težinom 0.1857, itd. Ukupni poredak alternativa u postavljenom modelu je sledeći A5, A1, A3, A4, A2, A6.

5. ZAKLJUČAK

AHP metoda i druge višekriterijumske metode optimizacije predstavljaju deo metodolije višekriterijumskog odlučivanja, odnosno višekriterijumske analize koje se koriste u teoriji odlučivanja raznovrsnih problema. Neki od ovih problema koji se javljaju u proizvodnom inženjerstvu su ocena i izbor proizvoda, procesa, resursa, itd.

U radu je prikazana metodologija primene AHP metode u oceni i izboru obradnog sistema. Kao rezultat dobijena je najprihvatljivija alternativa obradnog sistema (mašine), kao i prikaz potpunog poredka važnosti alternativnih obradnih sistema u modelu odlučivanja.

6. LITERATURA

- [1] V. Todić, J. Stanić: "Osnove optimizacije tehnoloških procesa izrade i konstrukcije proizvoda", FTN, Novi Sad, 2002.
- [2] M. Milošević: "Izbor obradnih sistema u okviru CAPP sistema", seminarski rad, FTN, Novi Sad, 2005.
- [3] N. Kljajić: "Primena višekriterijumskih metoda optimizacije za ocenu i izbor proizvoda, procesa i tehnoloških resursa" - Diplomski-master rad, FTN, Novi Sad, 2010.
- [4] D. Perčević: "Primena višekriterijumskog rangiranja u izboru dect mobilnih stanica", Jedanaesti telekomunikacioni forum TELFOR 2003, Beograd, 2003.
- [5] T.L. Saaty: "The Analytic Hierarchy Process", McGraw - Hill, New York, 1980.
- [6] M. Čupić, M. Suknović, G. Radojević, V. Jovanović: "Specijalna poglavlja iz teorije odlučivanja: Kvantitativna analiza", FTN, Novi Sad, 2004.
- [7] www.expertchoice.com

Kratka biografija:



Nedeljko Kljajić rođen je u Perni, opština Vrginmost 1973. god. Diplomski-master rad iz oblasti Mašinstva – Proizvodno mašinstvo odbranio je 2010 god.

**KOČNE PERFORMANSE VOZILA SA I BEZ ABS UREĐAJA NA RAZLIČITIM
PODLOGAMA****VEHICLE BRAKING PERFORMANCE WITH AND WITHOUT ABS UNIT ON
DIFFERENT ROAD SURFACES**

Uroš Branković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast: MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – Rad sadrži rezultate merenja kočnih performansi vozila sa uključenim i isključenim ABS uređajem. Merna ispitivanja su vršena na četiri različite podloge, a u svojstvu kočnih performansi se posmatraju zaustavni put i srednja vrednost usporenja vozila.

Abstract – Experiment displays results from measuring braking performance of the vehicles with activated and deactivated ABS unit. Measurements were done on four different road surfaces, final results are stated in form of total braking distance and average grade of deceleration.

Ključne reči: ABS, kočne performanse vozila, zaustavni put, srednja vrednost usporenja vozila

UVOD – ABS uređaj je osmišljen i konstruisan da unapredi bezbednost vozila prilikom kočenja u kritičnim situacijama ili u otežanim uslovima kretanja. On sprečava blokiranje točkova prilikom procesa zaustavljanja i na taj način omogućava upravljivost vozila i skraćuje zaustavni put.

Zadatak ovog ispitivanja je utvrđivanje efikasnosti ABS uređaja sa stanovišta kočnih performansi vozila. U finalnu ocenu ne ulazi poboljšanje upravljivosti i stabilnosti vozila, već samo zaustavni put vozila i srednja vrednost sile usporenja. Izabrane su četiri različite podloge na kojima će se dodatno razmatrati efikasnost ABS sistema, a upotrebljena su dva vozila.

Postavka ispitivanja

Potrebna su tri glavna činioca da bi se ispitivanje izvelo uspešno – ispitna vozila, merna oprema i adekvatne ispitne podloge. Obezbeđena su dva vozila opremljena ABS uređajima različite generacije, marke BMW (1991) i SEAT (2005) sa različitim konstrukcionim rešenjima pogona.

Oba vozila imaju potpuno ispravne kočne uređaje koji su neophodni za što preciznije rezultate merenja. Merna oprema se sastoji iz akcelometra i GPS modula firme Dynostar. Akcelometar je merio sile po X i Y osi za vreme delovanja sile usporenja (kočenja). GPS modul je merio položaj i brzinu vozila tokom ispitivanja.

NAPOMENA:

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

Izabrane su četiri različite ispitne podloge radi ukazivanja na efikasnost ABS uređaja prilikom vladanja različitim uslova kretanja vozila. Prva podloga je betonska sa mogućnošću kvašenja i simuliranja kišnih vremenskih uslova. Poligon za ispitivanje na betonskoj podlozi bio je dostupan preko gradskog saobraćajnog preduzeća u Novom Sadu gde je bila na raspolaganju potpuna saradnja. Kao što je rečeno, ovde je vršeno prvo ispitivanje na suvoj betonskoj podlozi, a zatim putem protiv požarnog sistema nanošen sloj vode i simuliran je uslov kretanja po mokroj asfaltnoj podlozi.

Treća ispitna podloga zadržala je finu zemljanu prašinu pomešanu sa znatnom količinom šljunka. Ova šljunkovita podloga je vrlo vredna za ispitivanje sa stanovišta izraženih neravnina koje otežavaju rad ABS uređaju. Podloga se nalazila u prigradskom naselju Sajlovo na periferiji Novog Sada.

Četvrta ispitna podloga se nalazila na rečnom nasipu Dunava u Sremskim Karlovcima. Ova podloga je mešavina rečnog peska i sitne zemlje koji zajedno daju svetlo žutu boju. Kočenje se vršilo na prethodno prokrčenom tragu kretanja vozila između bujne vegetacije.

Radi što tačnijeg izvođenja eksperimenta merna oprema je prvo trebala biti adekvatno postavljena u vozilo. Zatim se pristupalo probnom ispitivanju zbog utvrđivanja validnosti dobijenih podataka. Akcelometar je postavljan na pod vozila u putničkom prostoru, a GPS modul je fiksiran na krov vozila pomoću stalnog magneta. Akcelometar je postavljen paralelno sa smerom kretanja vozila u približno horizontalnom položaju.

Sa stanovišta podešavanja vozila, neophodno je dovesti vozilo u pravolinijsku putanju pre nego što se započne proces kočenja. Brzina pri kojoj se započinje kočenje treba da je što bliža nekoj referentnoj vrednosti koja je prethodno utvrđena. Postupak kočenja započinje čim se stabilizuje brzina kretanja vozila. Pedala kočnice se pritiska do kraja hoda sa što većom brzinom i silom. Istovremeno se pritiska i papučica spojnice koja odvaja zamajne mase motora i menjačke kutije od kočenih točkova.

Po završetku kočenja vozilo se ostavlja u stacionarnom položaju nekoliko sekundi pre nego što se ponovo pokrene. Za svako merenje na podlozi, i za svaki slučaj uključenog ili isključenog ABS uređaja, vrši se minimum šest ponavljanja. Ovaj broj je sasvim dovoljan da se ispita stohastička priroda procesa kočenja, a istovremeno da se spreči preterano habanje pneumatika i oštećenje sistema vešanja.

Nakon svakog od merenja podaci pohranjeni u memorijskom modulu akceleratora se prebacuju na prenosni računar i daljom obradom se utvrđuje validnost podataka. Ukoliko dođe do neke greške u merenju, postupak se na licu mesta ponavlja dok se ne dobiju validni rezultati.

Celokupno ispitivanje je podeljeno u dva dela, prvo je ispitivanje na betonskoj podlozi, a drugo ispitivanje na adhezivnim podlogama. Za svaku podlogu i vozilo se prvo vrši merenje sa uključenim ABS uređajem. Nakon toga se onesposobljava ABS uređaj putem električne instalacije tako što se vadi osigurač za ABS uređaj ili se fizički odstranjuje kontakt računarske jedinice. Ukupan broj različitih merenja uzimajući u obzir broj vozila je 16 (četiri podloge, dva vozila i dve varijante kočenja za svaku podlogu i vozilo) sa najmanjim ukupnim brojem kočenja 192.

Tok ispitivanja

Prvi ispitni dan predstavlja merenje podataka na suvoj i vlažnoj betonskoj podlozi. Na suvoj betonskoj podlozi ispitivanje je započeto sa uključenim ABS sistemom. Brzina kretanja vozila je prema brzinometra vozila bila približno jednaka 50 km/h pre nego što je započet proces kočenja. Odziv ABS sistema je bio izuzetno brz, a vozač je mogao da oseti visokofrekventno podrhtavanje pedale koje je karakteristično za rad ovog sistema. Nakon toga je isključivan ovaj uređaj i bila je očigledna promena karaktera kočenja. Blokiranje kočionih točkova je bilo očigledno, a praćeno je bukom od škrice pneumatika i dimom koji je izazvan njihovim trenjem sa podlogom. U slučaju vozila SEAT primećeno je blago zakretanje vozila u levu stranu prilikom potpunog blokiranja točkova.

Vizuelna provera stanja pneumatika posle kočenja sa blokiranjem nije ustanovila bilo kakve deformacije gazećeg sloja, pa se s tim zaključkom moglo preći na sledeću etapu ispitivanja.

Nakon toga se betonska podloga kvasila hidrantnom protivpožarnom instalacijom i kvašenje je nastavljeno tokom čitavog trajanja merenja. U ovom slučaju se sticao vizuelni utisak da vozila imaju duži zaustavni put bez korišćenja ABS uređaja. Blokiranje točkova daje utisak da proces kočenja dugo traje, u poređenju sa kočenjem vozila sa ABS uređajem prilikom kog nije moguće utvrditi momenat početka kočenja. Ova etapa ispitivanja je prošla bez pojave problema prilikom kočenja i bez oštećenja pneumatika.

Drugi deo ispitivanja se odnosio na šljunkovitu i zemljanu podlogu. Zbog konfiguracije terena na ovim podlogama početna brzina kočenja je bila približno 40 km/h. Šljunkovita podloga je posebno otežavala ispitivanje zbog svojih neravnina i krivudavosti. Na zemljanoj podlozi nije bilo problema sa neravninama, ali se osetio nedostatak manevarskog prostora usled bujnog rastinja i rastresitosti podloge.

Na obe podloge su uočene neke od sledećih pojava: pojačano odizanje oblaka prašine sa podloge, dublji i duži tragovi kočenja sa blokiranjem točkova. Ovo ukazuje na to da se koćeni točkovi ukopavaju u podlogu intenzivnije kad su blokirani. Subjektivni osećaj prilikom kočenja odaje utisak da je prijanjanje ovih podloga na nivou prijanjanja mokre betonske podloge, zbog količine

intervencija ABS uređaja tokom kočenja i intenziteta sile usporjenja.

Obrada podataka merenja

Nakon svakog merenja neophodno je pomoću softverskog paketa Dynostar izvršiti ekstrakciju podataka sa memorijskog modula akcelometra i pretvoriti te podatke u upotrebljivu formu. Prilikom ocene valjanosti merenih podataka korišćen je na licu mesta Dynostar softver za crtanje dijagrama sa podacima merenja. Za dalju analizu i obradu se koriste podaci u .xls formatu za korišćenje u Microsoft Office softveru. Programski paket Excel je služio za matematičku obradu ovih podataka i za crtanje potrebnih dijagrama. Dubljom analizom dobijenih podataka ustanovljena je netačnost GPS uređaja da beleži brze promene vrednosti brzine vozila. Zbog tog problema eliminisani su podaci koji su prikupljeni od ovog uređaja. Obeležani su trenuci početka i kraja svakog pojedinačnog kočenja i vršila se računanja svih neophodnih vrednosti za taj interval. Računanje krajnjih parametara ispitivanja se vršilo preko vrednosti usporjenja vozila izraženoj putem sile zemljine teže (G sila). Dalje se ova sila pretvara u vrednost metar kroz sekund na kvadrat i njenim daljim integraljenjem po vremenu se dobijala vrednost brzine vozila. Ponovnim integraljenjem brzine po vremenu se dobija rastojanje koje je vozilo prelazilo od početka kočenja pa sve do potpunog zaustavljanja. Takođe su računane i međuvrednosti kao što je promena brzine v_0 , pređeni put kočenja za svaki vremenski trenutak. Vremenski interval u kojem se dobijaju podaci iznosi jedan stoti deo sekunde. U svrhu finalne analize ispitivanja, za svako kočenje prikazuje se početna brzina vozila v_0 (km/h), put kočenja S_k (m) i srednja vrednost usporjenja $dm(m/s^2)$.

Vrednost sile srednjeg usporjenja dm je računata na osnovu formule koja se predlaže međunarodnim ECE 13 pravilnikom za merenje efikasnosti kočenja vozila.

Kao dodatna kolona u tablicama računanja dodaje se ukupno trajanje procesa kočenja.

Ukoliko ima više od šest kočenja tokom jednog merenja, birala su se merenja koja su najkarakterističnija za analizu. Svako od tih šest kočenja ima svoj dijagram promene brzine u vremenu i dijagram intenziteta usporjenja vozila u vremenu. Za svako pojedinačno kočenje pored tabele sa izračunatim vrednostima crtaju se po dva dijagrama – dijagram promene brzine kretanja vozila tokom kočenja i dijagram promene intenziteta sile usporjenja u vremenu. Nakon što je obrađeno svih 16 različitih tipova merenja pristupa se izradi objedinjenih dijagrama kočenja. Objedinjeni dijagrami sa sastoje od prikazivanja S_k i dm sa i bez korišćenja ABS uređaja za svaku podlogu pojedinačno. Na ovaj način mogu direktno da se porede karakteristike kočenja za svako vozilo u okviru jedne podloge. Time se dobija jednostavniji i očigledniji proces razmatranja dobijenih rezultata i ocene efikasnosti ABS sistema.

Tokom obrade podataka uočene su sledeće osobenosti procesa kočenja:

- početna brzina kočenja nema uniformnu vrednost zbog nemogućnosti održavanja brzine vozila konstantnom na kratkom rastojanju.

- zbog različitih brzina početka kočenja ne mogu se direktno porediti rezultati zaustavnog puta dva vozila

-opadanje vrednosti brzine vozila ima približno linearan oblik na dijagramu, sa određenim periodima stagnacije na početku i samom kraju procesa kočenja

-u skladu sa teorijom, dijagram usporenja ima približno trapezoidni oblik

-vrednosti dm obično imaju najveće vrednosti za brzine kretanja vozila ispod 10 km/h

-vrednosti veličine dm imaju približno konstantnu vrednost za merenja na pojedinačnoj podlozi

-vrednosti Sk imaju određena odstupanja u skladu sa stohastičkom prirodom procesa kočenja

-za isti tip podloge oba vozila su beležila gotovo identične prosečne vrednosti srednje sile usporenja, uprkos različitim prosečnim zaustavnim putevima i početnim brzinama kočenja (prikazane su vrednosti u tabeli 1)

-za zemljanu podlogu bez korišćenja ABS uređaja i identične prosečne početne brzine v_0 , oba vozila imaju identičan prosečni zaustavni put Sk

-postoji izvesna grafička zakonitost između vrednosti Sk i dm (grafička simetrija vrednosti Sk i dm na dijagramima, primer na slici 1)

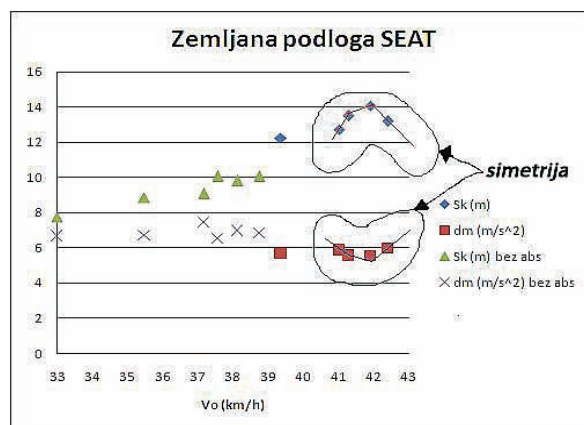
-za povećanje početne brzine kočenja od $v_0=1$ km/h, zaustavni put se povećava za vrednost $Sk=0,5-1,5$ m

-evidentan je uticaj elastokinematike vešanja u pojedinim slučajevima kočenja gde vrednost dm ima oscilovanja pre nego što se vozilo potpuno zaustavi.

Rezultati merenja

Tabela 1. Prosečne vrednosti rezultata merenja: V_0 [km/h], Sk [m], dm [m/s²]

ABS			BEZ ABS		
Suv beton BMW			Suv Beton BMW		
V_0	Sk	dm	V_0	Sk	dm
46.7	13.3	8.8	45.3	12.2	7.9
Mokar beton BMW			Mokar beton BMW		
V_0	Sk	dm	V_0	Sk	dm
48.4	14.7	7.3	48.7	17.2	6.1
Šljunak BMW			Šljunak BMW		
V_0	Sk	dm	V_0	Sk	dm
36.6	11.8	5.3	38.3	11.8	5.5
Zemlja BMW			Zemlja BMW		
V_0	Sk	dm	V_0	Sk	dm
39.7	12.8	5.6	36.8	9.3	6.8
ABS			BEZ ABS		
Suv beton Seat			Suv Beton Seat		
V_0	Sk	dm	V_0	Sk	dm
50.5	15	8.7	49.6	14.4	7.8
Mokar beton Seat			Mokar beton Seat		
V_0	Sk	dm	V_0	Sk	dm
51.7	17.2	7.3	49.5	17.4	6.2
Šljunak Seat			Šljunak Seat		
V_0	Sk	dm	V_0	Sk	dm
32.7	9.5	5.1	32.6	8.8	5.4
Zemlja Seat			Zemlja Seat		
V_0	Sk	dm	V_0	Sk	dm
41.7	13.5	5.7	36.7	9.3	6.9



Slika 1. Primer objedinjenog dijagrama kočenja i prikaz simetrije Sk i dm

ZAKLJUČAK

Na podlogama koje su zastupljene tokom celog radnog veka putničkih i teretnih vozila (asfaltne podloge) ABS pokazuje kraće zaustavne puteve i veći intenzitet sile usporenja. Na izrazito adhezivnim podlogama ABS uređaj gubi preimućstvo u domenu kočnih performansi jer se pretpostavlja da točak prilikom kočenja sa potpunim klizanjem dublje zadire u podlogu i stvara veći otpor kretanju vozila. Još jedno preimućstvo ABS uređaja predstavlja njegova mogućnost da smanji oštećenja pneumatika prilikom intenzivnog kočenja jer ne dozvoljava prekomerno klizanje (trenje) koje izaziva pojačano trošenje gazećeg sloja. Ako na ove tvrdnje dodamo i mogućnost lakšeg upravljanja tj. održavanje vozila stabilnim čak pri intenzivnim zaustavljanjima (nije eksperimentalno utvrđeno u ovom radu), tada dobijamo jasnu i sveobuhvatnu sliku o visokoj korisnosti ABS uređaja.

LITERATURA

- 1] Agreement Concerning the Adoption of Uniform Technical Prescriptions for Wheeled Vehicles, Equipment and Parts Which can be Fitted and/or be Used on Wheeled Vehicles and the Conditions for Reciprocal Recognition of Approvals Granted on the Basis of These Prescriptions, <http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29regs/r013r6e.pdf>, Septembar 2010.
- [2] Bosch: Conventional And Electronic Braking Systems, The Bosch Yellow Jackets, Edition 2003.
- [3] Muzikravić V.: Skripta Iz predmeta Teorija Kretanja Vozila, FTN, Novi Sad, 2007.
- [4] Reimpell J., Stoll H., Betzler J.W.: The Automotive Chassis: Engineering Principles, Butterworth-Heinemann, Oxford, 2001.
- [6] Stojić B.: Skripta Iz Drumskih Vozila – Deo Teorija Kretanja, FTN, Novi Sad, Jun 2010

Kratka biografija:

Uroš Branković rođen je u Novom Sadu 1982. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva – Motori i Vozila odbranio je u oktobru 2010.god.

METODE ISPITIVANJA TVRDO NAVARENOG SLOJA

TESTING METHODS OF A HARDFACING LAYER

Laslo Ekres, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – U radu je prikazano ispitivanje tvrdo navarene, višefazne legure. Osim mikrostrukture, ispitana je tvrdoća i modul elastičnosti pojedinih faza sloja. Osobine kao što su tvrdoća i modul elastičnosti se ispituju nanoindenterom. Pomoću dobijenih rezultata, može se dokazati uticaj pojedinih legirajućih elemenata na mikrostrukturu i karakteristike tvrdo navarenog zaštitnog sloja.

Abstract – In this paper testing methods of a hardfacing alloy with more than one phase are presented. Beside the microstructure, hardness and elastic modulus for each phase were tested as well. The specimen's properties, such as hardness and elastic modulus, are tested with the nanoindenter. Results show the influence of some elements on the alloy's microstructure and other characteristics of the hardfaced protective layer.

Cljučne reči: Navareni sloj, Tvrdoća, Modul elastičnosti, Nanoindenter.

1. UVOD

Jedan od najvećih problema u industriji je habanje. Do habanja dolazi pri kontaktu površina dva elementa, njihovim međusobnim trenjem ili pri izloženosti mašinskog dela sa agresivnom sredinom. U svakoj industriji postoje gubici zbog habanja elemenata mašinskih delova, koji se ne mogu zanemariti. Procenjuje se da u industriji trenje i habanje izaziva štetu u celom svetu godišnje oko 65 milijardi evra. Taj iznos bi se mogao značajno smanjiti ako bi se poduzele pravilne zaštitne mere, kao što je navarivanje tvrdog sloja koji je otporan habanju i može sprečiti ili bar ublažiti nastanak razaranja i habanja materijala. Sve bržim razvojem industrije, tehnologija i materijala, došlo je do razvoja novih legura. Razvojem materijala, razvile su se i nove tehnologije i metode ispitivanja. U ovom radu biće prikazana metoda ispitivanja nanoindenterom, od samog nastanka legure, do kvantitativnih rezultata. Razvojem ovih i dodatnih ispitivanja u mogućnosti smo da dobijemo realnu sliku o otpornosti na habanje za svaki pojedini legirani materijal, kao i uticaj legirajućih elemenata legure na otpornost na habanje. Samim tim imamo mogućnost ne samo da izaberemo najpogodniji sastav korišćenog materijala i parametara navarivanja zaštitnog sloja ili dela reparaturnog zavarivanja, nego i mogućnost predviđanja habanja i životnog veka sloja, elemenata i mašina. Sa tim podacima je moguće dalje vršiti tehnoekonomske analize,

računati isplativost, vek trajanja delova, planirati zastoj postrojenja radi reparacije (do čega bi sve ređe dolazilo). Dobija se za rezultat kvalitetniji i duži vek rada.

2. HABANJE

Kad god se površine kreću jedna po drugoj, dolazi do pojave habanja - oštećenja na jednoj ili obe površine koje najčešće podrazumeva i progresivan gubitak materijala. U većini slučajeva, habanje je štetno; uzrokuje povećanje zazora između pomičnih komponenti, neželjenu slobodu kretanja, gubitak preciznosti, često vibracije, povećano mehaničko opterećenje i još brže habanje, te ponekad i zamor materijala.

U mnogim oblastima industrije koji skraćuju radni vek skupih mašinskih delova abrazija, adhezija i erozija su dominantni mehanizmi habanja. Abrazija nastaje kao posledica prodiranja vrhova tvrdog materijala u površinske slojeve mekšeg uz stvaranje brazdica pri uzajamnom kretanju tela. Adhezijsko habanje nastaje kao posledica delovanja međumolekularnih sila u tačkama dodira tela, a manifestuje se kroz „preraspodelu“ materijala s jedne na suprotnu površinu. Erozija nastaje usled delovanja delića fluida (sa ili bez krutih čestica nošenih fluidom) koji velikim brzinama udaraju o površinu tela.

Na žalost gotovo nikada nije prisutna samo jedna vrsta habanja već najčešće postoji kombinacija nekoliko njih.

3. NAVARIVANJE

U cilju uvećanja veka trajanja radnih površina izloženih intenzivnom habanju, u industrijskoj proizvodnji i kod remontnih radova se široko primenjuje tehnologija navarivanja. Navarivanje je tehnološki postupak nanošenja sloja metala, traženih osobina, na površinu elementa. Navarivanjem izvodimo više navara, postavljenih jedan uz drugi sa određenim međusobnim preklapanjem, kako bi se dobio kompaktna navareni sloj. Jedan od postupaka navarivanja s obzirom na cilj navarivanja pored reparaturnog i korozionog navarivanja je tvrdo navarivanje.

3.1. Postupci za tvrdo navarivanje

Postoji nekoliko postupaka za nanošenje zaštitnih slojeva i pri optimizaciji nekog određenog procesa mora se uzeti u obzir veliki broj parametara da bi se ispunio tačan zahtev nanošenja sloja. Proces se mogu grupisati u navarivanje gorionikom, lučno navarivanje i tehnike pomoću visokoenergetskog zraka. U postupak navarivanja gorionikom spada oksiacetilensko navarivanje, koje je najstariji i najjednostavniji postupak nanošenja sloja. Pomoću plamena gorionika se topi površina materijala, kao i dodatak materijalu, koji zajedno daju tvrdi zaštitni sloj. Tehnika navarivanja pomoću visokoenergetskog

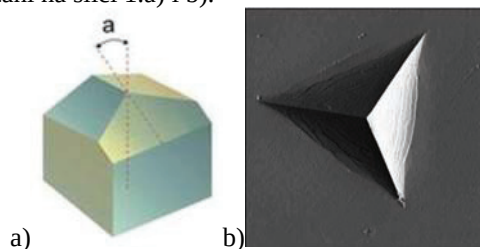
NAPOMENA:

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

zraka se izvodi pomoću laserskog zraka ili elektronskog snopa, tako što se pomoću njih istopi površina materijala i prethodno naneti prah za legiranje. Kod lučnog zavarivanja, toplota se dobija pomoću luka između elektrode i radnog dela. Lučno zavarivanje se zatim deli na zavarivanje sa topljivom i netopljivom elektrodom. U postupke sa netopljivom elektrodom spada zavarivanje volframovom elektrodom u zaštiti inertnog gasa i plazma zavarivanje. Oba postupka sadrže volframovu elektrodu i dodatni materijal u vidu žice ili elektrode kod zavarivanja volframovom elektrode i prah kod plazma zavarivanja. Suština ovog procesa sastoji se u tome što dolazi do bombardovanja površine osnovnog materijala teškim pozitivnim jonima, a zona zavarivanja je zaštićena od štetnog uticaja vazduha sa inertnim gasom, koji u obliku mlaza izlazi iz držača elektrode prema osnovnom materijalu. Kod zavarivanja topljivom elektrodom luk se održava između elektrode i osnovnog materijala i zona zavarivanja se nalazi u zaštiti inertnog ili aktivnog gasa.

4. NANOINDENTACIJA

Utiskivač poznatog oblika, a najčešće je to trostrana piramida definisane geometrije (tip Berkovich), utiskuje se u površinu materijala koji se ispituje pri čemu se istovremeno prati zavisnost sile i dubine utiskivanja. Na osnovu tih podataka jednostavno se izračunava modul elastičnosti ispitivanog materijala E_m , kao i njegova tvrdoća H . Izgled Berkovič utiskivača i otisak istog su prikazani na slici 1.a) i b).



Slika 1. a) Izgled Berkovič utiskivača i b) otiska

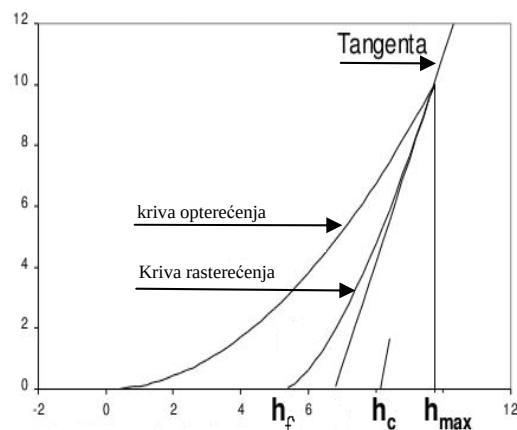
U najčešće korišćenoj opciji ove metode, podaci se dobijaju iz jednog punog ciklusa opterećenja tj. utiskivanja utiskivača u površinu materijala koji se ispituje i rasterećenja.

Najbolje rezultate pri određivanju mehaničkih svojstava realnih materijala daje opšteprihvaćena metoda Olivera i Pharra, pa je kao takva i korišćena u proračunima modula elastičnosti ispitivanog materijala u ovom radu.

Cilj merenja nano-tvrdoće je da se izmeri tvrdoća što manje zapremine materijala, npr. kod višefaznih nano-legura tvrdoću pojedine faze.

Za vreme punog ciklusa indentacije vrlo precizni senzori mere trenutnu silu opterećenja i pomak utiskivača i prave precizan zapis o istom.

Kao rezultat indentacije dobijamo tipičnu krivu prikazanu na dijagramu 1., koja daje zavisnost sile utiskivanja u funkciji od dubine za jedan ciklus opterećenje-rasterećenje (relaksacija). Kriva indentacije nam pokazuje trenutnu vrednost dubine otiska, tj. dubinu otiska pri određenoj sili pritiska. Svaka kriva pokazuje prosečnu vrednost za pojedine faze. Kriva se sastoji iz tri dela: 1. opterećenje, 2. utiskivač pri maksimalnom opterećenju, 3. rasterećenje.



Dijagram 1. Prikaz tipične krive

4.1. Merenje tvrdoće

Tvrdoća je otpor kojim se telo suprotstavlja prodiranju tvrđeg tela.

Postupak merenja nano-tvrdoće se zasniva na metodi prodiranja, ali se razlikuje od dosada poznatih metoda (Vickers, Brinel, Rokvel). Razvoj uređaja (senzora) za precizno merenje sile i dužine, razvoj softverskih alata koji mogu da prave zapis o merenju promene sile i dužine sa rezolucijom u nano-skali i razvoj analitičkih modela su doneli za rezultat mogućnost merenja nano-tvrdoće preko uređaja koji se naziva nanoindenter. Postupak nanoindentacije: unapred zadata sila deluje na utiskivač koji deluje na ispitivani materijal. Za vreme opterećenja, tj. rasta sile, koje deluje na utiskivač, meri se dubina penetracije. Površina otiska se računa preko dubine prodiranja i poznatim uglom i radiusom vrha utiskivača. Tvrdoća se dobija preko odnosa sile i površine kontakta utiskivača sa materijalom.

Vrednost tvrdoće se dobija preko formule:

$$H = P_{\max} / A \quad (1)$$

gde je:

$P_{\max}$ – maksimalna sila opterećenja,

A – kontaktna površina, površina otiska u funkciji od dubine kontakta.

Poznavajući geometriju utiskivača, lako se može izračunati kontaktna površina otiska preko formule:

$$A = 3 \cdot \sqrt{3} \cdot h_c^2 \cdot \tan^2 \theta = 24,5 \cdot h_c^2 \quad (2)$$

gde je:

h_c – dubina kontakta,

θ – ugao zaklapanja stranice i ose utiskivača (za Berkovičev utiskivač ovaj ugao iznosi 65,3°).

Dubina kontakta po metodi Olivera i Fara se dobija pomoću izraza:

$$h_c = h_{\max} - \frac{\varepsilon \cdot P_{\max}}{S} \quad (3)$$

gde je:

$P_{\max}$ – najveće opterećenje,

$h_{\max}$ – dubina otiska pri $P_{\max}$,

S – kontaktna krutost ($S=dP/dh$), meri se iz nagiba gornjeg dela krive relaksacije, tj. rasterećenja, pri $P_{\max}$,

ε – geometrijska konstanta (za Berkovičev utiskivač iznosi 0,72).

4.2. Određivanje modula elastičnosti

Modul elastičnosti je mera otpornosti materijala prema deformisanju. Ukoliko je njegov iznos veći, utoliko je za jednaki presek materijala potrebna veća sila da bi nastale deformacije.

Modul elastičnosti pri nanoindentaciji se računa preko BASH-jednačine (Buličev-Alekin-Šoršorov) za kontaktnu krutost S na početku krive rasterećenja (gornji deo krive):

$$S = \frac{dP}{dh} = \frac{2 \cdot \sqrt{A}}{\sqrt{\pi}} \cdot E_r \quad (4)$$

odakle se može izraziti redukovani modul elastičnosti E_r :

$$E_r = \frac{S \cdot \sqrt{\pi}}{2 \cdot \sqrt{A}} \quad (5)$$

gde je:

S – kontaktna krutost ($S=dP/dh$),

A – kontaktna površina.

Redukovani modul elastičnosti ima vrednost:

$$\frac{1}{E_r} = \frac{1 - \nu_m^2}{E_m} + \frac{1 - \nu_i^2}{E_i} \quad (6)$$

gde je:

E_m – modul elastičnosti ispitivanog materijala,

ν_m – Poasonov broj ispitivanog materijala,

E_i – modul elastičnosti utiskivača (za dijamantski utiskivač iznosi $1,14 \times 10^6 \text{ N/mm}^2$)

ν_i – Poasonov broj utiskivača (za dijamantski utiskivač iznosi 0,07).

Sređivanjem jednačine (6) se dobija traženi modul elastičnosti ispitivanog materijala:

$$E_m = \frac{1 - \nu_m^2}{\frac{1}{E_r} - \frac{1 - \nu_i^2}{E_i}} \quad (7)$$

5. ISPITIVANI MATERIJAL I PRIPREMA UZORKA

Ispitivana legura (Fe-Cr-C-Nb) je nadeutektičko gvožđe. Po hemijskom sastavu pored visokog sadržaja ugljenika (C), hroma (Cr) i niobijuma (Nb), sadrži nizak procenat silicijuma (Si) i mangana (Mn). Izdvajaju se grube tvrde faze, koje usađene u eutektičku osnovu daju vrlo tvrd metal. Ispitivana legura se dobija tvrdim navarivanjem. Prilikom tvrdog navarivanja nanosi se tvrdi sloj na relativno mekšem osnovnom materijalu. Korišćena je punjena elektrodna žica, prečnika 1,6mm, naneta na osnovni materijal postupkom navarivanja u zaštitnom gasu (MAG), uz upotrebu gasa M12 (Ar + max. 5% CO₂ po EN439) na aparatu Castolin Totalarc² 3000, za zavarivanje sa mikroprocesorskim navođenjem. U tabeli 1. dati su parametri navarivanja.

Tabela 1. Parametri navarivanja

Jačina struje [A]	175
Napon struje [V]	22.9
Pomak [m/min]	4.4

Legura je naneta na nelegiranu metalnu ploču debljine 6mm u dva sloja. Debljina legure je oko 6mm, a ukupna debljina metalnog uzorka iznosi oko 12mm. Metalna

ploča se zatim vodenim mlazom seče na manje. Dobijene metalne ploče manjih dimenzija se dalje režu mašinom za precizno sečenje sa CBN (kubični bor nitrid) točilom brzine 2700o/min i pomakom od svega 0,005-0,03mm/s. Da bi se izbegao dodatni uticaj toplote prilikom rezanja, tocilo i uzorak se hlade vodenim mlazom da bi bila spremna za dalju metalografsku pripremu.

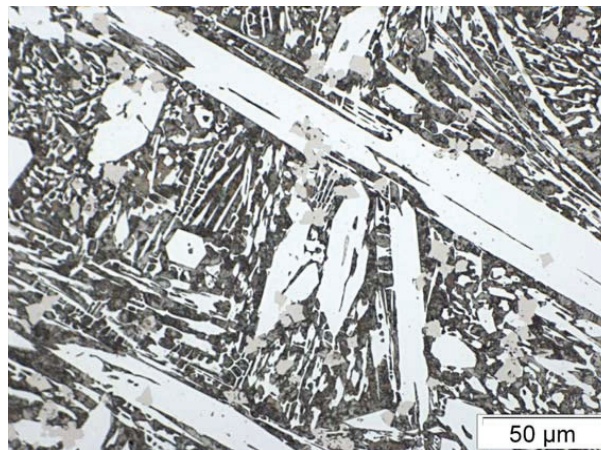
Dobijeni metalni uzorci dimenzija 10-20mm x 16mm se zatim montiraju u plastičnu masu, tj. metalni uzorak se uliva u plastiku radi lakšeg rukovanja sa njima uz pomoć mašine za pravljenje plastične mase. Posle 30s predgrevanja, 6min se drži masa na temperaturi od 180°C sa silom pritiska od 30kN, da bi se od praha dobila homogena plastična masa. Nakon 3min hlađenja, uzorak se može izvaditi iz mašine za montiranje u plastiku i spreman je za dalju obradu.

Sljedeći postupak dobijanja uzorka za ispitivanje jeste priprema površine tj. brušenje i poliranje. Brušenje i poliranje uzoraka se vrši na mašini za brušenje i poliranje. Uzorci koji su montirani u plastiku se premeštaju na dalju obradu brušenja i poliranja sa brusnim papirima MD-Piano, MD-Allegro i MD/DP DUR. Nakon poliranja sa papirom za poliranje od 1µm materijal se nagriza 3%-nim alkoholnim rastvorom HNO₃ i uzorak je spreman za ispitivanje.

6. REZULTATI ISPITIVANJA

6.1. Određivanje mikrostrukture

Sa digitalne slike uzorka dobijene pomoću mikroskopa Leica MeF4 utvrđuje se da ispitivana legura ima ledeburitnu osnovu sa primarnim, grubim Fe/Cr-karbidima u obliku M_7C_3 , a izdvojeni su i niobijum karbidi koji su sivkaste boje. Mikrostruktura ispitivane legure je prikazana na slici 2.



Slika 2. Mikrostruktura ispitivane legure

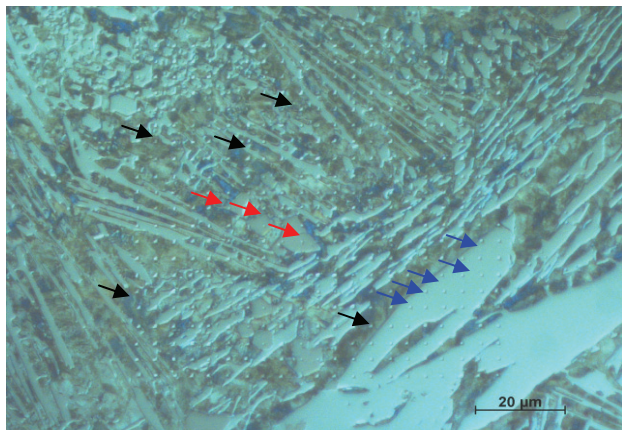
6.2. Određivanje tvrdoće po Vickersu

Tvrdoća se određivala pomoću uređaja Scratch-Tester sa Vickers utiskivačem. Vreme trajanja utiskivanja iznosi 15s. Sila utiskivanja je 50N.

Tvrdoća merena na različitim mestima po površini uzorka iznosi od 719-785HV5. Prosečna vrednost od 10 otisaka je **754HV5**. Dužina dijagonale prosečnog otiska iznosi 110µm.

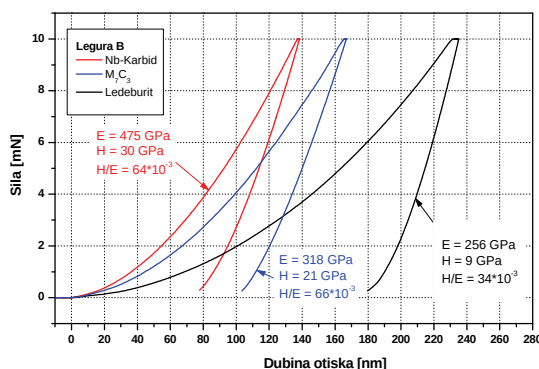
6.3. Nanoindentacija

Sa slike matrice otisaka ispitivane legure (slika 3.) se može videti da legura ima tri faze, a samim tim i tri grupe otisaka. Ima ledeburitnu osnovu (obeleženi otisci sa strelicama crne boje) i u toj osnovi se javljaju faze M_7C_3 (obeleženi otisci sa strelicama plave boje) i Nb-karbidi (obeleženi otisci sa strelicama crvene boje).



Slika 3. Matrica otisaka ispitivane legure

Grupisanjem podataka za pojedine otiske pojedinih faza dobijamo karakteristiku pojedinih faza, koja je predstavljena tipičnom krivom tj. krivom indentacije. Kriva indentacije ispitivane legure je prikazana na dijagramu 2.



Dijagram 2. Kriva indentacije ispitivane legure

Grupisanjem podataka za pojedine otiske pojedinih faza legure za fazu "ledeburit" dobijamo prosečnu vrednost za tvrdoću:

$H=8,78\text{GPa}$ (sa stand. odstupanjem od $\sigma=0,74\text{GPa}$), a vrednost za indentacioni modul elastičnosti materijala, tj. faze iznosi:

$E_m=256,34\text{GPa}$ ($\sigma=3,88\text{GPa}$).

Za fazu M_7C_3 dobijamo prosečnu vrednost za tvrdoću:

$H=20,88\text{GPa}$ (sa standardnim odstupanjem $\sigma=0,68\text{GPa}$), a vrednost za indentacioni modul elastičnosti materijala, tj. faze iznosi:

$E_m=317,97\text{GPa}$ (sa stand. odstupanjem $\sigma=2,96\text{GPa}$).

Za fazu **Nb-karbida** dobijamo prosečnu vrednost za tvrdoću:

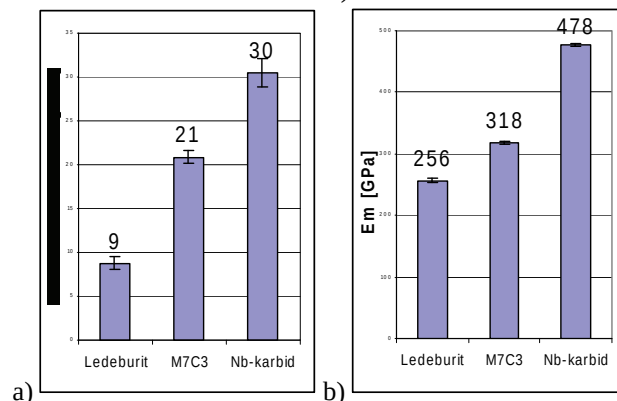
$H=30,43\text{GPa}$ (sa standardnim odstupanjem $\sigma=1,59\text{GPa}$),

a vrednost za indentacioni modul elastičnosti materijala, tj. faze iznosi:

$E_m=477,78\text{GPa}$ (sa stand. odstupanjem $\sigma=2,48\text{GPa}$).

Prisutni karbidi hroma, tipa M_7C_3 i niobijum karbidi imaju dva, odnosno tri puta veću vrednost tvrdoće od ledeburitne osnove, što znači da oni povećavaju tvrdoću navarenom sloju. U leguri B karbid M_7C_3 ima 24% veći modul elastičnosti (318GPa) od ledeburitne osnove. Ekstremno veliku vrednost modula elastičnosti ima Nb-karbid u leguri B koja iznosi 478GPa, što je skoro dva puta veća vrednost od osnove.

Pregled rezultata tvrdoće je dat na slici 4.a), a vrednosti modula elastičnosti na slici 4.b).



Slika 4. Vrednosti za a) tvrdoću; b) modul elastičnosti

7. ZAKLJUČAK

U ledeburitnoj osnovi ispitivanog sloja izdvojeni grubi M_7C_3 karbidi sa velikom tvrdoćom i krupni niobijum karbidi sa izuzetno velikom tvrdoćom daju veliku ukupnu tvrdoću i na taj način poboljšavaju karakteristike materijala izloženog na habanje. Uticaj tvrdih karbida na celokupnu tvrdoću, kao i na otpornost na habanje, zavisi ne samo od tvrdoće, nego i od količine, odnosno udela karbida u materijalu, kao i od krupnoće i raspodele. Ova legura je pogodna za navarivanje delova koji su izloženi abraziji i eroziji.

8. LITERATURA

- [1] Franek, F., Badisch, E., Kirchgaßner, M.: *Advanced Methods for Characterisation of Abrasion/Erosion Resistance of Wear Protection Materials*, 2009
- [2] M. Kirchgaßner, E. Badisch, F. Franek: *Behaviour of iron-based hardfacing alloys under abrasion and impact*, Wear 265 (2008) 772–779, 2008.
- [3] Dr Nicholas Randall: *Overview of Mechanical Testing Standards*, CSM instruments, Switzerland, 2002.
- [4] Ullner, Ch.: *Die Reihe DIN EN ISO 14577 – Erste weltweit akzeptierte Normen für die instrumentierte Eindringprüfung*, DGM, Berlin, 2004

Kratka biografija:



Laslo Ekres je rođen u Novom Sadu 1985. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstvo - Energetika i procesna tehnika - Gasna i naftna tehnika odbranio je 2010.god.

PRIMENA VEŠTAČKIH NEURONSKIH MREŽA U ELEKTROMIOGRAFIJI**APPLICATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS IN ELECTROMYOGRAPHY**

Jovan Radulović, Vojin Ilić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu biće objašnjeno izvršavanje procene parametara mišićnog zamora na osnovu parametara EMG signala upotrebom veštačkih neuronskih mreža u programskom okruženju MATLAB.

Abstract – This paper explains the estimation of parameters of muscle fatigue based on parameters of EMG signals using artificial neural networks in programming environment MATLAB.

Ključne reči: EMG signal, Veštačka neuronska mreža, Mišićni zamor.

1. UVOD

Ljudski motorni sistem mora da se bori sa velikom raznolikošću zahteva i ograničenja. To uključuje regulaciju izlazne sile za precizne i jače pokrete, uspravno držanje, sposobnost kretanja iz jednog mesta u drugo, pa čak i naš repertoar gestikulacija. Sistem koji igra najbitniju ulogu u kontroli pokreta kod ljudi je skeleto-motorni sistem [1]. Voljne kontrakcije nastaju kao rezultat svesnog truda koji počinje slanjem signala u vidu akcionog potencijala iz mozga, kroz nervni sistem do motornog neurona koji pobuđuje mišićna vlakna. Metoda kojom se akcioni potencijal na skeletnim mišićima meri je elektromiografija, a uređaj kojim se izvršava merenje je elektromiograf.

2. EMG SIGNALI I NEURONSKE MREŽE**2.1. Parametri EMG signala**

Površinska elektromiografija je tehnika procenjivanja fizioloških osobina mišića u mirnom stanju i u stanju vežbe. Elektromiogrami beleže neuromuskularni akcioni potencijal kao mioelektrične signale. Postoje dva bitna tipa varijabli koja reprezentuju EMG signale: frekvencija i amplituda. Fiziološki procesi vezani za pobuđivanje motornih jedinica direktno utiču na frekvenciju generisanog mioelektričnog signala. Tako, frekvencija zabeleženog signala može biti povezana sa brojem aktivnih jedinica i njihovom konstantnom učestalosti okidanja kao što je navedeno u [2]. Popularno merilo frekvencije EMG signala je frekvencija medijane (MDF), koja deli spektralnu snagu na dva jednaka dela niske i visoke frekvencije. MDF je preporučena varijabla za proučavanje mišićnog zamora i povreda. Sa druge strane, EMG amplituda, koja se obično predstavlja kao RMS (root mean square) signala, može takođe dati dosta informacija o broju i lokaciji aktivnih motornih jedinica,

regrutovanju motornih jedinica i obliku akcionog potencijala. O povezanosti mišićnog zamora i parametara EMG signala (MDF i RMS) se detaljnije govori u radovima [1], [3], [4], [5] i [6].

2.2. Parametri mišićnog zamora

Mišićni zamor je u ovom radu predstavljen preko tri veličine:

- Conduction Velocity (CV) – brzina provođenja akcionog potencijala kroz mišićno vlakno. Zavisi od prečnika mišićnog vlakna i prosečna vrednost joj je 4m/s.
- Firing Rate (FR) – učestalost okidanja motorne jedinice. U radu [7] je pokazano da se učestalost okidanja povećava sa povećanjem sile voljne kontrakcije mišića.
- Synchronization – sinhronizacija motornih jedinica. Odnosi se na ocenu vremenski usklađenog aktiviranja motornih jedinica istog mišića. Uticaji sinhronizacije su opisani u [8].

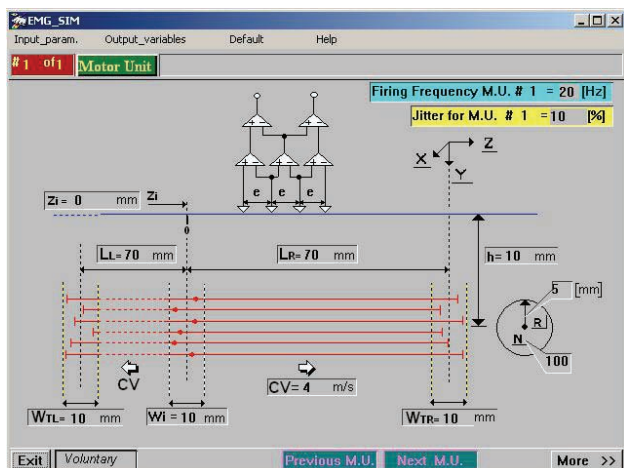
2.3. Prikupljanje podataka i kreiranje neuronske mreže

Da bi neuronska mreža radila predviđen zadatak potrebno ju je obučiti (trenirati). Neuronsku mrežu obučavamo skupom podataka koji se zove obučavajući skup. Obučavajući skup se sastoji od ulaznih vrednosti (u ovom slučaju MDF i RMS) i željenih vrednosti (u ovom slučaju CV, FR ili Sinhronizacija). Bitna alatka za prikupljanje podataka za obuku veštačke neuronske mreže je program EMG Simulator. To je programski paket izrađen u cilju simulacije i interpretacije mioelektričnih signala detektovanih površinskim elektrodama i rukovanje ovim paketom je objašnjeno u [9]. Njime se generiše matematički model površinskog EMG signala i računaju neke njegove varijable. Slika 1 pokazuje izgled programa i mogućnosti promene parametara voljne kontrakcije. Za dobijanje podataka koji čine obučavajući skup, bilo je potrebno izvršiti simulaciju EMG signala u modu "Variable versus a parameter", gde korisnik dobija izbor vrste parametra koju menja (u ovom slučaju parametri voljne kontrakcije), a potom i mogućnost unošenja početne vrednosti parametra, krajnje vrednosti parametra i korak po kome se vrednost parametra menja od početka do kraja simulacije. U ovom radu su izvršene simulacije za promenu vrednosti CV, Firing Frequency (što predstavlja učestalost okidanja) i Jitter (što predstavlja parametar sinhronizacije) i za svaki tip simulacije dobijene su MDF i RMS vrednosti. Sve vrednosti su sačuvane u odgovarajuće DAT fajlove, a potom prebačene u programski paket MATLAB. Sledeće

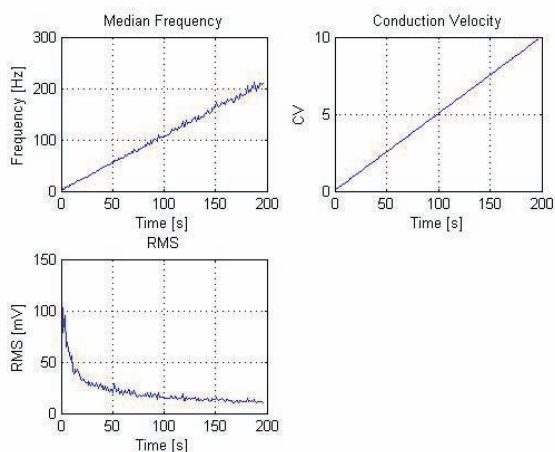
NAPOMENA:

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

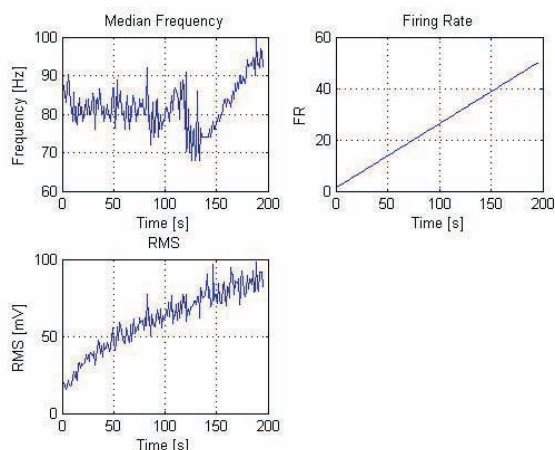
tri slike (slika 2, 3 i 4) prikazuju delove obučavajućeg skupa za određenu mrežu.



Slika 1. Izgled EMG simulatora



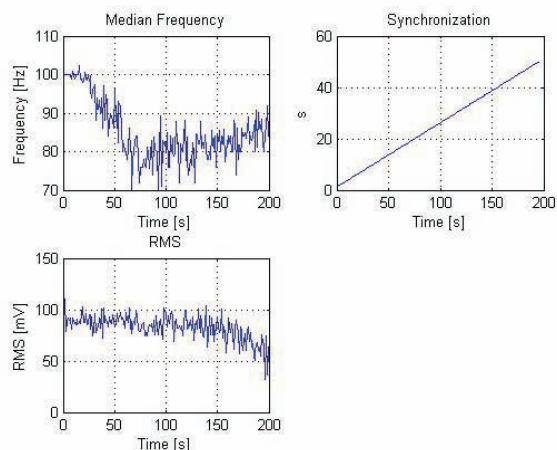
Slika 2. Deo obučavajućeg skupa za CV



Slika 3. Deo obučavajućeg skupa za FR

Korišćenjem MATLAB-a i Neural Network Toolbox 6 (koji je implementiran u MATLAB-u i detaljnije objašnjen u [10]) na osnovu obučavajućih skupova kreirane su i obučene tri veštačke neuronske mreže:

- net_mucv - čiji obučavajući skup čine ulazni vektori MDF i RMS za odgovarajuće vrednosti izlaznog vektora CV (conduction velocity),

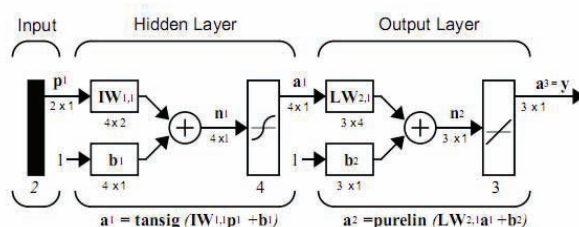


Slika 4. Deo obučavajućeg skupa za Synchronization

- net_mufr - čiji obučavajući skup čine ulazni vektori MDF i RMS za odgovarajuće vrednosti izlaznog vektora FR (firing rate),
- net_musync - čiji obučavajući skup čine ulazni vektori MDF i RMS za odgovarajuće vrednosti izlaznog vektora S (Synchronization).

Nakon detaljnog ispitivanja tipova neuronskih mreža, algoritama obučavanja i njihovih testiranja, doveden je zaključak da se najbolje rešenje dobija primenom backpropagation algoritma.

Backpropagation je algoritam višeslojnih feed-forward neuronskih mreža sa prostiranjem greške unazad. Ovaj algoritam je generalno najviše korišćen algoritam učenja (što se dokazalo u prethodnim istraživanjima, kao na primer u [11]) i jednostavan je za implementaciju. Slika 5 prikazuje izgled veštačke neuronske mreže sa backpropagation algoritmom i jednim skrivenim slojem.



Slika 5. Veštačka neronska mreža sa jednim skrivenim slojem

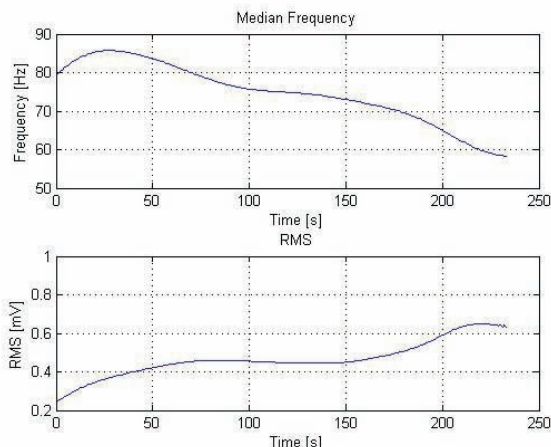
Sve tri neuronske mreže u ovom radu su obučavane backpropagation algoritmom, međutim, razlika je u prenosnim (aktivacionim) funkcijama neurona i tipu backpropagation algoritma.

Veštačke neuronske mreže net_mucv i net_mufr su trenirane Levenberg-Marquart backpropagation algoritmom i prva ima sigmoidnu funkciju u skrivenom i linearnu funkciju u izlaznom sloju (kao na slici 2), dok druga ima linearnu funkciju u skrivenom, a sigmoidnu u izlaznom sloju.

Mreža net_musync je trenirana resilient backpropagation algoritmom i ima linearnu funkciju u skrivenom i radial basis funkciju u izlaznom sloju.

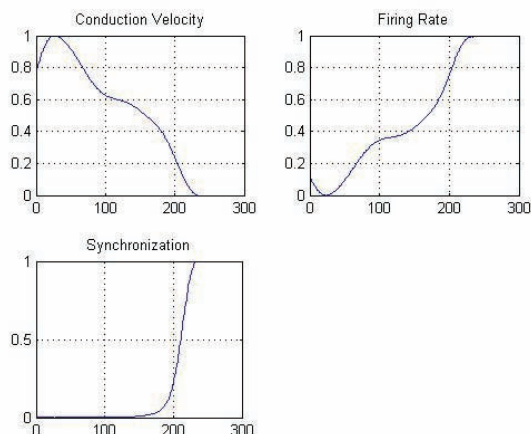
2.4. Procena parametara mišićnog zamora

Parametri mišićnog zamora su procenjeni simuliranjem veštačke neuronske mreže test skupom koji je prikazan na slici 6.



Slika 6. MDF i RMS realnog signala

Test skup se sastoji od MDF i RMS vektora koji su uzeti iz nekog realnog EMG signala u toku izometrijskih kontrakcija. Na osnovu njih istrenirane veštačke neuronske mreže daju procenjene parametre prikazane na slici 7.



Slika 7. MDF i RMS realnog signala

3. ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih rezultata, došlo se do zaključka da je backpropagation algortam najbolji za obučavanje ovakvog tipa veštačkih neuronskih mreža. Ustanovljeno je ponašanje brzine provođenja akcionoog potencijala CV, učestalosti okidanja FR i sinhronizacije motorne jedinice realnog EMG signala. Istraživanje je namenjeno primeni u sportskoj medicini i na zdravim osobama.

4. LITERATURA

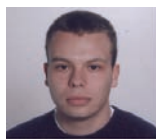
[1] Roberto Merletti, Philip Parker, "Electromyography: Physiology, Engineering, and Non-Invasive Applications" (IEEE Press Series on Biomedical Engineering), USA 2004.

- [2] Sirous Ahmadi, Peter J. Sinclair, Nasim Foroughi, Glen M. Davis, "Electromyographic activity of the biceps brachii after exercise-induced muscle damage", *Journal of Sports, Science and Medicine* (2007).
- [3] Mohammed Ferdjallah, Jacqueline J. Wettsch, Reza Shaker "Spectral analysis off surface EMG of upper esophageal sphincter-opening muscles during head lift exercise" *JRRD Vol. 37 No3*, May/June 2000.
- [4] Francesco Felici, Lorenzo Colace, Paola Sbriccoli, "Surface EMG modifications after eccentric exercise", *Journal of electromyography and kinesiology Volume 7, Issue 3*, September 1997.
- [5] Merletti R., Knaflitz, M.A, De Luca C, "Myoelectric manifestation of fatigue in voluntary and electrically elicited contractions", *Journal of Applied Physiology* 69, 1810-1820.
- [6] Tim Hideaki Tanaka, Gerrz Leisman, Hidetoshi Mori, Kayushi Nishijo, "The effect of massage on localized lumbar muscle fatigue", *BMC Complementary and Alternative Medicine*, October 2002.
- [7] H.S.Milner-Brown, R.B.Stein, R.Yemm " Changing in firing rate of human motor units during linearly changing voluntary contractions" *J Physiol*, 1973. April.
- [8] Carlo J. De Luca, Andrew M. Roy, Zeynep Erim, "Synchronization of Motor-Unit Firings in Several Human Muscles", *Journal of Neurophysiology*, vol.70, No.5, November 1993. USA.
- [9] Roberto Merletti, "EMG-SIM, A tool for EMG research, understanding and teaching", January 1999. Italia.
- [10] <http://www.mathworks.com/products/neuralnet/>
- [11] Mutasem khali Sari Alsmadi, Khairuddin Bin Omar, Shahrul Azman Noah, "Back Propagation Algorithm: The Best Algorithm Among the Multi-layer Perceptron Algorithm", *IJCSNS, Vol.9 No.4*, April 2009.

Kratka biografija:



Jovan Radulović rođen je u Čačku 1983. god. Položio je sve ispite predviđene planom i programom.



Vojin Ilić rođen je u Kragujevcu 1980. Godine. Od 2004 godine radi na Fakultetu tehničkih nauka, na katedri za automatiku i upravljanje sistemima.

PROŠIRENJE INTERPRETERA XPROLOG FAZI ARITMETIKOM XPROLOG INTERPRETER EXTENSION BY FUZZY ARITHMETICS

Nikola Kolarović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je opisana implementacija fazi aritmetika L-R fazi brojeva i dekomponovanih fazi brojeva, kao i integracija aritmetika u XProlog interpreter koji podržava fazi unifikaciju.

Abstract – The paper presents implementation of fuzzy arithmetics for L-R fuzzy numbers and decomposed fuzzy numbers and their integration into XProlog interpreter which supports fuzzy unification.

Ključne reči: L-R fazi broj, dekomponovani fazi broj, fazi aritmetika, fazi prolog.

1. UVOD

Fazi skupovi predstavljaju matematički alat za rad u situacijama koje podrazumevaju nesigurnosti proistekle iz stohastičke prirode problema, nemogućnosti egzaktne definicije pojave, greške u merenju ili iz potrebe za pojednostavljenjem problema. Uvođenje fazi brojeva i definisanje aritmetike nad njima omogućuje rešavanja kompleksnih problema gde se nesigurnost konzistentno propagira do konačnog rešenja.

Uvođenjem fazi koncepta u programski jezik Prolog, podržavanjem fazi unifikacije [6] i fazi aritmetike nastaje fazi-Prolog, logički programski jezik opšte namene sposoban da podrži koncept parcijalne istinitosti.

2. FAZI SKUP I FAZI ARITMETIKA

Početkom 20. veka pojavile su se ideje kojima se predlaže da se iz Aristotelove teorije skupova isključe zakon nekontradikcije i zakon isključenja trećeg što je dovelo do logike sa tri vrednosti koja, pored tačno i netačno, sadrži i vrednost “moguće”. Lotfi Asker Zadeh je na osnovu ovih ideja 1965. godine predložio da se pripadnost skupu sa vrednosti tačno i netačno proširi na domen [0,1] i takve skupove nazvao fazi skupovima [1].

2.1. Fazi skup

Fazi skup je određen funkcijom pripadnosti $\mu_{\tilde{A}}$ koja svakom elementu univerzalnog skupa X dodeljuje vrednost iz skupa [0,1]:

$$\mu_{\tilde{A}}: X \rightarrow [0,1] \quad (1)$$

Među mnogobrojnim karakteristikama ovako definisanog fazi skupa za ovaj rad posebno je značajan α -presek, u oznaci ${}^{\alpha}\tilde{A}$ ili $\text{cut}_{\alpha}(\tilde{A})$, koji predstavlja operaciju čiji je rezultat klasičan skup svih elemenata $x \in X$ čiji je stepen pripadnosti veći ili jednak α , gde je $\alpha \in [0,1]$:

$$\text{cut}_{\alpha}(\tilde{A}) = {}^{\alpha}\tilde{A} = \{x \in X \mid \mu_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha\} \quad (2)$$

Veoma bitna karakteristika α -preseka je da se pomoću njih može predstaviti svaki fazi skup kao

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \sup_{\alpha \in [0,1]} \mu_{\text{cut}_{\alpha}(\tilde{A})}(x) \quad (3)$$

gde je $\mu_{\text{cut}_{\alpha}(\tilde{A})}(x)$ karakteristična funkcija klasičnih skupova ${}^{\alpha}\tilde{A}$. Ovu jednačinu nazivamo teorema dekompozicije i ona predstavlja bitnu sponu između fazi skupova i klasičnih skupova.

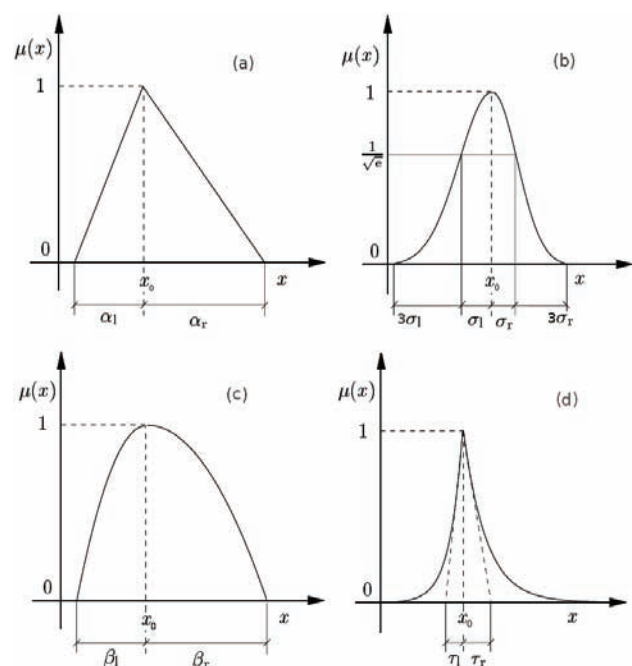
2.2. Fazi broj

Fazi broj $\tilde{A}$ je fazi skup koji je:

1. normalan - $\sup(\mu_{\tilde{A}}(x))=1, x \in X$
2. konveksan - svaki α -presek funkcije pripadnosti je konveksan skup
3. postoji tačno jedna vrednost za koji je $\mu_{\tilde{A}}(x_0)=1$
4. funkcija pripadnosti je barem deo-po-deo kontinualna nad $\mathbb{R}$.

Vrednost $x_0 = \text{core}(\tilde{A})$, koja označava najveću vrednost funkcije pripadnosti, nazivamo modus ili modalna vrednost fazi broja $\tilde{A}$.

Prema obliku funkcije pripadnosti na razlikujemo (a) linearne, (b) Gausovske, (c) kvadratne i (d) eksponencijalne fazi brojeve, prikazane na slici 1.



Slika 1. Klasični tipovi fazi brojeva

NAPOMENA:

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

2.3. L-R fazi brojevi

L-R fazi brojevi predstavljaju implementaciju principa ekstenzije [2] koji su uveli Dubois i Prade [4]. Osnovna ideja L-R predstave fazi brojeva je podela funkcije pripadnosti na levu i desnu stranu u odnosu na modalnu vrednost. Funkciju pripadnosti tako možemo zapisati kao:

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} \mu_{\tilde{A}}^L(x) = L((x_0 - x)/\alpha) & \text{za } x \leq x_0, \quad \alpha > 0 \\ \mu_{\tilde{A}}^R(x) = R((x - x_0)/\beta) & \text{za } x \geq x_0, \quad \beta > 0 \end{cases} \quad (4)$$

x_0 je u prethodnoj formuli modalna vrednost, α i β su intervali poverenja (širine), a L i R predstavljaju funkcije oblika leve i desne krive.

Za dva L-R fazi broja $\tilde{A}_x = \langle x_0, \alpha_x, \beta_x \rangle$ i $\tilde{A}_y = \langle y_0, \alpha_y, \beta_y \rangle$ aritmetičke operacije su definisane na sledeći način.

Sabiranje:

$$\langle x_0, \alpha_x, \beta_x \rangle_{L,R} + \langle y_0, \alpha_y, \beta_y \rangle_{L,R} = \langle x_0 + y_0, \alpha_x + \alpha_y, \beta_x + \beta_y \rangle_{L,R} \quad (5)$$

Oduzimanje:

$$\langle x_0, \alpha_x, \beta_x \rangle_{L,R} - \langle y_0, \alpha_y, \beta_y \rangle_{L,R} = \langle x_0 - y_0, \alpha_x + \beta_y, \beta_x + \alpha_y \rangle_{L,R} \quad (6)$$

Množenje:

$$\tilde{A}_x \cdot \tilde{A}_y = \langle x_0 y_0, x_0 \alpha_y + y_0 \alpha_x - \alpha_x \alpha_y, x_0 \beta_y + y_0 \beta_x + \beta_x \beta_y \rangle_{L,R}$$

$$\tilde{A}_x \cdot \tilde{A}_y = \langle x_0 y_0, -x_0 \beta_y - y_0 \beta_x - \beta_x \beta_y, -x_0 \alpha_y - y_0 \alpha_x + \alpha_x \alpha_y \rangle_{R,L}$$

$$\tilde{A}_x \cdot \tilde{A}_y = \langle x_0 / y_0, y_0 \alpha_x - x_0 \beta_y + \alpha_x \beta_y, y_0 \beta_x - x_0 \alpha_y - \beta_x \alpha_y \rangle_{R,L} \quad (7)$$

Deljenje:

$$\tilde{A}_x \div \tilde{A}_y = \langle x_0 / y_0, (x_0 \beta_y + y_0 \alpha_x) / y_0^2, (y_0 \beta_x + x_0 \alpha_y) / y_0^2 \rangle_{L,R}$$

$$\tilde{A}_x \div \tilde{A}_y = \langle x_0 / y_0, (x_0 \alpha_y - y_0 \beta_x) / y_0^2, (x_0 \beta_y - y_0 \alpha_x) / y_0^2 \rangle_{L,L}$$

$$\tilde{A}_x \div \tilde{A}_y = \langle x_0 / y_0, (y_0 \alpha_x - x_0 \beta_y) / y_0^2, (y_0 \beta_x - x_0 \alpha_y) / y_0^2 \rangle_{L,L}$$

$$\tilde{A}_x \div \tilde{A}_y = \langle x_0 / y_0, (x_0 \beta_y - y_0 \beta_x) / y_0^2, (x_0 \alpha_y - y_0 \alpha_x) / y_0^2 \rangle_{L,L} \quad (8)$$

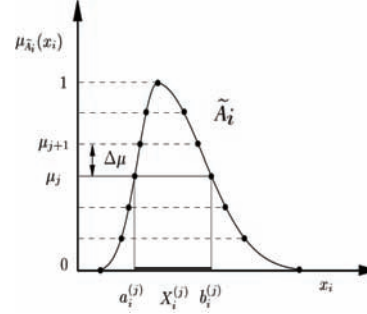
Operacije množenja i deljenja dva L-R fazi broja nisu zatvorene i stoga se vrši aproksimacija. Kod množenja je korišćena aproksimacija sečiće, a kod deljenja tangentna aproksimacija [3].

Prilikom upotrebe L-R fazi brojeva potrebno je obratiti pažnju na funkcijsku kompatibilnost [3], kao i na činjenicu da operacija množenja ili deljenja fazi brojem nije definisana ukoliko važi $\mu_{\tilde{A}}(0) > 0$.

2.3. Dekomponovani fazi brojevi

Za razliku od L-R fazi brojeva, koji koriste analitički pristup, kod dekomponovanih fazi brojeva Zadehov princip ekstenzije se primenjuje na konačan skup tačaka funkcije pripadnosti. Funkcija pripadnosti se ekvidistantno diskretizuje po y-osi sa m tačaka za koje se računaju α -preseki $\mu_j = j/m, j=0,1,\dots,m$ kao što je prikazano

na slici 2. Na osnovu teoreme dekompozicije svaki fazi broj je predstavljen sa $m+1$ α -preseka (intervala), a aritmetičke operacije između fazi brojeva svode se na intervalnu aritmetiku [5].



Slika 2. Dekomponovanje fazi broja (ilustracija)

Prema pravilima intervalne aritmetike svaka binarna aritmetička operacija $\odot$ nad dekomponovanim fazi brojevima definiše se na sledeći način, pod uslovom da je $\odot$ kontinualna funkcija definisana nad kompaktnim skupom:

$$[a_1^{(j)}, b_1^{(j)}] \odot [a_2^{(j)}, b_2^{(j)}] = [\min(G^{(j)}), \max(G^{(j)})],$$

$$G^{(j)} = \{ a_1^{(j)} \odot a_2^{(j)}, a_1^{(j)} \odot b_2^{(j)}, b_1^{(j)} \odot a_2^{(j)}, b_1^{(j)} \odot b_2^{(j)} \} \quad (9)$$

2.4. Napomene u vezi sa primenom fazi brojeva i fazi aritmetike

Fazi aritmetika definisana na opisani način je bliska aritmetici realnih brojeva. Ipak, pri njenom korišćenju u računskim operacijama može doći do izuzetaka koje ne možemo susresti u aritmetici realnih brojeva.

Implementacija L-R fazi brojeva odlikuje se bržom manipulacijom i lakšim sračunavanjem rezultata. Množenje, deljenje i nelinearne aritmetičke operacije deformišu funkciju pripadnosti i ona ne zadržava svoj prvobitni oblik. Uzastopnom primenom operacija koje aproksimiraju rezultat greška se povećava. Ukoliko u primeni L-R fazi aritmetike treba manipulirati fazi brojevima koji imaju različite oblike funkcija pripadnosti, treba posebno obratiti pažnju na funkcijsku kompatibilnost. Na primer, da bismo sabrali dva fazi broja, oblik leve funkcije prvog i drugog operanda treba da bude identičan, oblik desne funkcije takođe.

Dekomponovani fazi brojevi nemaju mane i ograničenja kao L-R brojevi, ali su operacije značajno sporije: svaka operacija je sporija proporcionalno faktoru diskretizacije m ali brzina izračunavanja nije veliki problem u današnje vreme. Stoga se dekomponovani fazi brojevi se gotovo isključivo koriste u primeni, dok L-R fazi brojevi služe samo za elementarna računanja i u edukativne svrhe.

Pored navedenih ograničenja postoji još jedan fenomen koji je svojstven i L-R i dekomponovanim fazi brojevima. Vezan je za izračunavanje racionalnih aritmetičkih izraza u kojima se neka fazi promenljiva ponavlja i dovodi do preceñjivanja (*overestimation*) širine intervala [3] što se se može ublažiti na nekoliko načina, ali se ne može potpuno eliminisati. Posebno značajan problem fazi aritmetike je da grupoidi $(F, +)$ i $(F, \cdot)$ nad skupom svih fazi brojeva F ne čine prsten niti polje. Posledice su dalekosežne, a među najuočljivijima je nemogućnost

rešavanja jednačina sa fazi brojevima standardnim metodama.

3. IMPLEMENTACIJA FAZI ARITMETIKE U INTERPRETERU XProlog

Fazi Prolog zadržava sve osnovne osobine Prolog jezika, ali je sposoban da rukuje delimično istinitim vrednostima. Iako ne postoji čvrsta definicija fazi prologa, da bi Prolog interpreter bio smatran "fazi Prologom" on mora implementirati [7]:

1. proširenje istinitosnih vrednosti sa tačno/netačno na interval $[0,1]$;
2. operatore agregacije koji propagiraju istinitosnu vrednost;
3. barem jedan algoritam fazi rezolucije, odnosno fazi unifikacije [6];
4. Prolog atom ili funkciju kojom se opisuju fazi skupovi.

U ovom radu fazi skupovi su fazi brojevi (kojima je dodeljen poseban atom) i među njima su omogućene aritmetičke operacije. Implementacija aritmetike izvršena je u interpreteru XProlog [8] tako što je implementirana biblioteka klasa fazi aritmetike i izvršene su modifikacije samog interpretera XProlog. Detaljan opis implementacije dat je u [9].

3.1. Biblioteka klasa fazi aritmetike

Pošto su u prethodnim izlaganjima usvojene dve implementacije fazi brojeva, potrebne su dve klase: L-R fazi brojeva i dekomponovanih fazi brojeva. Obe klase dele opšte osobine fazi brojeva. Te opšte osobine opisuje Java interfejs `FuzzyNumber`. Njegove metode vraćaju razne vrednosti vezane za fazi broj: vrednost modalne vrednosti, vrednosti potpornog skupa, vrednosti funkcije pripadnosti u tačkama domena, integral i težište funkcije pripadnosti kao i rezultate svih aritmetičkih operacija: sabiranja, oduzimanja, množenja, deljenja, $1/X$ kao i sabiranja i množenja sa realnim brojevima. Implementacije tih funkcija nalaze se u implementacijama svakog tipa fazi broja ponaosob.

`LRFuzzyNumber` je klasa koja implementira L-R fazi brojeve. Podaci koji sačinjavaju L-R fazi broj su: modalna vrednost, leva funkcija pripadnosti i desna funkcija pripadnosti.

Funkciju pripadnosti modelira Java interfejs `LRMembershipFunction`. Postoje četiri vrste funkcije pripadnosti: linearna, kvadratna, gausovska i eksponencijalna, tako da svaki tip funkcije pripadnosti ima svoju klasu koja implementira `LRMembershipFunction`. U funkciji `getValue` se nalazi formula funkcije pripadnosti koja se skalira na potrebnu dužinu i vraća traženu vrednost.

Takođe i ostale funkcije nad L-R fazi brojevima se analitički izračunavaju: funkcije integrala i težišta funkcije pripadnosti izračunavaju se na osnovu formula funkcije pripadnosti, a aritmetičke operacije rezultuju novim fazi brojem čiju levu i desnu funkciju pripadnosti računamo na osnovu oblika i širine funkcija pripadnosti operanada aritmetičke operacije, uz pretpostavku da su funkcije pripadnosti komplementarne. Ukoliko komplementarnost nije zadovoljena, desiće se *RuntimeException*. Aproksimacija koja se primenjuje prilikom množenja i deljenja je aproksimacija sečiće.

`DecomposedFuzzyNumber` je implementacija dekomponovanih fazi brojeva. Manipuliše nizom parova α -preseka koji su predstavljeni atributima. Vrednosti parametra α određuje parametar diskretizacije koji mora biti identičan za dva broja koja učestvuju u binarnim aritmetičkim operacijama. Kako su na raspolaganju podaci o vrednostima funkcije pripadnosti samo za tačke diskretizacije, izračunavanja vrednosti funkcije pripadnosti u proizvoljnoj tački domena vrši se linearnom interpolacijom funkcije. Takođe funkcija integrala i težišta se određuju proračunima za svaki podinterval ograničen susednim tačkama α -preseka.

Postoje ograničenja vezana za implementaciju fazi aritmetike u slučajevima binarnih aritmetičkih operacija: (1) Oba operanda moraju pripadati istoj klasi. (2) Odgovarajuće strane funkcija pripadnosti oba operanada moraju biti istog tipa u slučaju da su operandi L-R fazi brojevi. (3) Oba operanda moraju imati isti parametar diskretizacije u slučaju da su operandi dekomponovani fazi brojevi. Da bi se korisniku ovakve biblioteke fazi brojeva namenjene za fazi aritmetiku olakšalo da ova ograničenja poštuje i u aplikaciji ne dolazi do konflikta, konstruisana je klasa `FuzzyFactory`.

Pored grešaka vezanih za konflikt parametara u binarnim aritmetičkim operacijama, postoji mogućnost da program prijavi izuzetke ako imenilac prilikom deljenja sadrži nulu u potpornom skupu, ako L-R fazi množilac sadrži nulu u potpornom skupu, ili ako je instanciran fazi broj string parametrom u `FuzzyFactory` koji ne može valjano da se parsira.

3.2. Implementacija fazi aritmetike u interpreteru XProlog

Za implementaciju fazi aritmetike najpre je bilo potrebno izmeniti sintaksu programskog jezika. Dodat je poseban term `fuzzyNumber` prilikom čijeg susretanja će parser instancirati fazi broj. Takođe je novim parserom omogućena aritmetika koja podržava prioritete operatora i izraze sa zagradama. U XProlog interpreter uključena je fazi rezolucija i fazi unifikacija implementirana u [6].

Klasa XProlog-a `Term` je pretrpela najznačajnije izmene. Pored klasa `Number` (koja sada podržava razlomljene vrednosti) i `Cut`, radi podrške fazi unifikaciji i fazi aritmetici klasi `Term` pridodate su dve klase naslednice. Prva je `FuzzyConstant` koja predstavlja fazi skup, a druga je njena naslednica `FuzzyNumber` koja predstavlja implementaciju fazi broja.

Aritmetičke operacije fazi brojeva i realnih brojeva, sem što se koriste sintaksno identično, mogu i da se koriste kombinovano u jednom aritmetičkom izrazu. Bilo je potrebno omogućiti zapisivanje i izvršavanje aritmetičkih izraza između fazi brojeva i realnih brojeva, kao i aritmetičkih izraza unutar parametara fazi brojeva i skupova, a da se prilikom unifikacije takvi izrazi posmatraju kao jedan običan fazi skup koji se unifikuje drugim. Stoga se pozivi odgovarajućih metoda aritmetike u zavisnosti od tipa operanada i operacija nalaze u klasi `Term`. Prilikom susretanja sa specijalnim Prolog predikatom "is" ili dodelom vrednosti ("="), XProlog će pokušati da izračuna vrednost izraza sa desne strane i dodeli ga promenljivoj sa leve strane izraza.

4. PRIMER

Naredni primer ilustruje sračunavanje vrednosti aritmetičkog izraza. Izračunava se cena boravka u turističkom objektu na sledeći način. Osobine svakog turističkog objekta (paviljona) definišu naziv i kvadratura objekta, kategorija usluge i broj radnika koji rade u objektu (fazi broj). Broj očekivanih gostiju za svaki paviljon je nesigurna promenljiva definisana fazi brojem. Za svaki turistički objekat izračunavaju se tri vrste troškova: trošak za komunalne usluge (zavisi od kvadrature objekta i broja gostiju), troškovi održavanja objekta (zavise od kategorije usluge i kvadrature objekta) i iznos potreban za plate radnika koji rade u objektu. Troškovi su fazi brojevi. Na bazi troškova formira se cena boravka u svakom od turističkih objekata.

Baza znanja za ovaj primer data je sledećim Prolog programom:

```
paviljon( prvi, 320, 1, fuzzyNumber(8,1,2) ).
paviljon( drugi, 400, 2, fuzzyNumber(11,3,3) ).
paviljon( treci, 80, 1, fuzzyNumber(4,2,1) ).

brojTurista( prvi, fuzzyNumber(80, 50, 50) ).
brojTurista( drugi, fuzzyNumber(200, 20, 20) ).
brojTurista( treci, fuzzyNumber(12, 4, 0) ).

trosakKomunalije ( Objekat, Trosak ) :-
    paviljon( Objekat, Kvadratura, _ ),
    brojTurista( Objekat, Gosti ),
    Trosak is ( Gosti * fuzzyNumber(6,2,2) * Kvadratura/50 ).

plateRadnika ( Objekat, Plate ) :-
    paviljon( Objekat, _, BrojRadnika ),
    Plate is (BrojRadnika*4)*fuzzyNumber(400,10,10).

troskoviOdrzavanja ( Objekat, Odrzavanje ) :-
    paviljon( Objekat, Kvadratura, Kategorija, _ ),
    Odrzavanje is
    1/Kategorija*fuzzyNumber(3*Kvadratura,10,20).

cenaBoravka (Objekat, Rez) :-
    paviljon(Objekat, _, _, _),
    trosakKomunalije(Objekat, Komunalije),
    troskoviOdrzavanja(Objekat, Odrzavanje),
    plateRadnika(Objekat, Plate),
    brojTurista(Objekat, Gosti),
    Rez is
    (Komunalije + Odrzavanje + Plate -
    fuzzyNumber(20,4,4)) / Gosti.
```

Postavljanjem upita $cenaBoravka(X,Y)$ za svaki paviljon će biti obavljeno izračunavanje cene boravka, koja je fazi broj. Korišćene operacije su sabiranje, oduzimanje, množenje i deljenje između fazi brojeva, množenje i deljenje fazi broja realnom vrednošću, a u poslednjem činiocu za izračunavanje rezultata troškova održavanja korišćen je aritmetički izraz unutar argumenata fazi broja, što je takođe dozvoljeno. Rezultat unifikacije ispisan nakon odgovora je uvek 1, pošto nije obavljena unifikacija između dva fazi broja. Rezultat programa je:

```
>> Answer: [cenaBoravka(prvi, fuzzyNumber(110.15, 64.119, 335.183) )]
>> R:1.0

>> Answer: [cenaBoravka(drugi,
fuzzyNumber(80.9, 30.85, 41.622) )]
>> R:1.0

>> Answer: [cenaBoravka(treci, fuzzyNumber(294.6, 78.167, 216.35) )]
>> R:1.0
```

Grafički prikaz rezultata dat je na slici 3.



5. ZAKLJUČAK

U ovom radu implementirano je jedno rešenje fazi aritmetike za L-R i dekomponovane fazi brojeve u interpreter XProlog. Na osnovu dve opisane implementacije principa ekstenzije implementirane su osnovne aritmetičke operacije. Rešenje je funkcionalno i kompletno, ali i dalje ostaje dosta segmenata u kojima bi moglo da se unapredi.

Kao prvo, skup operacija moguće je proširiti funkcijama kao što su eksponencijalna, logaritamska, trigonometrijske funkcije i sl. Zbog fenomena precenjivanja poželjno bi bilo implementirati princip ekstenzije za neke klase racionalnih izraza koji se često koriste a u kojima se jedna promenljiva pojavljuje više puta, ili obezbediti neki drugi mehanizam koji ublažava ovaj efekat. Takođe, na jednostavan način moguće bi bilo implementirati i u Prolog sintaksu uvrstiti dodatne predikate i funkcije koji bi bili od koristi u ambijentu fazi Prologa kao što su: predikat defazifikacije, vrednosti funkcije pripadnosti u tački domena, sličnosti dva fazi skupa, predikat koji daje n najboljih rešenja kao i direktiva interpreteru da sortira rešenja prema rastućem ili opadajućem iznosu pre prikazivanja.

6. LITERATURA

- [1] Zadeh, L. A., *Fuzzy Sets*, Information and Control, 8(3), pp. 338-353, 1965.
- [2] Zadeh, L. A. *The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning*. Memorandum ERL-M 411, Berkeley, Ca., 1973.
- [3] Hanss, M. *Applied Fuzzy Arithmetic: An Introduction with Engineering Applications*. Springer-Verlag, New York, 2005.
- [4] Dubois, D., Prade, H. *Operations on fuzzy numbers*. International Journal of Systems Science, 9:613-626, 1978.
- [5] Moore, R. E. *Interval Analysis*. Prentice-Hall, Englewood Cliff, NJ, 1966.
- [6] Segedinac, M. *Fazi unifikacija u PROLOGU*. Diplomski-master rad. Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2008.
- [7] Vaucheret, C., Guadarrama, S., Muñoz, S. *Fuzzy Prolog: A Simple General Implementation Using CLP(R)*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2002.
- [8] Vaucher, J., *XProlog documentation*. http://www.iro.umontreal.ca/~vaucher/XProlog/AA_README
- [9] Kolarović, N. *Proširenje interpretera XProlog fazi aritmetikom*. Diplomski-master rad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2010.

Kratka biografija:



Nikola Kolarović rođen je u Novom Sadu 1983. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarske nauke i informatika odbranio je 2010.god.

MODELOVANJE PROCESORA ZA IZBOR TOPOLOGIJE SISTEMA ENERGETSKE ELEKTRONIKE

Sanja Bulić, Sandra Zeljković and Nikola Čelanović, University of Novi Sad, Faculty of Technical Science,
sanjabulic85@gmail.com, sandra.zeljkovic@gmail.com, nikolace@uns.ac.rs

Sadržaj – U ovom radu predstavljen je simulator elektromotornog pogona u realnom vremenu (Real Time Digital Simulator - RTDS) zasnovanog na tehnologiji sekvencijalnih programabilnih mreža (Field Programmable Gate Array - FPGA). Akcenat je dat na specijalizovanom procesoru sa funkcijom izbora aktivne topologije, njegovoj specifikaciji, kao i na konstrukciji sadržaja programske memorije ovakvog procesora. To je ilustrovano na jednom primeru programa za izbor aktivne topologije kola za RTDS za koji su dati rezultati simulacije.

1. UVOD

Energetska elektronika je jedna od ključnih infrastrukturnih tehnologija čijom primenom se postižu uštede električne energije i do 30% [1]. To je tehnologija koja obezbeđuje uštedu električne energije na svim delovima energetskog sistema, od pretvaranja iz energetskih izvora u električnu energiju do pretvaranja električne energije u koristan rad. Osim toga, energetska elektronika omogućava širu upotrebu obnovljivih izvora energije. Prognoze su da će do 2020. godine obnovljivi izvori energije učestvovati sa 20% u ukupnom energetskom bilansu..

Naglo povećanje potražnje za uređajima energetske elektronike stvara potrebu za projektovanjem simulatora koji će raditi u realnom vremenu sa periodom odabiranja reda 1us ili manje [2]. Sve širom primenom i brojem aplikacija uređaja energetske elektronike podstaknuta je njihova različitost. Ova činjenica postavlja još jedan značajan zahtev prema simulatoru pogona (osim brzine koja je ključna) a to je brzo i jednostavno programiranje simulatora kako bi na efikasan način podržao velik broj prekidačkih topologija.

2. MODELOVANJE I ARHITEKTURA ELEKTROMOTORNOG POGONA

U ovom paragrafu predstavljen je ukratko način modelovanja elektromotornog pogona kako bi se dobio model koji je moguće implementirati u okviru simulatora u realnom vremenu. Na osnovu ovog modela predložena je arhitektura simulatora [3].

2.1. Modelovanje elektromotornog pogona

U ovom delu biće ukratko predstavljen matematički model elektromotornog pogona pogodan za implementaciju u okviru simulatora u realnom vremenu. Na osnovu veličine i složenosti dobijenog modela biće funkcionalno predložena arhitektura simulatora ovako definisanog elektromotornog pogona.

Model elektromotornog pogona sastoji se od modela mreže, monofaznog ispravljača, jednosmernog međukola, trofaznog invertora sa dva nivoa, filtera na izlazu invertora, asinhronog motora i jednostavnog modela parazitnih kapacitivnosti između motora, invertora i mreže prema uzemljenju. Invertor je modelovan korišćenjem kontrolisanih naponskih izvora.

Nakon pojedinačnog modelovanja elemenata elektromotornog pogona, potrebno je definisati broj elemenata, tj. dimenzije vektora ulaza, izlaza, i vektora stanja konačnog modela dobijenog integracijom pojedinačnih modela. Na osnovu ovih dimenzija i broja nenultih elemenata u matrici sistema, biće određena perioda sistema i struktura podsistema koji će obavljati množenje matrica. Nakon što se formira sistem diferencijalnih i algebarskih jednačina (1) tj. model u prostoru stanja koji opisuje elektromotorni pogon, potrebno ga je diskretizovati (3) [4].

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

Pošto se radi o digitalnom sistemu u realnom vremenu, neophodno je korišćenje diskretizovanog modela i fiksne periode integracije što se može postići jednom od metoda diskretizacije pod (2).

$$x(n) \approx \begin{cases} (I + Ts \cdot A) \cdot x(n-1) + Ts \cdot B \cdot u(n-1); & \text{Forward} \\ (I - Ts \cdot A)^{-1} \cdot (x(n-1) + Ts \cdot B \cdot u(n)); & \text{Backward} \\ (I - \frac{Ts}{2} A)^{-1} \cdot \left(\frac{Ts}{2} A \cdot x(n-1) + Ts \cdot B \cdot u(n) \right); & \text{Trapezoidal} \end{cases} \quad (2)$$

Nakon diskretizacije, dobija se model takav da se rešavanje čitavog sistema svodi samo na računanje proizvoda matrice aktivne topologije i vektora koji u sebi objedinjuje vektor stanja i ulaza. Time je omogućeno izuzetno brzo izvođenje računskih operacija zahvaljujući tehnologiji FPGA integrisanih kola, optimizovanoj specijalno za ovu svrhu.

NAPOMENA:

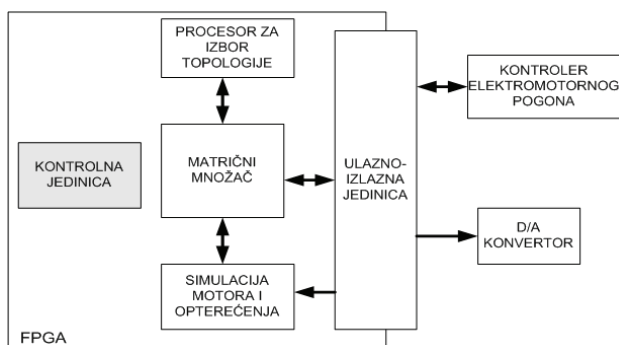
- a) Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada Sanje Bulić. Mentor je bio prof. dr Nikola Čelanović.
- b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji ETRAN, Donji Milanovac, juni 2010.

$$\begin{bmatrix} x(n) \\ y(n) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K(n-1) & M(n-1) \\ C & D \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x(n-1) \\ u(n-1) \end{bmatrix} \quad (3)$$

Matrica datog sistema je retka, odnosno ima oko jednu devetinu nenulih elemenata. Iz tog razloga neophodno je izvršiti prilagođenje matrice kako bi se uštedelo na resursima *FPGA* kola. To se postiže eliminacijom nultih elemenata, što dovodi do smanjenje broja množenja i akumulacija za otprilike dve trećine u odnosu na slučaj kada bi se množenje vršilo i sa nultim elementima. Dimenzije vektora ulaza, izlaza i vektora stanja, kao i broj nenulih elemenata određuju periodu simulacije sistema.

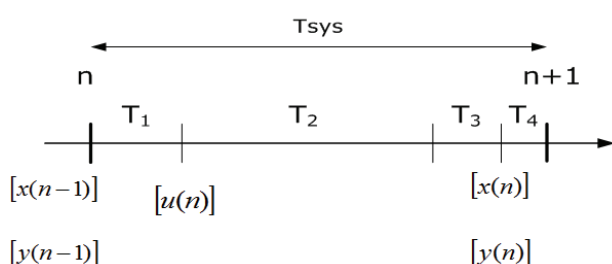
2.2. Arhitektura simulatora

Modelom, koji je prethodno ukratko opisan, je definisana veličina problema koja ima direktan uticaj na izbor arhitekture. Kao što je prikazano na slici 1, arhitektura simulatora elektromotornog pogona, koji je ovde razmatran, se sastoji iz sledećih funkcionalnih blokova ili podistema: kontrolne jedinice, matričnog množača, ulazno-izlazne jedinice, procesora za izbor topologije i podistema koji simulira motor i opterećenje [5]. Ostali delovi sistema su spoljašnji i veza sa njima je obezbeđena pomoću ulazno-izlazne jedinice.



Sl. 1. Arhitektura simulatora u realnom vremenu

Na slici 2 prikazan je jedan vremenski korak simulacije. U periodu T_1 ulazno-izlazna jedinica vrši odabiranje ulaznih signala i formira vektor ulaza $u(n)$ [3]. Zatim u periodu T_2 rad počinju matrični množač i procesor za izbor topologije. Oni rade paralelno kako bi se postigao brži rad čitavog sistema, s tim da rad matričnog množača traje dosta duže, tako da on diktira trajanje periode T_2 . Ulaz oba ova bloka, pored ostalog, je vektor ulaza tekuće periode $u(n)$. Zatim u T_3 počinje da radi blok za simulaciju motora i opterećenja, a zatim sledi kratka pauza T_4 do kraja periode sistema.



Sl. 2. Perioda odabiranja

3. STRUKTURA PROCESORA ZA IZBOR TOPOLOGIJE

Analizom jedne uske klase problema u okviru sistema energetske elektronike, sastavljena je specifikacija zahteva funkcije koja odlučuje o topologiji. Na osnovu te specifikacije realizovan je koncept procesora za izbor topologije. Odluka da funkcija za izbor topologije bude realizovana procesorom a ne u okviru fiksne fizičke arhitekture je motivisana zahtevanom fleksibilnošću simulatora. Ovaj pristup omogućuje da se rekonfiguracija prekidačke mreže obavlja jednostavnom promenom sadržaja memorije programabilne komponente, bez potrebe za vremenski zahtevnim procesima izmene opisa digitalnog sistema, njegovom verifikacijom i na kraju implementacijom.

Ulaz procesora za izbor topologije predstavljaju trenutne vrednosti stanja i izlaza sistema. Izlaz iz procesora je signal koji predstavlja indeks aktivne topologije. Taj signal se vodi na ulaz matričnog množača i definiše aktivnu topologiju za sledeći ciklus simulacije.

Diskretizovan matematički model opisan je u *Matlab*-u i na osnovu njega se projektuju memorije procesora za izbor topologije. Projektovanje se vrši prvo, u *Matlab*-u za testiranje, a potom, u *VHDL*-u za implementaciju.

Procesor za izbor topologije ima format instrukcije kao što je prikazano u tabeli 1.

Format instrukcije:

biti:

instruction _code	condition address	topology _index
4	5	6

Tabela 1. Format instrukcije

Iz specifikacije funkcije formirana je lista instrukcija procesora za izbor topologije. Ona treba da pokrije *Matlab*-ove funkcije: *if*, *elseif* i *else* i operacije: $<$, $>$, $\leq$, $\geq$, $=$ i $\neq$. Stoga, procesor za izbor topologije ukupno sadrži 13 (6+6+1) instrukcija. To znači da nam je za adresiranje instrukcije potrebno četiri bita.

Kod instrukcije sastoji se iz dva dela.

Prvi deo: deo koji je odnosi na smisao funkcije:

- OIF (open if) – ako je prvi uslov tačan proverava se sledeći uslov,
- CIF (close if) – ako je uslov tačan menja se tok signala,
- E (else) – bezuslovno menja tok signala.

Drugi deo: deo koji se odnosi na smisao uslova:

- GZ – veće od nule,
- NGZ – nije veće od nule,
- LZ – manje od nule,
- NLZ – nije manje od nule,
- EQ – jednako,

Linije koda Matlab modela		Instrukciona memorija procesora za izbor topologije	
		instr_code	condition address
if not(m1<0) && not(m2<0) topology_index = 0;	→	OIFNLZ	m1
elseif m1<0 topology_index = 1;	→	CIFNLZ	m2
elseif m2<0 topology_index = -1;	→	CIFLZ	m1
if not(m1<0) && m2<0 topology_index = 0;	→	CIFLZ	m2
elseif m1<0 && not(m2<0) topology_index = 2;	→	OIFNLZ	m1
elseif not(m1<0) && not(m2<0) topology_index = -1;	→	CIFLZ	m2
if not(m1<0) && not(m2<0) topology_index = 1;	→	OIFNLZ	m1
elseif m1<0 && not(m2<0) topology_index = 2;	→	CIFNLZ	m2
elseif not(m1<0) && m2<0 topology_index = 0;	→	OIFNLZ	m1
elseif m1<0 && m2<0 topology_index = 0;	→	CIFLZ	m2
if not(m1<0) && not(m2<0) topology_index = 2;	→	OIFNLZ	m1
elseif m1<0 topology_index = 1;	→	CIFNLZ	m2
elseif m2<0 topology_index = -1;	→	CIFLZ	m1

Tabela 2. Prevođenje Matlab-ovih linija koda u instrukcionu memoriju.

- NEQ – nije jednako.

Potrebno je formirati instrukcionu memoriju, kao i pomoćne tabele procesora za izbor topologije.

Na osnovu topologije *Matlab* modela biraju se linije koda koje odlučuju o topologiji i sortiraju se u jedan niz. Linije koda moraju biti formatirane, uobličene, tako da zadovoljavaju ulaznu formu koju definiše specifikacija procesora. Formiranje memorije procesora za izbor topologije ekstrahuje se iz *Matlab* modela. Realizuje se u sledećim koracima:

1. Dekodovanje instrukcija – Svaka izdvojena linija *Matlab* koda ima svoj pandan u binarnom kodu i njime se popunjava polje *instruction_code* u procesorskoj memoriji.
2. Dekodovanje uslova – Za svaki uslov menjanja topologije traži se njegova adresa u ulaznim parametrima. Ona se u binarnom kodu zapisuje u sledeće polje – polje *condition address*.
3. Dekodovanje indeksa topologije – Na osnovu izdvojenih *Matlab*-ovih kodnih linija takođe se ekstrahuje i promena indeksa topologije. Ona se upisuje u polje: *topology_index*.

Formiranje tabele odlučivanja procesora za izbor topologije takođe se realizuje na osnovu *Matlab* modela, kao što je prikazano u primeru.

4. PRIMER IMPLEMENTACIJE KONKRETNOG PROGRAMA UPRAVLJANJA

Deo *Matlab* modela koji se odnosi na topologiju:

```
switch topology_index
```

```
case 0
```

```
if not(m1<0) && not(m2<0) topology_index= 0;
```

```
elseif m1<0 topology_index= 1;
```

```
elseif m2<0 topology_index= -1;
```

```
end
```

```
case -1
```

```
if not(m1<0) && m2<0 topology_index= 0;
```

```
elseif m1<0 && not(m2<0) topology_index= 2;
```

```
elseif not(m1<0) && not(m2<0) topology_index=
```

```
-1;
```

```
end
```

```
case 1
```

```
if not(m1<0) && not(m2<0) topology_index= 1;
```

```
elseif m1<0 && not(m2<0) topology_index= 2;
```

```
elseif not(m1<0) && m2<0 topology_index= 0;
```

```
elseif m1<0 && m2<0 topology_index= 0;
```

```
end
```

```
case 2
```

```
if not(m1<0) && not(m2<0) topology_index= 2;
```

```
elseif m1<0 topology_index= 1;
```

```
elseif m2<0 topology_index= -1;
```

```
end
```

```
end
```

Izvučene kodne linije iz *Matlab* modela bitne za topologiju i njima odgovarajući unosi u instrukcionu memoriju prikazani su u tabeli 2.

Tabela odlučivanja se formira iz dela *Matlab* modela, u skladu sa linijama koje nisu u instrukcionoj memoriji i pomenljivom *topology_index*. Za dati primer tabela odlučivanja je niz od četiri člana (jer toliko imamo različitih topologija), gde svaki član ima vrednost adrese instrukcione memorije na kome počinje ispitivanje za tu

topologiju. Dakle, tabela odlučivanja zapisana je u promenljivoj t_{odl} (4).

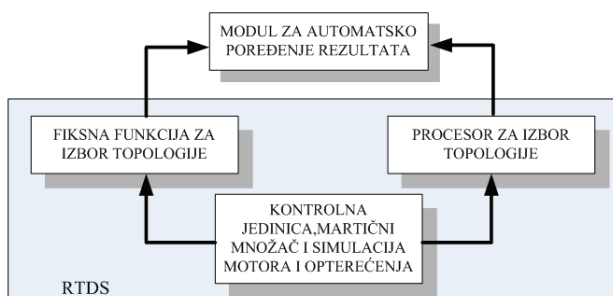
$$t_{odl} = \begin{bmatrix} 0 & 5 & 11 & 18 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Procesor za izbor topologije, na osnovu $topology_index$ -a i t_{odl} , određuje početnu adresu za izvršenje koda u okviru instrukcione memorije za dati ciklus sumlacije. Izvršenje koda se zaustavlja prvim zahtevom za promenu promenljive $topology_index$. Time je završeno određivanje indeksa topologije za posmatrani ciklus simulacije.

5. REZULTATI SIMULACIJE

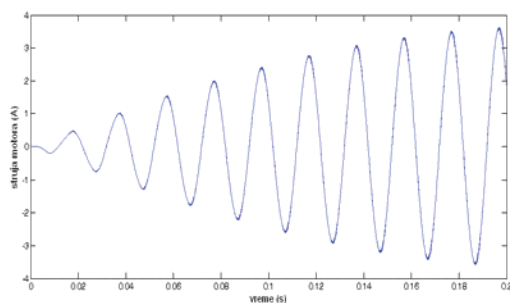
Provera rada procesora za izbor topologije urađena je na hardveru simulator u realnom vremenu tako što je umesto njegove fiksne funkcije za izbor topologije postavljen procesor za izbor topologije koji predstavlja baš tu fiksnu topologiju.

To je prikazano na slici 3.



Sl. 3 Opis hardvera za verifikaciju procesora za izbor topologije.

Slika 4 prikazuje jedan od izlaza simulatora, tj. jednu od veličina u sistemu koje je moguće posmatrati. U modulu za automatsko poređenje rezultata verifikovan je rad procesora za izbor topologije. Pokazano da bilo da se koristi fiksna funkcija za izbor topologije ili se koristi procesor za izbor topologije signal struje motora je identičan.



Sl. 4. Signal struje motora

6. ZAKLJUČAK

Potreba za digitalnim simulatorima energetske elektronike je neizbežna sa stanovišta skraćivanja vremena razvoja upravljačkog softvera i hardvera uređaja energetske elektronike.

Sa ubrzanim razvojem energetske elektronike raste i broj različitih prekidačkih topologija koje se u njoj koriste. Odatle i velika potreba za procesorom za izbor topologije koji pruža sistemima za simulaciju veliku prilagodljivost u pogledu implementacije modela novih prekidačkih topologija.

LITERATURA

- [1] F. C. Lee et. all, "Power Electronics System Integration-A CPES Perspective", 14th IEEE Power Electronics Society Newsletter, 2008
- [2] P. Pejović, D. Maksimović, "A method for fast time-domain simulation of networks with switches," IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 9, no. 4, July 1994, pp. 449- 456
- [3] S. Zeljković, N. Teslić, V. Katić, N. Čelanović, "Arhitektura simulatora elektromotornog pogona u realnom vremenu", Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija, Decembar 2009
- [4] D. Majstorović, Z. Pele, A. Kovačević, N. Čelanović, "Computer based emulation of power electronics hardware", IEEE ECBS-EERC 2009, Septembar 2009
- [5] Todor Todorčević, Laslo Nađ, Vladimir Katić, Nikola Čelanović, "Verifikacija simulatora elektromotornog pogona u realnom vremenu metodom kosimulacije" Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija, Decembar 2010

Abstract – In this paper, real time digital simulator (RTDS) of a motor drive based on FPGA technology is presented. The focus of the discussion is a special processor with active topology selection function, its specification and the construction of its programmable memory content. It's performance is illustrated on the representative circuit topology. Simulation results are shown for that example.

MODELING OF SYSTEM TOPOLOGY SELECTING PROCESSOR FOR POWER ELECTRONICS

Sanja Bulić, Sandra Zeljković and Nikola Čelanović

MODELOVANJE I SIMULACIJA BRAGOVE OPTIČKE REŠETKE
MODELING AND SIMULATION OF FIBER BRAGG GRATING

Jovana Lazović, Nikola Stojanović, Miloš Živanov, Miloš Slankamenac, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast - ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj - U radu je definisana fiber Bragova optička rešetka (FBG) i objašnjen je njen princip rada. Takođe su definisani tipovi i strukture FBG, dat je opis tehnika za izradu FBG i navedeni su primeri njene primene. Prikazano je modelovanje FBG korišćenjem OptiGrating softvera, a akcenat je stavljen na simulaciju FBG. Ispitan je uticaj apodizacije na izobličenje bočnog opsega i uticaj amplitude i lokacija fazno pomerenih oblasti na oblik spektra.

Ključne reči - Bragova optička rešetka, OptiGrating, modelovanje, simulacija

Abstract - This paper presents a definition of a fiber Bragg grating (FBG) and its principle of work. Types and structures of the FBG are also described. A description of the techniques that are used for fabrication and application of FBG are also shown. Modeling of the FBG using a powerful softver OptiGrating is also explained, with emphasise on simulation of the FBG. The effect of apodization on the sidelobe and the effect of the properly chosen locations and magnitudes of the phase shift regions on a spectar shape are examined.

Keywords - Fiber Bragg grating, OptiGrating, modeling, simulation

1. UVOD

S obzirom na brz razvoj tehnologije, javljaju se i potrebe za usavršavanjem komponenti u pogledu dimenzija, brzine, efikasnosti i naravno cene. Gotovo u svim aspektima našeg života (medicini, građevinarstvu, laserima, senzorima, laboratorijama za seizmološka ispitivanja itd.) prisutne su savremene optoelektronske i telekomunikacione komponente.

Značajnu ulogu u svemu prethodno navedenom ima i Bragova optička rešetka. U radu je opisano modelovanje i simulacija FBG korišćenjem naprednog programskog alata OptiGrating i prikazani su rezultati simulacije, tj. efekat apodizacije na optičke karakteristike optičke rešetke, kao i uticaj amplitude i položaja fazno pomerenih oblasti na oblik spektra.

2. DEFINICIJA I PRINCIP RADA

Bragova optička rešetka je rešetka nalik na pruge. „Upisuje” se u vlakno tokom proizvodnog procesa kako bi se izmenile k-ke osnovnog optičkog vlakna s ciljem da

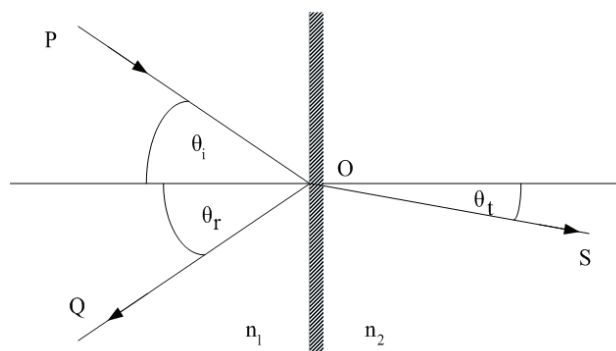
NAPOMENA

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

se talasne dužine selektivno reflektuju. Fundamentalni princip na kojem se zasniva rad Bragove optičke rešetke jeste Fresnelova refleksija i on je prikazan je na slici 1 [1].

Kada se svetlost kreće iz sredine koja ima indeks prelamanja n_1 u drugu sredinu koja ima indeks prelamanja n_2 može se desiti da dođe i do prelamanja i do odbijanja svetlosti. Na dijagramu vidimo da upadni svetlosni zrak PO nailazi na tačku O koja se nalazi na graničnoj površi između dve sredine sa indeksima prelamanja n_1 i n_2 . Deo zraka se odbija (to je zrak OQ), a deo se prelama (to je zrak OS). Uglovi koje upadni, odbijeni i prelomljeni zrak zaklapaju zajedno sa normalom granične površi, dati su, respektivno, kao $\theta_i, \theta_r, \theta_t$. Odnos ovih uglova definisan je pomoću zakona refleksije $\theta_i = \theta_r$; i Snellovog zakona:

$$\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_t} = \frac{n_1}{n_2} \quad (1),$$



Slika 1. Odbijanje i prelamanje upadnog zraka o graničnu površ između dve sredine

3. TIPOVI I STRUKTURE FBG

Termin „tip” u ovom kontekstu se odnosi na osnovni mehanizam fotoosetljivosti na osnovu kojeg se rubovi (ivice) rešetke proizvode u vlaknu. Postoji šest tipova Bragove optičke rešetke, koji imaju različite fundamentalne fotoosetljive mehanizme. Standardne rešetke koje se „upisuju” u vlakno koje ili sadrži ili ne sadrži vodonik, poznate su pod imenom tip 1. Rešetke tipa 1 najčešće se upotrebljavaju i spadaju u jedini tip rešetki koji je uvek dostupan prilikom upisa. Regenerisana rešetka koja se nakon brisanja rešetke tipa 1 „upisuje” u silicijumsko vlakno svih vrsta, koje je dopirano germanijumom i koje sadrži vodonik, poznata je pod nazivom rešetka tipa IIA. Oštećene „upisane” rešetke zapisuju se usled pobuđivanja velikog broja fotona. Kada je u pitanju termička

stabilnost, rešetke koje su proizvedene ispod granice provođenja obeležene su kao tip I, a one iznad granice kao tip II. Mikroskopska ispitivanja su pokazala da su ove rešetke pokazale periodično oštećenje trake na strani rešetke unutar vlakna; stoga je rešetka tipa II poznata pod imenom „Oštećena rešetka”.

Struktura Bragove optičke rešetke može da varira u zavisnosti od indeksa prelamanja ili perioda rešetke. Postoji 6 opštih struktura koje su tipične za Bragovu optičku rešetku: homogena struktura sa pozitivnim indeksom promene, Gausova apodizacija, apodizovan podignuti kosinus, čirpovana struktura, struktura kod koje je faza diskretno pomerena, superstruktura. Apodizovane rešetke: U žargonu optičkog dizajna, apodizaciona f-j-a se koristi s namerom da se menja ulazni intenzitet profila optičkog sistema, i može biti veoma komplikovana f-j-a koja prilagođava sistem odgovarajućim osobinama. Apodizacione rešetke obezbeđuju značajan napredak u pogledu potiskivanja bočnog izobličenja, a da pritom održavaju refleksivnost i uzan propusni opseg. Čirpovana FBG: Profil indeksa prelamanja rešetke može se modifikovati dodavanjem drugih k-ka kao što je linearna promena perioda rešetke koja se naziva čirp. Čirpovanje podrazumeva promenu perioda rešetke duž čitave njene dužine, a sve s ciljem da se proširi spektralni odziv.

4. TEHNIKE IZRADE FBG

„Upisivanje” optičke rešetke optičkim putem u jezgro optičkog vlakna zahteva ozračenje jezgra pomoću interferencione kristalne rešetke. Ovaj metod formiranja optičkih rešetki poznat je kao „tehnika unutrašnjeg upisa”, a rešetke na koje se ova tehnika odnosila zvale su se Hilovim rešetkama.

Drugi način proizvodnje optičkih rešetki jeste tzv. „transverzalna holografška tehnika”. Za razliku od „tehnik unutrašnjeg upisa”, kod „transverzalne holografške tehnike” jezgro vlakna je ozračeno sa strane. Treća tehnika proizvodnje Bragovih rešetki jeste „tehnika fazne maske”. Fazna maska se pravi od ravne ploče koja je napravljena od silicijumskog stakla, i koja je prozirna za ultraljubičastu svetlost sa jedne strane ravne površine.

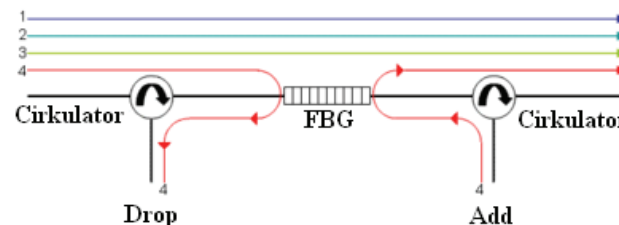
Korišćenjem fotolitografskih tehnika, ugravirana je jednodimenzionalna periodična površina reljefne strukture. Optičko vlakno je smešteno tako da se nalazi u skoro neposrednom kontaktu sa faznom maskom i pri pravim uglovima njenih žljebova. Ultraljubičasta svetlost koja predstavlja upadni zrak i normalna na faznu masku, prolazi kroz periodične žljebove fazne maske, a zatim je prelomljena od strane istih.

Većina prelomljene svetlosti je sadržana u stepenima prelamanja od 0,-1,1. Dva prelomljena zraka u stepenima (+1,-1) upliću se kako bi proizveli periodičnu kristalnu rešetku koja fotografski urezuje odgovarajuću rešetku u optičko vlakno.

„Tehnika fazne maske” u velikoj meri pojednostavljuje proizvodni proces Bragovih rešetki, i kao rezultat daje rešetke visokih performansi. Još jedan pristup u pogledu proizvodnje rešetki jeste tehnika „tačka-po-tačka”, koja je takođe razvijena kod CRC. Kod ove metode, svaki zarez na rešetki se „upisuje” tačku-po-tačku [3].

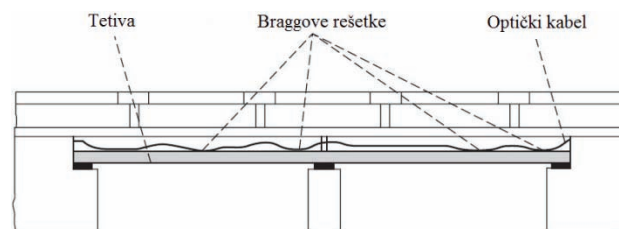
5. PRIMENA FBG

Osnovna primena Bragovih optičkih rešetki jeste u optičkim komunikacionim sistemima. Naročito se koriste kao noć (notch) filtri. Takođe se koriste u optičkim multiplekserima i demultiplekserima sa optičkim cirkulatorima ili optičkim add/drop multiplekserima (sl. 2).



Slika 2. Optički add/drop multiplekser [1]

FBG senzori nude brojne prednosti uključujući direktno apsolutno merenje, nisku cenu, i jedinstvenu sposobnost multipleksiranja po talasnoj dužini [4,5]. Od 1989, od kad je upotreba fiber optičkih senzora predložena u betonu, i demonstrirana ugradnja fiber optičkog senzora naprežanja u jedan epoksi-fiber kompozitni materijal, broj primena fiber optičkih senzora u mostovima, branama, rudarstvu, vojnim vozilima i avionima je porastao. Jedna od prvih demonstracija praćenja velikih struktura pomoću FOS je most preko autoputa pomoću karbonskih kompozitnih prenapregnutih na vlaknu baziranih kablova. Smišljeni su za zamenu čelika za rešavanje ozbiljnog problema korozije. FBG senzori mogu biti pogodni za postizanje takvih ciljeva. Na slici 3 je prikazan niz FBG senzora nalepljen na površini kompozitne tetive sa posebno zaštićenim ulazom/izlazom voda optičkog vlakna.



Slika 3. Šematski prikaz FBG senzorskih lokacija za praćenje naprežanja mosta

Merenje opterećenja i praćenje pomeračkih promena u podzemnim iskopavanjima ruda i tunela je od vitalnog značaja za bezbednost. Multipleksirani FBG senzorski sistem može zameniti tradicionalne električne senzore, kao merač naprežanja (deformacije) ili opterećenja čelije [6]. Bragove rešetke koriste se u sklopu uređaja koji se koriste u seizmološke svrhe, zatim u senzorima pomoću kojih se meri pritisak u izrazito ostrim sredinama i u senzorima koji se postavljaju u naftne i gasne bušotine i pomoću kojih se zatim meri spoljašnji pritisak, temperatura i seizmičke vibracije.

Bragov spektrometar je oblik spektrometra koji je veoma koristan za proučavanje k-ka difrakcije rendgenskih zraka. Sistem za merenje optičke disperzije je merni sistem koji se bazira na upotrebi Bragove optičke rešetke i koji koristi interferenciju kako bi se izračunale transimisione k-ke rešetke [2].

6. MODELOVANJE FBG

OptiGrating 4.2 je moćan i lako upotrebljiv softver čija je osnovna svrha modelovanje integrisanih i fiber optičkih uređaja koji sadrže optičke rešetke. Nudi različite mogućnosti za analiziranje i dizajniranje tipičnih rešetki koje sadrže vlakna i talasovode. Izborom jedne opcije korisnik može da podesi parametre uređaja. Npr., dizajn FBG filtra uključuje i podešavanje oblika rešetke, dužine, apodizacije, indeksa, modulacije i čirpa spram prečnika vlakna i indeksa prelamanja. Kada se jednom izvrše podešavanja uređaja, program se može koristiti za izvođenje numeričke simulacije.

Softver *OptiGrating 4.2* nudi nekoliko novih opcija: *Inverse Scatering problem solver*- novi moćan modul pomoću kojeg se rešava problem inverznog rasejanja kod Bragovih optičkih rešetki. *Advanced slab waveguide and fiber mode solver*- može da se koristi za pronalaženje propustljivih modova i onih modova koji ukazuju na dobitak/gubitak.

Alat za analizu grupnog kašnjenja- nova f-ja koja ima grafički interfejs i predstavlja tehniku podešavanja krive regresije. Kreiranje Bragove optičke rešetke podrazumeva nekoliko koraka: izbor jednog od 5 raspoloživih modula, definisanje parametara modula, pristup listi proračunatih modova koje naš modul koristi, otvaranje *Grating Menager dialog box-a* kako bi se pristupilo *Grating Definition dialog box-u* u kome će biti definisani parametri rešetke, programiranje f-ja u *User-Defined dialog box-u* korišćenjem osnovnih sintaksi i zatim vizuelno testiranje istih [7].

7. SIMULACIJA FBG

U ovom delu rada biće prikazan efekat apodizacije na optičke k-ke optičke rešetke. U fokusu će pre svega biti uticaj apodizacije na izobličenje bočnog opsega rešetke, a da bismo to što lakše uvideli uradićemo uporednu analizu 2 rešetke, jedne koja je apodizovana i druge koja nije.

U oba slučaja koristićemo sinusoidalnu Bragovu optičku rešetku koja nema čirp čiji su srednji indeks prelamanja i apodizacija definisani od strane korisnika. Srednji indeks prelamanja je modulisan korišćenjem Gausove f-je:

$$Index_mod \cdot \exp\left(-\ln 2 \cdot \left(2 \frac{xLenght}{2Lenght}\right)^2\right) \quad (2),$$

dok je FBG apodizovana pomoću Gausove f-je:

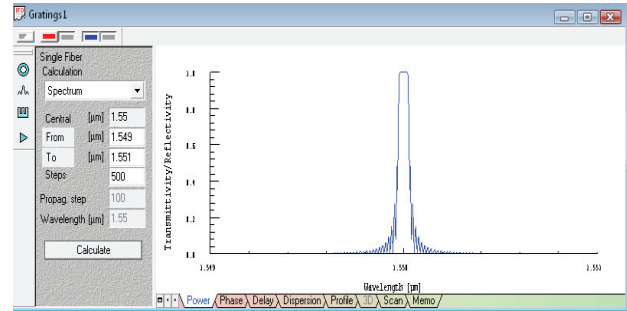
$$\exp\left(-\ln 2 \cdot \left(2 \frac{xLenght}{2Lenght}\right)^2\right) \quad (3),$$

gde promenljiva x predstavlja rastojanje duž vlakna. Obe rešetke će biti definisane unošenjem broja segmenata u Number of Segments box, a svi segmenti će biti posmatrani kao homogena rešetka.

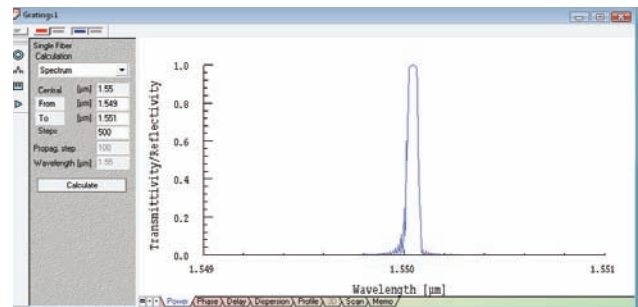
Jedna od nepovoljnosti apodizacije jeste ta što smanjuje efektivnu dužinu rešetke. Stoga, da bismo dobili rešetke iste FWHM, apodizovana rešetka će imati veću dužinu u

odnosu na neapodizovanu koja ima ekvivalentan propusni opseg.

Glavni rezultat predstavljaće refleksioni spektar na kojem se vidi značajno potiskivanje izobličenja bočnog opsega. Na slikama 4 i 5 dat je prikaz spektra refleksije neapodizovane i apodizovane rešetke pri centralnoj talasnoj dužini od 1.55 μm. Vidi se, takođe, da je izobličenje bočnog opsega u slučaju rešetke na koju je postupak apodizacije primenjen u znatnoj meri potisnut u odnosu na rešetku na koju nije.



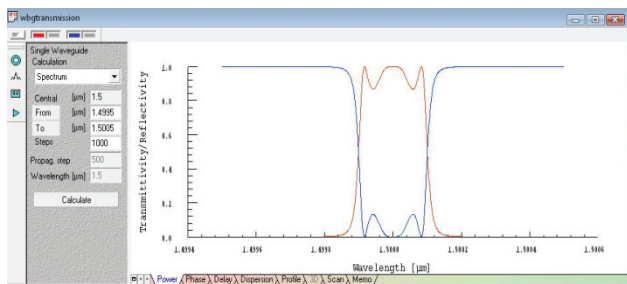
Slika 4. Izgled reflektivnog spektra **neapodizovane** FBG pri centralnoj talasnoj dužini od 1.55 μm



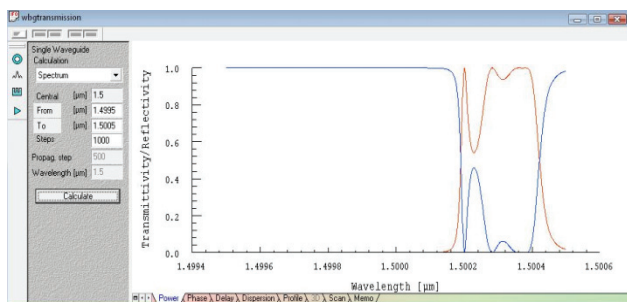
Slika 5. Izgled reflektivnog spektra **apodizovane** FBG pri centralnoj talasnoj dužini od 1.55 μm

U ovom delu rada biće prikazan uticaj amplitude i položaja fazno pomerene oblasti na oblik spektra. Osnovnu strukturu talasovoda, koji predstavlja osnov InP/InGaAsP filtra, čini 5 rešetki i 4 fazno pomerene oblasti. Uniformne rešetke pravougaonog oblika smeštene su na vrh talasovoda. Rešetke su međusobno razdvojene pomoću fazno pomerene oblasti različitih dužina. Ono što dobijamo kao rezultat jeste transmisio/refleksivni spektar. On ustvari pokazuje da od izbora položaja i amplituda fazno pomerene oblasti zavisi i sam oblik spektra, što implicira da pravim izborom istih možemo dobiti spektar približno pravougaonog oblika.

U ovom delu rada data je uporedna analiza 2 transmisio/refleksivna spektra. Oba spektra imaju isti opseg talasnih dužina, isti broj koraka za koje se izvršava proračun i isto definisane parametre rešetke. Osnovnu razliku predstavljaju različite vrednosti faznih pomeranja. Spektar gotovo pravougaonog oblika dobija se za vrednosti 0.5, 1.5, 2.5, 3.5 pri centralnoj talasnoj dužini i to je prikazano na slici 6. Za vrednosti faznih pomeranja od 0.7, 1.7, 2.7, 3.7 pri centralnoj talasnoj dužini možemo da primetimo da je „skoro“ pravougaoni oblik spektra narušen sa leve strane što potvrđuje slika 7.



Slika 6. Izgled spektra za vrednosti faznih pomeranja 0.5, 1.5, 2.5, 3.5 pri centralnoj talasnoj dužini



Slika 7. Izgled spektra za vrednosti faznih pomeranja 0.7, 1.7, 2.7, 3.7 pri centralnoj talasnoj dužini

8. ZAKLJUČAK

Simulacijom Bragove optičke rešetke, odnosno sagledavanjem uticaja pojedinih parametara na FBG, možemo izvući neke veoma važne zaključke. U fokusu nam je prvo efekat apodizacije na optičke k-ke Bragove optičke rešetke.

Uporednom analizom apodizovane i neapodizovane rešetke možemo sagledati prednosti i mane uticaja same apodizacije.

Apodizovane rešetke u značajnoj meri obezbeđuju potiskivanje izobličenja bočnog opsega, a da pritom održavaju uzan propusni opseg i reflektivnost. Glavna nepovoljnost apodizacije je ta što umanjuje efektivnu dužinu rešetke. Dakle, da bismo dobili rešetke iste FWHM, apodizovana rešetka će imati veću dužinu u odnosu na neapodizovanu koja ima ekvivalentan propusni opseg.

Druga stvar koju smo mogli da primetimo jeste ta da u velikoj meri izbor položaja i amplitude fazno pomeranih oblasti utiče na oblik spektra. Prethodno navedeno implicira da se spektar pravougaonog oblika može dobiti pravim izborom amplitude i položaja fazno pomeranih oblasti. U radu je pokazano da je ovakav oblik spektra postignut za vrednosti faznih pomeranja 0.5, 1.5, 2.5 i 3.5 pri centralnoj talasnoj dužini.

9. LITERATURA

- [1] www.wikipedia.com
- [2] Julie K. Paterenc, *Fiber Optics Illustrated Dictionary* CRC Press LLC, 2000 N.W. Corporate Blvd., Boca Raton, Florida 33431, 2003
- [3] Michael Bass and Eric W. Van Stryland, *Fiber Optics Handbook* The McGraw-Hill Companies, Inc, United States of America, 2002
- [4] W. W. Morey, G. Meltz, and W. H. Glenn, Fibre optic Bragg grating sensors, *Proc. SPIE*, 1169, pp. 98–107, 1989.
- [5] Y. J. Rao, Review article: In-fibre Bragg grating sensors, *Meas. Sci. and Technol.*, 8, pp. 355–375, 1997.
- [6] P. Ferdinand, O. Ferragu, J. L. Lechien, B. Lescop, V. Marty, V. S. Rougeault, G. Pierre, C. Renouf, B. Jarret, G. Kotrolsios, V. Neuman, Y. Depeursings, J. B. Michel, M. V. Uffelen, Y. Verbandt, M. R. H. Voet, and D. Toscano, Mine operating accurate stability control with optical fibre sensing and Bragg grating technology: The BRITE-EURAM STABILOS project, *J. Lightwave Technol.*, 13, pp. 1303–1313, 1995.
- [7] OptiWave, OptiGrating, <http://www.optiwave.com>

Kratka biografija



Jovana Lazović rođena je 24.04.1984. godine u Novom Sadu, Republika Srbija. Elektrotehniku na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu upisala je 2003. godine, smer Mikroracunarska elektronika



Nikola Stojanović rođen je u Odžacima 1980. god. Diplomirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2007. god., a od 2008. god je u zvanju stručnog saradnika na FTN. Oblast interesovanja mu je optoelektronika.



Miloš Živanov rođen je 1948. godine u Novom Sadu. Doktorirao je na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu 1992. god., a od 2004. god je u zvanju redovnog profesora na FTN. Oblast interesovanja mu je elektronika i optoelektronika.



Miloš Slankamenac rođen je u Novom Sadu 1977. god. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2010. god., a od 2005. god je u zvanju asistenta na FTN. Oblast interesovanja mu je elektronika i optoelektronika.

**ANALIZA POLIMIIOGRAFSKIH SIGNALA SNIMLJENIH TOKOM HODA
ANALYSIS OF POLYMIIOGRAPHIC SIGNALS RECORDED DURING GAIT**

Chen Wei Wei, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu opisan je jedan način za obradu površinskih elektromiografskih signala dobijenih tokom hoda. EMG se snima sa šest mišića noge u isto vreme. Osim EMG-a, snima se i sila reakcije podloge primenom senzora sile. Tako snimljene sirove EMG signale treba procesirati kako bi mogli doći do korisnih informacija o funkcionalnosti karakterističnog pokreta u toku hoda. Objasnjene su metode za eliminaciju šumova koji se neizbežno beleže zajedno sa EMG signalom.

Abstract – In this paper the ways of processing surface EMG recorded during gait are described. EMG was recorded on six leg muscles in the same time period. There raw EMG signals should be processed so that we could get useful informations about the functional characteristics of the movements. The ways of eliminating noises which are unavoidably recorded along with EMG signal are described.

Ključne reči: EMG, FSR, procesiranje

1. UVOD

Elektromiografija (EMG) je medicinska tehnika za merenje električnih signala koji aktiviraju mišićna vlakna [1]. EMG signali se snimanju pomoću instrumenta koji se zove elektromiograf, a snimci nastali korišćenjem elektromiografa zovu se elektromiogrami. Elektromiograf detektuje električne potencijale generisane od strane mišićnih ćelija, kada se te mišićne ćelije električno ili neurološki aktiviraju.

Signali se analiziraju radi detektovanja medicinskih abnormalnosti, nivoa aktivacije, načina regrutovanja ili za analizu biomehaničkih pokreta čoveka ili životinja.

2. SNIMANJE EMG-A**2.1. Priprema kože za snimanje EMG-a**

Kvalitet merenog EMG signala u velikoj meri zavisi od načina na koji se pripremi površina kože i od pozicioniranja elektroda [2]. Glavna strategija pripreme kože za snimanje EMG-a je stabilni kontakt elektrode i niska impedansa kože. Većina modernih EMG pojačavača su dizajnirani za impedansu kože između 5-50kΩ. Spoj između kože i elektroda predstavlja parazitnu impedansu čija veličina zavisi od više faktora: debljine kože, kvaliteta spoja između elektroda i kože, karakteristike provodne paste (kod Ag/AgCl elektroda) i površine elektroda.

Obično je neophodno da se izvrši priprema površine kože pre nego što se postave elektrode.

NAPOMENA:

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

Ne postoje opšta pravila, već nekoliko mogućnosti za postizanje najboljih uslova merenja EMG signala. Osobama koje po prvi put vrše EMG merenja, se preporučuje da nakon izabrane metode merenja, izmere stvarne impedanse između elektroda pomoću regularnog multimeriča ili specijalizovanog merača impedanse. Druga važna stvar je razmatranje ciljnog mesta za merenje EMG signala, kao i vežbe koje treba uraditi ispitanik. Ako su vežbe statički ili sporiji pokreti i osnovna ideja je kvalitativna analiza, onda je dovoljno samo alkoholom očistiti mesto gde se postavlja elektroda. Ako se planiraju veoma dinamični pokreti sa rizikom od artefakta pokreta (npr. hodaње, trčanje, ili pokreti sa ubrzanjima) onda je neophodna vrlo temeljna priprema lokacije [1].

2.2. Elektrode

Elektrode su prva karika u lancu snimanja i obrade EMG signala [1]. Izbor elektroda, način postavljanja i povezivanja sa pojačavačima bitno utiče na krajnje rezultate.

Postoji više tipova elektroda koje se generalno mogu podeliti na površinske i intramuskularne. Površinske elektrode su najčešće napravljene od metalnih diskova ili od provodnih polimera nanesenih na tkaninu. Zbog svojih neizvazivnih karakteristika, u većini slučajeva površinske elektrode se koriste u studijama lokomocije i kineziološkim istraživanjima. Intramuskularne elektrode se prave od nerđajućeg čelika. Ovakve vrste elektroda se koriste kod praćenja funkcionisanja jedne ili više motornih jedinica [1].

Signali analizirani u radu dobijeni su snimanjem pomoću površinskih Ag/AgCl elektroda koje su postavljane prema SENIAM preporuci. Koža je prethodno očišćena alkoholom [2].

2.3. Pojačavači

Za snimanje bilo intramuskularnog ili površinskog EMG-a potrebni su pojačavači određenih karakteristika. Razlozi za izbor parametara ovih pojačavača odlikavaju probleme vezane za snimanje 'čistog' EMG-a. On treba da bude pojačan bez izobličenja, bez šuma i artefakta.

Površinski EMG ima maksimalnu amplitudu od 5 mV (*peak-to-peak*) za vreme maksimalne voljne kontrakcije [1]. Nivo šuma meren na izlazu pojačavača sa kratkospojenim ulazom ne sme da pređe 50 mV.

Pojačanje treba da bude toliko da pri maksimalnom ulaznom signalu pojačavač ne odlazi u zasićenje. U zavisnosti od toga gde se vodi pojačani signal (pisač, osciloskop, traka, A/D konvertor ili sledeći stepen obrade signala), pojačanje treba da se kreće u granicama od 100 do 10000.

Pojačavači kod EMG-a deluju kao diferencijalni pojačavači i imaju ulogu da eliminišu artefakte. Diferencijalni pojačavači detektuju razlike u potencijalima između elektroda i poništavaju spoljašne smetnje. Tipične spoljašne smetnje stižu do obe elektrode bez faznog pomeraja. Ovaj „zajednički mod“ su jednaki signali po fazi i amplitudi. CMRR (Common Mode Rejection Ratio) predstavlja vezu između diferencijalnog i zajedničkog moda i stoga je i kriterijum za kvalitet izabranog pojačavača. CMRR treba da je što veći, jer je eliminacija šumova veoma važna za očuvanje kvaliteta signala. Vrednosti iznad 95dB se uzimaju kao prihvatljive [1].

Jedna od mogućnosti je da se neposredno pored elektroda nalazi instrumentacioni pojačavač sa pojačanjem od 100-300. Ova konfiguracija se zove aktivna elektroda. Osnovna ideja korišćenja aktivnih elektroda je lociranje pojačavača blizu mesta detekcije, te rano prihvatanje signala i smanjivanje artefakta pomeranja kablova.

Ulazna impedansa pojačavača za snimanje bioloških signala mora biti dovoljno velika da ne oslabi signal na ulazu.

Za snimanje EMG signala koji su analizirani u ovom radu korišćeni su EMG pojačavači sledećih karakteristika: pojačanje od 200dB, ulazna impedansa 10M Ω , donja granična učestanost od 10Hz i gornja granična učestanost od 500Hz. Signali su semplovani sa frekvencijom od 1000Hz.

2.4. Frekvencija i amplituda EMG-a

Frekvencijski opseg EMG pojačavača mora da bude takav da sve komponente frekvencijskog spektra EMG-a budu pojačane. Frekvencijski spektar EMG-a, na osnovu mnogobrojnih publikacija (ako se usvoje krajnje vrednosti) se kreće između 5 Hz i 2000 Hz. Kod površinskih elektroda komponente preko 1000 Hz su zanemarljive. Frekvencijski opseg pojačavača za snimanje površinskog EMG-a se kreće od 10 Hz do 1000 Hz. Površinski EMG ima značajnu snagu ispod 100Hz. Najozbiljniji izvor šuma su učestanosti mreže (50/60 Hz), jer ove učestanosti leže unutar opsega korisnog signala. Artefakti pomeranja kablova, odnosno elektroda, imaju niže učestanosti (ispod 10 Hz) tako da ih je, generalno, moguće uspešno filtrirati [1]. EMG signal se može analizirati i u vremenskom domenu tako što se analiziraju karakteristični pikovi, srednja vrednost, minimalna vrednost, površina i nagib. Preduslov je ispravljanje EMG signala, zbog bipolarne prirode signala.

2.5. Smetnje i šumovi u EMG signalima

Na EMG signal superponirani su i brojni šumovi. Veoma je važno da se prepoznaju i razumeju poreklo i karakteristike električnih smetnji i šumova. Izvori šuma mogu biti biološki (unutrašnji) i spoljni. Primer biološkog šuma je elektrokardiološki (EKG) signal. Ovaj signal je posebno izražen kod mišića trupa. Spoljni šum potiče od mreže, okolne aparature, samih pojačavača, kao i od pomeranja elektroda na površini kože.

2.6. Karakteristike hoda

Jedan ciklus hoda predstavlja interval između dva inicijalna kontakta sa podlogom iste noge [4]. Trenutak kontakta podloge je jasno definisan događaj te je zbog toga ta aktivnost odabrana kao početak ciklusa. EMG

snimanja pri hodu nam pokazuje aktivnost pojedinih mišića prilikom ciklusa hoda, tj redosled, međusobnu povezanost, intenzitet i trajanje aktivnosti pojedinih mišića prilikom hoda. Snimljeni EMG signali tokom hoda ispitivanja se najbolje analiziraju ako se taj EMG signal procesira metodom linearne anvelope [4]. Kada je u pitanju hod, najveća pažnja se posvećuje aktivnosti 10 mišića, a to su: tibialis anterior, soleus, gastrocnemius lateralis, vastus medialis, vastus lateralis, rectus femoris, biceps femoris, semimembranosus, medial hamstring i gluteus medius. Ispitivanja se mogu vršiti na svih 10 mišića ili na nekoj manjoj grupi mišića. Bitna karakteristika prilikom merenja EMG hoda je NMSE (Normalised Mean Square Error). NMSE zavisi od tri faktora: broja koraka, brzine hoda i izbora filtera za procesiranje signala. Greška se povećava ukoliko se koristi mali broj koraka, odnosno greška dramatično raste ukoliko je broj koraka manji od pet. Uočeno je da je NMSE greška unutar par procenata ako se analizira 20 koraka. Brzina hoda ima mali uticaj na NMSE ako se analiziraju više od 6-8 koraka i ako je frekvencija niskopropusnog filtera veća od 6Hz. Frekvencija niskopropusnog filtera je od velikog uticaja na ishod NMSE. Primećeno je ako se npr. koristi frekvencija od 2Hz za granicu niskopropusnog filtera, ona stvara veliku promenu u proceni linearne anvelope. Daljom analizom je uočeno da frekvencija od 10Hz daje minimalnu grešku NMSE [4]. Analiza hoda je veoma teška jer se šablon teško uočava. Karakteristike hoda pojedina se razlikuju, što proizvodi nekonzistentne šablone.

FSR signali su mereni elektrodama postavljenim na osam tačaka na stopalu ispitanika. FSR signal predstavlja jačinu stiska na postavljenu elektrodu tokom hoda ili tokom neke vežbe zadate od strane doktora. FSR i EMG signali su mereni različitim uređajima, stoga je neophodno njihova sinhronizacija. Na osnovu FSR signala možemo ustanoviti početak i kraj koraka, kao i ukupan broj koraka.

3. OBRADA EMG SIGNALA

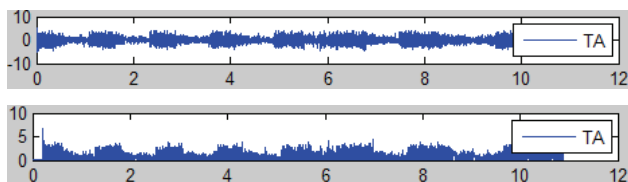
Potreba za obradom EMG signala potiče od činjenice da izvorni signal nije pogodan za direktnu upotrebu, jer se sastoji od korisnog signala i šumova [1]. U ovom radu obrada EMG signala se sastoji od dvostranog usmeravanja praćenog nekim tipom filtriranja. Razlog za ovakav pristup bazira na sledećoj reprezentaciji EMG signala:

$$emg(t) = I(t) \quad (1)$$

gde je $emg(t)$ snimljeni EMG signal, $I(t)$ je vremenski promenljiv intenzitet EMG signala, a $n(t)$ je stacionaran stohastički proces nulte srednje vrednosti. Iz ovako predstavljenog EMG signala moguće je ispravljanjem i pogodnim filtriranjem izdvojiti podatak o intenzitetu $I(t)$.

3.1. Ispravljanje signala i linearna anvelopa

Ispravljanje signala daje za rezultat apsolutnu vrednost EMG-a, nenulte srednje vrednosti [1]. U prvom koraku sve negativne amplitude se pretvaraju u pozitivne amplitude (slika 1). Osim lakšeg čitanja grafika, glavni cilj je da se dođe do informacija o standardnim parametrima kao što su srednja vrednost, maksimalna vrednost i površina.



Slika 1. Prikaz EMG signala snimljenog sa m. tibialis anteriora pre i posle korišćenja dvostrukog ispravljanja

Kada ispravljeni EMG signal propustimo kroz filter propusnik niskih učestanosti dobijamo linearnu anvelopu, tj. obvojnici signala [1]. Filtrirani signal prati trend EMG-a, odnosno tenziju u mišiću. Učestanost odsecanja ovakvog filtra je najčešće između 8 i 12 Hz. Izbor vremenske konstante filtera je kompromis između brzine odziva i kvaliteta filtriranja u stacionarnom režimu. Vremenska konstanta se bira tako da filtrirani signal dobro prati brze promene u prelaznim režimima i da ne varira mnogo u stacionarnom stanju. Najčešća primena linearne envelope EMG-a je kvantifikacija mišićne aktivnosti u toku lokomocije.

3.2. Digitalno filtriranje

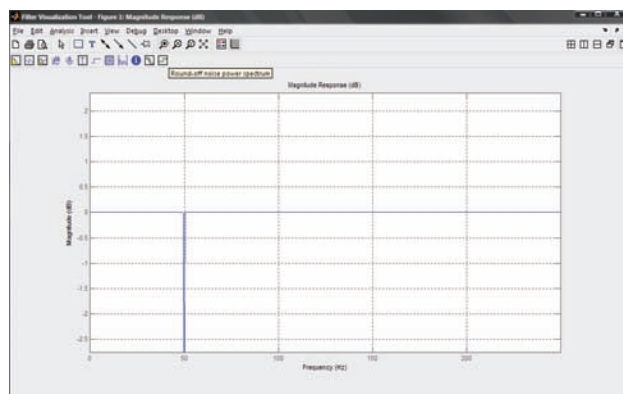
Opseg frekvencija u spektru EMG signala je od 0 do oko 500 Hz. Glavni izvor šuma je mrežno napajanje tj. signal učestanosti 50 Hz. Amplituda ovog šuma može da bude veća od samog snimljenog EMG signala. Za uklanjanje šuma na 50 Hz koristi se notch filter na toj frekvenciji. Međutim, pošto ne postoji idealan notch filter, biće odsečene i okolne frekvencije, a pošto je veliki deo spektralne snage EMG signala u opsegu od 20-100 Hz, primena notch filtra dovešće do distorzije signala [1]. Od digitalnih filtera, primenjuje se niskopropusni filter za kreiranje linearne anvelope. U ovom radu korišćen je Batervortov filter drugog reda sa graničnom učestanošću od 8Hz. Osim NF filtra, koristi se i band-pass da bi na niskim frekvencijama eliminisao električne šumove vezane za pomeranje kablova, kao i biološke artefakte, kao i da bi na visokim frekvencijama eliminisao sve signale koji ne potiču od mišićne aktivnosti.

3.2.1. Notch filter

Notch filter je band-stop filter sa uskim nepropusnim opsegom frekvencija, drugim rečima, radi se o filteru koji propušta većinu frekvencija osim zadate. U većini slučajeva amplitudska frekvencijska karakteristika notch filtera izlaza kao na slici 2. Koristi se za eliminisanje šuma električnih uređaja.

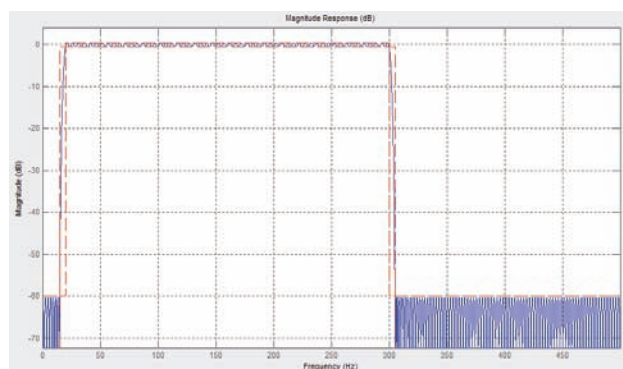
3.2.2. Band-pass filter

Band-pass filter propušta frekvencije unutar određenih granica i potiskuje komponente izvan tih granica. Idealan band-pass filter bi trebalo da je potpuno ravan u propusnom opsegu, a u nepropusnom opsegu takav da maksimalno smanji sve frekvencije. U praksi, nijedan band-pass filter nije idealan i ne smanjuje kompletno sve frekvencije izvan propusnog opsega. Posebno se obraća pažnja na region neposredno izvan granica propusnog opsega gde su frekvencije smanjene, ali ne i potpuno potisnute.

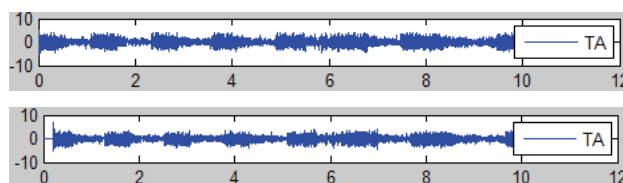


Slika 2. Amplitudska karakteristika realizovanog notch filtera na 50Hz

Ova pojava se zove filter roll-off (prelazna zona). Potrebno je da prelazna zona bude što uža [3]. Na slici 3. je prikazan Band-pass filter sa propusnim opsegom od 20Hz do 300Hz koji je realizovan u Matlabu primenom *filterbuilder* funkcije...



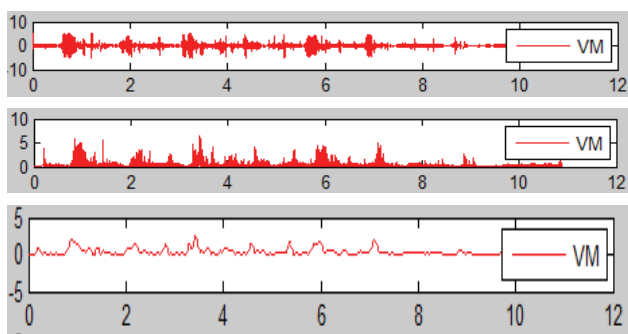
Slika 3. Band-pass filter sa propusnim opsegom od 20Hz do 300Hz



Slika 4. Prikaz EMG signala snimljenog sa m. tibialis anteriora pre i posle korišćenja band-pass filtera

3.2.3. Lowpass filter

Niskopropusni filter je filter koji propušta niske frekvencije a sve frekvencije iznad zadate granice smanjuje. U radu je korišćen lowpass filter da bi se dobila linearna anvelopa. Granica niskopropusnog filtera podešena je na 8Hz. Pre primene niskopropusnog filtera u cilju dobijanja efekta linearne anvelope, potrebno je prvo izvršiti ispravljanje EMG signala (slika 5).



Slika 5. a) originalni EMG signal sa m. vastus medialis; b) ispravljeni EMG signal; c) linearna anvelopa dobijena primenom LP filtra sa graničnom učestanošću od 8 Hz

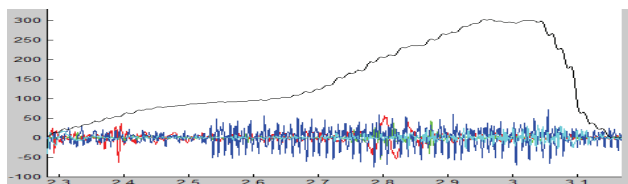
Za dobijanje ovakavog signala ne sme se koristiti standardna Matlab-ova funkcija za filtere *filter*, jer primenom niskopropusnog filtera ona uvodi određeno kašnjenje. Kašnjenje postoji jer filter daje sebi vreme da „predvidi“ budućnost kretanja obrađivanog signala. Za rešavanje ovog problema koristi se Matlab-ova funkcija *filtfilt* koja obavlja, bez pomeranja osnovnog signala, digitalno filtriranje obradom ulaznih podataka u oba smera, napred i nazad, i tako eliminiše kašnjenje signala.

3.4. Normalizacija amplitude

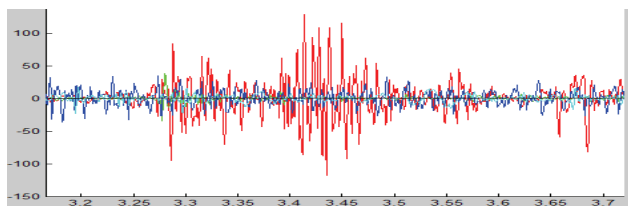
Veliki problem bilo koje analize EMG signala je u tome da amplituda zavisi od uslova snimanja, tako da može puno varirati u zavisnosti od lokacije elektroda, ispitanika, a čak i od dana vršenja merenja na istom mišiću [2]. Jedno od rešenja za prevazilaženje ovog problema je normalizacija. Veoma je važno da se razume da normalizacija amplitude ne menja oblik EMG krive, već samo podrazumeva skaliranje po Y-osi.

3.5. Izdvajanje koraka i njegovih faza

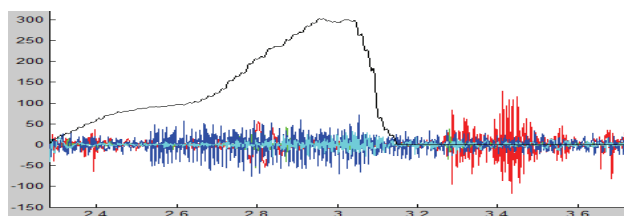
Nakon sinhronizacije FSR i EMG signala možemo započeti analizu hoda. Na osnovu FSR signala izdvojeni su koraci, a svaki ciklus hoda je podeljen na dve faze: faza kada ne postoji kontakt prednjeg dela stopala sa podlogom (nema signala na FSR-u) i faza kada postoji kontakt prednjeg dela stopala sa podlogom (postoji signal na FSR-u). Posmatranjem EMG signala zajedno sa FSR signalom može se utvrditi koja grupa mišića je aktivna u kojoj fazi hoda.



Slika 7. Faza oslonca stopala; FSR je predstavljen crnom bojom, dok su EMG signali predstavljeni raznim bojama



Slika 8. Faza zamaha stopala; FSR je predstavljen crnom bojom, dok su EMG signali predstavljeni u raznim bojama



Slika 9. Faza oslonca i zamaha oslonca

Slika 7 prikazuje zabeleženi pik na FSR signalu kao i grupu mišića koje se aktiviraju tokom faze oslonca stopala. Slika 8 prikazuje stanje mirovanja FSR signala tj fazu zamaha i aktivaciju druge grupe mišića u odnosu na fazu oslonca.

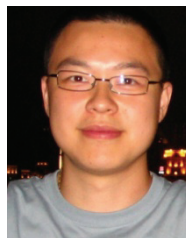
4. ZAKLJUČAK

Tokom snimanja mora se voditi računa o poštovanju protokola, izboru elektroda i aparature, a u cilju dobijanja što kvalitetnijih EMG i FSR signala. Prvi korak bio je sinhronizacija EMG-a i FSR-a pošto su ovi signali snimani sa dva različita aparata. Ukoliko se signali ne sinhronizuju ispravno, analiza će davati netačne rezultate. Sledeći korak je izbor filtera na osnovu snimljenih EMG signala i u skladu sa svrhom njihove obrade. Pogrešnim odabirom filtera može se smanjiti, povećati, izgubiti ili izobličiti deo izvornih EMG signala, koji predstavljaju dragocene informacije u analizi, i ukoliko se kao takvi koriste, svi rezultati koji se dobiju, neće imati smisla. Dalje usavršavanje procedura, tehnika i protokola za procesiranje EMG signala moglo bi u velikoj meri da pomogne lekarima u dijagnostifikovanju bolesti, ali i pomoći pacijentima da vode kvalitetniji život.

5. LITERATURA

- [1] D.B. Popović, M.B. Popović, „Biomedicinska instrumentacija i merenja“, Nauka, Beograd 1997
- [2] www.noraxon.com/emg/emg.php3
- [3] http://en.wikipedia.org/wiki/Band-pass_filter
- [4] R. Shiavi, C. Frigo, A. Pedotti: Electromyographic signals during gait: criteria for envelope filtering and number of strides. *Med. Biol. Eng. Comput.*, 35, 171-178, 1998.

Kratka biografija:



Chen Wei Wei rođen je u Šangaju, NR Kina 1983 god. Apsolvent je na Fakultetu tehničkih nauka, odsek Računarstvo i automatika, katedra za automatiku i upravljanje sistemima.

MODELOVANJE I SIMULACIJA ELEKTRO-OPTIČKOG EFEKTA ELECTRO-OPTIC EFFECT MODELING AND SIMULATING

Nebojša Čikarić, Miloš Slankamenac, Nikola Stojanović, Miloš Živanov, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu su prikazane osnovne karakteristike i vrste optičkih talasovoda i ukratko opisan elektro-optički efekat. Simulirano je prostiranje svetlosti kroz Mach-Zehnder interferometrijsku skretnicu u zavisnosti od primenjenog napona na elektrodi i analizirani su dobijeni rezultati.

Abstract – This paper presents the basic characteristics and types of optical waveguides and briefly describes electro-optic effect. It shows the results of simulation of light propagation through the Mach-Zehnder interferometric switch depending on the applied voltage on the electrode.

Ključne reči: elektro-optički efekat, optoelektronika, OptiBPM.

1. UVOD

Potreba za što bržim i efikasnijim prenosom podataka sve je izraženija u današnjem svetu. Upravo ova činjenica dovodi do sve veće upotrebe optičkih vlakana i talasovoda. S obzirom da su strukture koje se koriste sve složenije, njihovo projektovanje predstavlja sve zahtevniji posao. Najznačajniji problem koji se javlja pri projektovanju je simulacija prostiranja svetlosti kroz optička vlakna, talasovode i strukture koje su njihova kombinacija. U tu svrhu su razvijene mnoge metode kao i alati koji obavljaju simulacije. Jedna od takvih metoda je i metoda propagacije zraka (eng. Beam propagation method - BPM). Softverski alat koji je zasnovan na ovoj metodi je OptiBPM.

Ova aplikacija dozvoljava projektovanje fizičkog izgleda talasovoda bilo kog profila a u njemu se mogu simulirati mnogi efekti koji se javljaju pri prostiranju svetlosti kroz njih. Između ostalog, interesantno je posmatrati promenu karakteristika materijala od kog je načinjen talasovod usled pojave elektro-optičkog efekta koji se javlja pod uticajem spoljašnjeg električnog polja.

2. TEORIJSKA ANALIZA

Optički talasovodi su ključni elementi optičkih uređaja koji obavljaju vođenje, spajanje, razdvajanje, prekidanje, multipleksiranje i demultipleksiranje optičkih signala. Pasivni talasovodi, elektro-optičke komponente, predajnici i prijemnici se mogu integrisati u jedan čip koristeći planarnu tehnologiju, analognu onoj koja se koristi u mikroelektronici. Iako je princip rada dobro

istražen i proučen, njihov pojedinačan učinak zavisi od mnogo parametara – geometrije, talasne dužine, početne tačke prostiranja, materijala od kog su načinjeni kao i od elektro-optičkih efekata. Sve ove parametre je potrebno optimizovati pre fabrikacije čipa s obzirom da je postupak fabrikacije dosta složen.

Dizajn optičkih talasovoda se uglavnom zasniva na simulaciji prostiranja svetlosnih talasa kao i njihovom smanjenju, odnosno, pojačanju. Jedan deo ulaznih parametara se odnosi na geometriju talasovoda, parametre proizvodnje, kao i način i vrstu upotrebe materijala za izradu talasovoda. Drugi deo se odnosi na numeričke proračune čije je osnovno poznavanje neophodno s obzirom da se pri projektovanju koriste savremeni numerički algoritmi.

2.1. Metoda propagacije zraka

Metoda propagacije zraka (eng. Beam Propagation Method – BPM) predstavlja aproksimacionu tehniku simulacije prostiranja svetlosnih talasa kroz sporopromenljive optičke talasovode. Precizna simulacija prostiranja talasa kroz veoma dugačak talasovod (dugačak u poređenju sa talasnom dužinom talasa) bi bila veoma komplikovana. Umesto toga, koristi se metoda prostiranja talasa koja se zasniva na metodi konačnih razlika i kao takva je jedna od najmoćnijih tehnika za proučavanje linearnog i nelinearnog prostiranja talasa kroz aksijalno promenljive talasovode. U njih se ubrajaju krivolinijski kapleri, talasovodi za grananje i kombinovanje signala, S – talasovodi kao i suženi talasovodi. Ova metoda je takođe značajna i za analizu prostiranja ultrakratkih svetlosnih talasa kroz optička vlakna.

Kao i metoda konačnih razlika u vremenskom domenu i BPM rešava Maksvelove jednačine koristeći konačne razlike umesto parcijalnih izvoda. U računskom pogledu je veoma zahtevna ali zato poseduje mogućnost preciznog modelovanja velikog broja različitih modela optičkih talasovoda. Pristup rešavanju Maksvelovih jednačina se na dva načina razlikuje od potpunog i direktnog rešavanja koji koristi metoda konačnih razlika u vremenskom domenu. Prvo, BPM deluje u potpunosti u frekvencijskom domenu i kao takva može modelovati samo male nelinearnosti. Druga razlika je upotreba aproksimacije sporo-promenljive anvelope u pravcu ose prostiranja talasa. Naime, za ovu metodu važi pretpostavka da svaki uređaj ima optičku osu i da se većina svetlosti prostire u tom pravcu, ili bar približno u tom pravcu. Kao i u većini literature vezane za ovu oblast, u ovoj metodi se za optičku osu uzima treća prostorna koordinata z.

2.2. Elektro-optički efekat

Elektro-optički efekat predstavlja promenu optičkih svojstava materijala koja nastaje usled varijacija

NAPOMENA:

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

električnog polja koje su spore u odnosu na frekvenciju svetlosti. Termin obuhvata veliki broj različitih pojava koje se mogu podeliti na:

- Promene u apsorpciji svetlosti:
 - opšta promena apsorpcionih konstanti
 - Franc-Keldišov efekat
 - Štarkov efekat
 - elektro-hromatski efekat
- Promene indeksa prelamanja:
 - Pokelsov efekat (linearni efekat) - promena u indeksu prelamanja linearno proporcionalna električnom polju. Ovaj efekat se javlja samo kod određenih materijala jer se javlja kod nesimetričnih kristala.
 - Kerov efekat (kvadratni efekat) - promena u indeksu prelamanja kvadratno proporcionalna električnom polju. Efekat je, generalno, slabiji nego Pokelsov efekat ali se ispoljava kod skoro svih materijala (u većoj ili manjoj meri).

U principu, primenjeno električno polje menja indeks prelamanja materijala (n_0) u skladu sa jednačinom:

$$\frac{1}{n} = \frac{1}{n_0} + rE + RE^2 + \dots \quad (1)$$

U amorfim materijalima ili centro-simetričnim kristalima koeficijenti neparnih stepena od E su nule, a prvi izraz RE^2 koji je različit od nule predstavlja kvadratni Kerov efekat, obično karakterisan za svaki materijal Kerovom konstantom:

$$B = \frac{\Delta n}{\lambda E^2} = \frac{n_0^2}{2\lambda_0} R, \quad (2)$$

gde je λ_0 talasna dužina svetlosti u vakuumu [1]. Kvadratni elektro-optički efekat (Kerov efekat) pripada nelinearnim optičkim procesima. Za razliku od linearnog EOE, on ne zahteva materijale bez centralne simetrije, već može biti generisan u materijalima sa bilo kojom molekularnom orijentacijom. Kada se ova dva efekta uporede može se zaključiti da je kvadratni mnogo manji od linearnog ali je za izotropne materijale kvadratni elektro-optički efekat najveći izvor nelinearnosti. Do ovog efekta dolazi tako što primenjeno električno polje primorava asimetrične molekule materijala (najčešće tečnosti) da se poravnaju u pravcu linija polja. Na taj način tečnost postaje anizotropna i birefringentna. Promena indeksa prelamanja je data jednačinom:

$$n_0 - n_e = K \cdot E^2 \cdot \lambda, \quad (3)$$

gde je K - Kerova konstanta, E - jačina električnog polja a λ - talasna dužina svetlosti.

Kerova ćelija je ćelija koja sadrži tečnost (tipično nitrobenzen) koja se nalazi između dve ravne ploče udaljene nekoliko milimetara na koje je primenjeno električno polje (reda 10-20 kV). Ako je polje takvo da ćelija menja na pola talasnu dužinu spoljnog svetlosnog zraka, onda će polarizacioni ugao iznositi 90°. Kada se dva para ovakvih elektroda za polarizaciju postave oko ćelije pod uglom od 45°, takva struktura ne dozvoljava prolaz svetlosti. Napon potreban da bi se ovo dobilo se

naziva "napon polovine talasne dužine". Pri ovom naponu ispunjena je sledeća jednačina:

$$(n_0 - n_e) \cdot d = \frac{\lambda}{2}, \quad (4)$$

gde je d - dužina Kerove ćelije. Iz pomenutih jednačina se mogu izvesti jednačine za računanje potrebne jačine polja kao i dužine ćelije pri kojima se pojavljuje efekat blokiranja prolaza svetlosti.

Kod kristala koji nemaju centralnu simetriju može se uočiti linearni elektro-optički efekat. Uslovi simetrije za nastanak ovog efekta su potpuno isti kao i uslovi za pojavu piezoelektričnog efekta. Linearni elektro-optički efekat daje linearne promene u indeksu prelamanja kao funkciju električnog polja, dok piezoelektrični efekat proizvodi linearna geometrijska izobličenja materijala u funkciji električnog polja. Pri ovom efektu promena indeksa prelamanja je data jednačinom:

$$n_0 - n_e = p \cdot E, \quad (5)$$

gde je E - jačina električnog polja a p - konstanta proporcionalnosti

3. OPTIBPM SOFTVERSKI ALAT

Opti BPM je sveobuhvatan programski alat koji služi za modelovanje kompleksnih optičkih talasovoda čija je svrha provođenje, spajanje, razdvajanje, prekidanje, multipleksiranje i demultipleksiranje signala u optičkim uređajima. Neke od njegovih najznačajnijih karakteristika su:

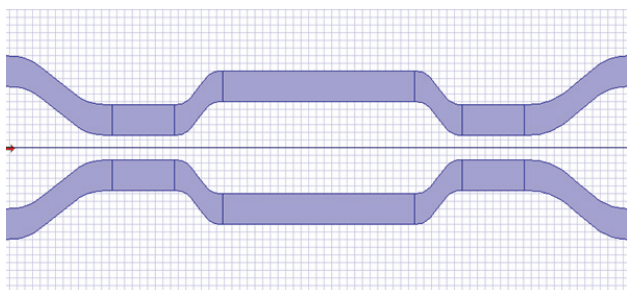
- Zasnovan je na metodi propagacije talasa (Beam Propagation Method – BPM) što mu omogućava simulaciju prostiranja svetlosti kroz bilo koju vrstu talasovoda.
- Sadrži mnoštvo funkcija među kojima je i mogućnost definisanja i upotrebe anizotropnih materijala u projektovanju talasovoda kao i u simulacijama.
- Omogućava projektovanje talasovoda integrisanih u substratu, uključujući ravne, izbočene, udubljene i ukopane talasovode kao i talasovode nastale difuznim procesom.
- Olakšava projektovanje splitera, kaplera, kombinatora (usklađivača), modulatora, demodulatora a takođe i uređaja baziranih na optičkim vlaknima [2].

Integrisano okruženje softvera omogućuje kombinovanje više vrsta talasovoda na istoj površini (optičkih vlakana, kanalnih i difuznih talasovoda). Jednostavan meni (*menu*) olakšava snalaženje u softveru i lagan izbor 2D ili 3D simulacija. Takođe, početnu tačku simulacije je moguće proizvoljno izabrati korišćenjem opcije za podešavanje ulazne ravni. *OptiBPM* sadrži mogućnost analize tolerancije i optimizacije na osnovu prikupljenih informacija u toku simulacije koji se upotrebom alata za kodiranje mogu modifikovati kako bi se zadovoljile potrebe kritične za dizajn. Ovim softverom je moguće projektovati talasovode raznih geometrijskih oblika kao što su pravougaoni, kružni, eliptični, prstenasti, parabolični, konusni itd. Osim pomenutih osnovnih geometrijskih oblika, za projektovanje talasovoda je omogućena i upotreba proizvoljnih oblika koji mogu biti dizajnirani bilo definisanjem svih linija oblika, bilo

definisanjem ključnih tačaka. U suštini, moguće je definisati bilo koji oblik talasovoda čije se prostorne koordinate mogu izraziti kao funkcija jedne promenljive. Moguće je projektovati i trodimenzionalne talasovode i tada je njihova dužina i širina definisana u x - z ravni a visina u y ravni. Postoji i opcija definisanja bočnog suženja i suženja po debljini, koje može biti linearno ili proporcionalno, kao i upotrebe nesimetričnih struktura.

4. PROSTIRANJE SVETLOSTI KROZ MACH-ZEHNDER INTERFEROMETRIJSKU SKRETNICU

Mach-Zehnder interferometrijska skretnica koju koristimo u ovom slučaju je načinjena difuzijom Ti u supstrat LiNb. Promena izlaza je dobijena primenom elektro-optičkog efekta na takvu strukturu. Razlika potencijala dovedena na elektrode dovodi do pojave električnog polja unutar supstrata koje prouzrokuje promenu njegovog indeksa prelamanja. Za dobro proračunatu vrednost primenjenog potencijala, za različite potencijale doći će do i različitog povezivanja ulaznih i izlaznih portova. Fizički izgled skretnice kreiran u OptiBPM-u je prikazan na slici 1.



Slika 1. Izgled Mach-Zehnder interferometrijske skretnice

4.1. Simulacija

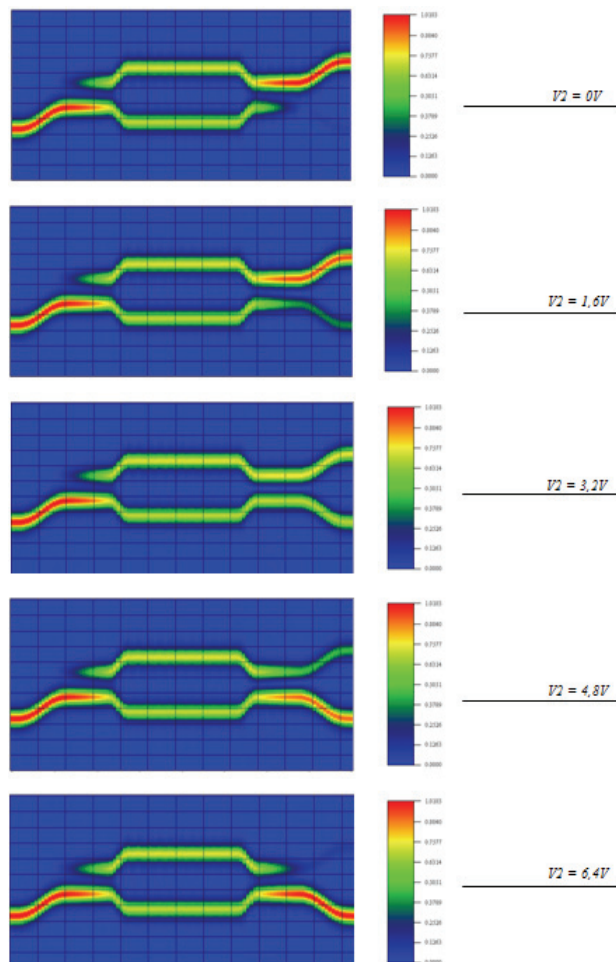
Za pokretanje simulacije prostiranja svetlosti kroz MZI skretnicu, potrebno je u OptiBPM-u definisati ulaznu ravan i parametre simulacije. Parametri koje je potrebno podesiti u ovoj simulaciji su sledeći:

- o Reference Index: Modal
- o Wavelength m: 1.3
- o Polarization: TM
- o Mesh—Number of points: 500
- o BPM solver: Paraxial
- o Engine: Finite Difference
- o Scheme Parameter: 0.5
- o Propagation Step: 1.3
- o Boundary Condition: TBC

Detaljnija analiza ponašanja svetlosti u zavisnosti od elektro-optičkog efekta je sprovedena upotrebom opcije Scripting. Za centralnu elektrodu je vezan promenljivi napon i menjan je u koracima od 0,8V.

4.2. Analiza simulacije

Analiza ponašanja svetlosti pri prostiranju kroz MZI je obavljena u softverskom alatu OptiBPM Analyzer. Na slici 2. su prikazani rezultati simulacije za vrednosti napona V_2 od 0V, 1.6V, 3.2V, 4.8V i 6.4V, respektivno. Analizom prostiranja svetlosti na slici 2. za svaku od vrednosti primenjenog napona, može se uočiti da se sa porastom napona na elektrodi povećava i elektro-optički efekat. Postepenim povećanjem napona na elektrodi dolazi do postepene promene indeksa prelamanja

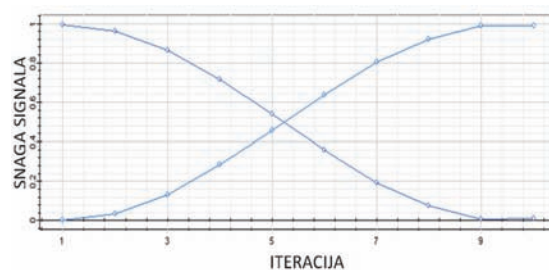


Slika 2. Prostiranje svetlosti za promenljive vrednosti napona centralne elektrode

Promena indeksa prelamanja dovodi do pojave da svetlost počinje da menja pravac prostiranja. Kao što se može videti u prvoj iteraciji na slici 2., pri naponu od 0V praktično celokupan svetlosni snop ide na gornji izlaz. Za vrednost primenjenog napona od 3,2V snop se skoro ravnomerno raspodeljuje na oba izlaza.

U poslednjoj iteraciji, pri naponu od 6,4V, snop prolazi, skoro u potpunosti, kroz donji izlaz. Dokaz da je stvarno promenjen pravac prostiranja svetlosnog snopa sa gornjeg na donji izlaz, može se videti i sa grafika na slici 3.

Naime, na njemu je prikazana zavisnost snage svetlosnog snopa na oba izlaza od primenjenog napona, tačnije, od rednog broja koraka pri povećanju napona (što je veći redni broj koraka, to je veći i primenjeni napon).



Slika 3. Zavisnost snage svetlosnog snopa na oba izlaza od primenjenog napona

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu je upotrebom OptiBPM softverskog alata simulirano prostiranje svetlosti kroz Mach-Zehnder interferometrijsku skretnicu sa ciljem da se analizira pojava elektro-optičkog efekta u talasovodima. Simuliranjem prostiranja svetlosti kroz kreirani talasovod, kada je spolja doveden promenljivi napon, i analizom dobijenih rezultata, može se doći do zaključka da je preciznim podešavanjem primenjenog napona moguće u potpunosti kontrolisati kretanje snopa svetlosti kroz talasovod u željenom pravcu.

Ako se sve navedeno ima u vidu, može se reći da se pojava elektro-optičkog efekta može u značajnoj meri iskoristiti kod većine optičkih prekidača, splitera, kaplera, kombinatora (usklađivača), modulatora, demodulatora i sličnih uređaja. Pored ove primene, analizirani efekat se, u današnje vreme, u komercijalne svrhe koristi u izradi LCD televizora i monitora koji su već sada, u velikoj meri, zamenili stari tip uređaja sa katodnom cevi dok je kod uređaja sa baterijskim napajanjem LCD displej najefikasnije rešenje zbog male potrošnje energije.

6. LITERATURA

- [1] - , Electro-optic materials 2.5.11, National Physical Laboratory,
http://www.kayelaby.npl.co.uk/general_physics/2_5/2_5_11.html
- [2] OptiWave, OptiBPM,
http://www.optiwave.com/pdf/brochure/OptiBPM_2009.pdf
- [3] OptiBPM documentation:
 - o Technical Background And Tutorials
 - Lesson 1: Getting started
 - Lesson 2: Create a simple MMI coupler
 - Lesson 10: Electro-optic modulator
 - Lesson 14: Mach-Zehnder interferometer switch
- [4] - , Electro-optic effect - Modulation of light beams, University of Tennessee, Physics department,
<http://electron9.phys.utk.edu/optics507/modules/m8/eo.pdf>

- [5] - , Electro-Optical Theory,
<http://home.earthlink.net/~jimlux/hv/eotheory.htm#pockels>
- [6] - , Beam Propagation Method, Wikipedia The Free Encyclopedia,
http://en.wikipedia.org/wiki/Beam_propagation_method

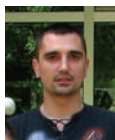
Kratka biografija:



Nebojša Čikarić rođen je u Sremskoj Mitrovici 1984. godine. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Optoelektronika odbranio je 2010.god..



Miloš Slankamenac rođen je u Novom Sadu 1977. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2010. godine, a od 2005. godine je u zvanju asistenta na FTN. Oblast interesovanja mu je elektronika i optoelektronika.



Nikola Stojanović rođen je u Odžacima 1980. godine. Diplomirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2007. godine, a od 2008. godine je u zvanju stručnog saradnika na FTN. Oblast interesovanja mu je optoelektronika.



Miloš Živanov rođen je 1948. godine u Novom Sadu. Doktorirao je na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu 1992. godine, a od 2004. godine je u zvanju redovnog profesora na FTN. Oblast interesovanja mu je elektronika i optoelektronika.

KODOVANJE GOVORNOG SIGNALA NA BAZI RETKE REPREZENTACIJE
SPEECH SIGNAL CODING BASED ON SPARSE REPRESENTATIONLuka Šakotić, Vlado Delić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast- ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Retka reprezentacija je relativno nov način predstavljanja signala i poslednjih godina se uočava povećano interesovanje za ovu tematiku. U suštini podrazumeva predstavljanje signala korišćenjem linearne kombinacije malog broja elementarnih talasnih oblika koji se uzimaju iz predimenzioniranog rečnika koji može biti ili istreniran ili zadat unapred. U središtu ovog rada je upotreba K-SVD i OMP algoritama za dobijanje retke reprezentacije govornog signala u telefonskom kanalu kao i sagledavanje performansi postignute kompresije putem grafičkog prikaza prosečnog SNR-a za različite bitske brzine.

Abstract – Sparse representation is a relatively new way of representing signals and in recent years there has been an increased interest in this topic. In essence it means the representation of signals using a linear combination of a small number of basic waveforms that are taken from an overcomplete dictionary that can be either trained or given in advance. The focus of this paper is to use the K-SVD and OMP algorithms to achieve sparse representation of a speech signal in the telephone channel as well as the consideration of performance of compression by graphical display of the average SNR for different bit rates.

Cljučne reči: Retka reprezentacija, neodređeni sistemi jednačina, preodređeni rečnici, kodovanje govora, Matching Pursuit, K-SVD

1. UVOD

Pod retkom (eng. *sparse*) reprezentacijom signala se podrazumeva predstavljanje signala kao linearne kombinacije malog broja elementarnih talasnih oblika koji su uzeti iz nekog redundantnog skupa, tzv. rečnika. Taj rečnik sadrži elementarne talasne oblike $(d_\gamma)_{\gamma \in \Gamma}$, gde je Γ skup indeksa koji mogu imati razna značenja (može da se odnosi samo na frekvenciju, može imati vremensko-frekvencijsku interpretaciju ili sasvim obično indeksiranje), i obično se smatra da su talasni oblici normalizovani, tj. da imaju jediničnu energiju $\|d_\gamma\|_2 = 1, \forall \gamma \in \Gamma$. U literaturi se umesto izraza talasni oblici češće koriste izrazi atomi, kerneli ili bazne funkcije. U ovom radu se koristi izraz atomi.

U radu se razmatra retka reprezentacija diskretnih signala. Njih ćemo predstavljati kao vektore konačne dužine (vektori su napisani malim pojačanim slovima, a matrice

velikim pojačanim slovima) tako da ćemo problem retke reprezentacije odsad posmatrati u terminima linearne algebre. Pretpostavka je da se signal $y \in \mathbb{R}^n$ može generisati na sledeći način:

$$y = Da, \quad (1.1)$$

gde je $a \in \mathbb{R}^K$ vektor sa transformacionim koeficijentima kojih bi trebalo da je mali broj koji su različiti od nule, čije su vrednosti generisane slučajno i na slučajnim mestima u vektoru, a $D \in \mathbb{R}^{n \times K}$ je rečnik. Dakle, vektor a određuje koji atomi u kojoj meri ulaze u linearnu kombinaciju koja sačinjava y . Dužina atoma je n , a K je broj atoma u rečniku i važi da $n, K \in \mathbb{N}$. Ovakav model za generisanje signala je poznat kao *Sparseland* model. Taj princip da vektor a treba da ima mali broj nenulih koeficijenata $m \ll K$, tj. da vektor y bude sastavljen od samo malog broja atoma se naziva princip retkosti (eng. *sparseness*) i on je osnovna smernica kada se govori o efikasnoj reprezentaciji signala. Signal koji zadovoljava ovaj princip se naziva retkim. Isti tip signala može biti redak u jednom rečniku, ali ne i u drugom, tako da od izbora rečnika zavisi efikasnost reprezentacije signala. Realni signali najčešće nisu idealno retki ali mogu biti približno retki sa nekoliko velikih transformacionih koeficijenata i puno malih koji se onda mogu zanemariti bez veće degradacije signala. Takve signale možemo predstaviti ako u *Sparseland* model ubacimo šum:

$$y = Da + z, \quad (1.2)$$

gde je z šum.

Radi postizanja retke reprezentacije interesantni su sam predimenzionirani rečnici. To su rečnici kod kojih je $n < K$. Iz linearne algebre je poznato da je onda takav sistem jednačina u kojem važi $n < K$ neodređen i da on ima beskonačno mnogo različitih rešenja nad poljem realnih brojeva [6]. To daje mogućnost da biramo rešenje za sistem jednačina (1.1), ali su potrebni dodatni uslovi da bi se on rešio. Taj dodatni uslov je da vektor a bude redak i to se zapisuje kao:

$$\min_a \|a\|_0, \quad \text{tako da } y = Da \quad (1.3)$$

Pošto se ne može očekivati od realnih signala da su idealno retki, zainteresovani smo za nalaženje približnog rešenja:

$$\min_a \|a\|_0, \quad \text{tako da } \|y - Da\|_2 < \epsilon \quad (1.4)$$

$\|\cdot\|_0$ je oznaka za l_0 polu-normu, daje broj nenulih elemenata vektora, i ona je mera retkosti vektora.

Rešavanje problema (1.3) i (1.4) podrazumeva da se prođe kroz sve podskupove atoma iz rečnika koji sadrže

NAPOMENA:

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

najviše m atoma. Takvih rešenja ima $\binom{K}{m}$ i prolazak kroz sva ta rešenja je NP-težak (eng. *NP-hard*) problem i kao takav nepraktičan za rešavanje ili nerešiv. Stoga se velika pažnja posvećuje tehnikama optimizacije nalaženja rešenja (pretrage). U radu će biti reči o dve tehnike optimizacije, *Matching Pursuit* (MP) i *Orthogonal Matching Pursuit* (OMP). Za realizaciju retkog kodovanja u praktičnom delu ovog rada se koristi OMP.

2. MP I OMP ALGORITMI

2.1 Mathing Pursuit (MP)

MP je sub-optimalni *greedy* algoritam koji sukcesivno aproksimira rezidual signala sagledavanjem korelacije (eng. *inner product*), označene sa $\langle \cdot, \cdot \rangle$, trenutnog reziduala sa atomima iz uopštenog rečnika. Predviđen je da bude jednostavan i fleksibilan algoritam za dekompoziciju signala nad uopštenim redundantnim rečnikom. Detaljan opis MP-a se može naći u [2] i [3].

MP iterativno bira atome tako da skoro najbolje predstavljaju trenutni rezidual signala y . To se može zapisati na sledeći način:

$$y_{n+1} = y_n + \langle R^n y, d_{\gamma_{n+1}} \rangle d_{\gamma_{n+1}}, \quad (2.1)$$

$$R^{n+1} y = R^n y - \langle R^n y, d_{\gamma_{n+1}} \rangle d_{\gamma_{n+1}}, \quad (2.2)$$

gde je y_n aproksimacija u n -tom koraku, $R^n y$ rezidual dobijen u n -tom koraku i $d_{\gamma_{n+1}}$ atom koji se koristi za aproksimaciju reziduala iz n -tog koraka. Atomi se biraju sub-optimalno odnosno, biraju se tako da korelacija atoma sa trenutnim rezidualom bude približna:

$$|\langle R^n y, d_{\gamma_n} \rangle| \geq \alpha \sup_{n \in \Gamma} |\langle R^n y, d_{\gamma_n} \rangle|, 0 < \alpha \leq 1 \quad (2.3)$$

U [2] je pokazano da:

$$y = \sum_{n=0}^{m-1} \langle R^n y, d_{\gamma_n} \rangle d_{\gamma_n} + R^m y = y_m + R^m y. \quad (2.4)$$

i da $R^n y$ opada eksponencijalno sa n . Iz jednačine (2.4) se vidi da algoritam može dati aproksimaciju željene tačnosti zadavanjem granice za $R^m y$ ili aproksimacijom sa m atoma.

2.2 Orthogonal matching pursuit (OMP)

OMP je takođe *greedy* algoritam koji kao i MP sukcesivno aproksimira rezidual signala iz predhodnog koraka algoritma. Razlika između njega i MP algoritma je u tome što OMP uvodi dodatni korak ortogonalizacije atoma koji ulaze u linearnu kombinaciju time dajući još bolje aproksimacije originalnog signala nego MP. OMP sa izabranih m atoma uvek daje najbolju moguću aproksimaciju signala.

Prednost OMP-a u odnosu na MP je u tome što OMP konvergira ka rešenju u manje koraka nego MP. Ali povećana tačnost se plaća time što se mora odraditi dodatni korak ortogonalizacije atoma što usporava rad OMP-a.

Osim osnovne verzije postoje i druge (OMP-Cholesky i Batch-OMP) koje rade brže. Više o ovom algoritmu može se naći u [5].

3. K-SVD ALGORITAM ZA TRENIRANJE REČNIKA

K-SVD algoritam je algoritam za treniranje rečnika za retku reprezentaciju signala. Detaljnije o ovom algoritmu se može naći u [4]. U praktičnom delu ovog rada je korišćena osnovna verzija K-SVD algoritma ali postoje i druge o kojima neće biti reči ovde.

Problem treniranja rečnika se objektivno postavlja ovako:

$$\min_{D,A} \{ \|Y - DA\|_F^2 \}, \text{ pod uslovom } \forall i, \|a_i\|_0 \leq T_0 \quad (3.1)$$

gde zadajemo da nam je maksimalni broj koeficijenata T_0 , ili

$$\min_{D,A} \sum_i \|a_i\|_0, \text{ pod uslovom } \|Y - DA\|_F^2 \leq \epsilon \quad (3.2)$$

gde tražimo minimalni broj koeficijenata tako da zadovoljimo da greška predstavljanja bude manja od neke vrednosti. Sa $\|\cdot\|_F^2$ je označena Fobernijusova norma. $Y = \{y_i\}_{i=1..N}$, $y_i \in \mathbb{R}^n$ je skup od N trening signala. K-SVD je iterativni algoritam u kome se smenjuju dva koraka:

1. korak za retko kodovanje zasnovano na trenutnom rečniku,
2. korak za poboljšanje korišćenih atoma iz rečnika tako da bolje predstavljaju signal i usklađivanje koeficijenata dobijenih u predhodnom koraku sa novim atomima.

U ovom radu za realizaciju prvog koraka K-SVD algoritma korišćen je OMP. U drugom koraku se proces obnavljanja atoma sprovodi atom po atom, tj. kolonu po kolonu rečnika. To znači da sve atome osim jednog fiksiramo i za taj jedan tražimo nov atom tako da se minimizuje srednja kvadratna greška, tj. l_2 norma. Ovaj process obnavljanja rečnika kolonu po kolonu ima direktno rešenje zasnovano na računanju SVD (*Singular Value Decomposition*) što je pokazano u [7].

4. REZULTATI KODOVANJA GOVORA

Programiranje i testiranje je rađeno u Matlabu. Za obavljanje retkog kodovanja i treniranje rečnika je korišćen K-SVD toolbox za Matlab realizovan od strane Michael Elad-a, Michal Aharon-a i Alfred Bruckstein-a [9]. Program, tačnije skup Matlab funkcija, urađen je u dve varijante, prva za frejm govornog signala dužine 64 odmerka, a druga za frejm dužine 128 odmeraka.

4.1 Treniranje rečnika atoma

Pomenuta realizacija K-SVD algoritma dozvoljava da se biraju razni parametri od kojih su najbitniji:

1. maksimalan broj atoma korišćen za predstavljanje signala u toku treniranja ili, ako se radi o varijanti sa promenljivim brojem atoma, tražena preciznost predstavljanja signala,
2. broj atoma koji će se naći u rečniku,
3. broja iteracija pri treniranju.

U ovom radu je korišćeno maksimalno 8 atoma po signalu, tj. frejmu, 256 atoma u rečniku i sprovedeno je 100 iteracija. Broj od maksimalno 8 atoma pri treniranju rečnika je slobodan izbor. 256 atoma nam daje rečnike $D \in \mathbb{R}^{64 \times 256}$ ili $D \in \mathbb{R}^{128 \times 256}$. Treniranje traje 100 iteracija.

Trening skup sastavljen je od oko 150 000 frejmova izdvojenih iz baze od 288 snimaka govora na srpskom jeziku kodovanih za telefonski kanal (PCM kodovanje, 8000 Hz, 16 bita) izdvojenih iz AlfaNum baze snimaka na srpskom jeziku, [8]. U bazi snimaka ima snimljenih rečenica, pojedinačnih reči, cifara, ličnih imena i prezimena, a sve to su izgovarali jedan ženski i jedan muški govornik. Takođe na snimcima već postoji šum. Frejmovi za treniranje su izdvajani tako da imaju veću snagu od praga vrednosti $0,4 \cdot 10^{-4}$ koji je dobijen sagledavanjem snage frejmova u nekoliko različitih snimaka.

Ideja iza ovog postupka je da se treniranje rečnika ne obavlja na šumu već samo na smislenim delovima signala. Frejmovi su izdvajani bez predobrade i preklapali su se u 63 i 127 odmeraka. Test baza je sastavljena od 357 snimaka govora istih karakteristika kao i baza na kojoj je istreniran rečnik, ali se radi o različitim snimcima.

4.2 Kodovanje i dekodovanje govornog signala

Kodovanje započinje deljenjem signala na frejmove odgovarajuće dužine i slaganjem istih u matricu X . Takva matrica se prosleđuje OMP-u gde se vrši retko kodovanje i rezultat toga je matrica $A \in \mathbb{R}^{256 \times br.frejmova}$. Samo m koeficijenata od 256 u svakoj koloni ove matrice je različito od nule, $m \ll 256$, tako da je dovoljno memorisati samo te koeficijente i njihove indekse u koloni, da bi se kasnije mogla rekonstruisati matrica A . Dekodovanje počinje sastavljanjem matrice A iz niza bita, a rekonstrukcija signala se dobija matričnim množenjem $\hat{X} = DA$ i slaganjem $\hat{X}$ u vektor.

4.3 Kvantizacija dobijenih koeficijenata

Zbog potreba kompresije mora se uvesti i kvantizacija koeficijenata dobijenih kodovanjem. To je obavljeno na sledeći način:

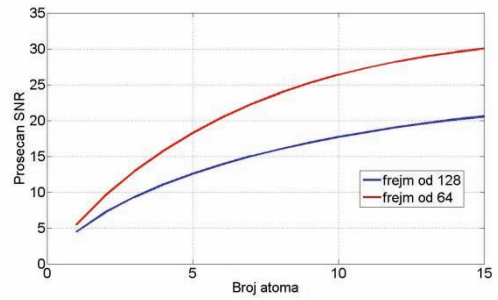
$$\hat{A} = \text{round}\left(k * 127 * \frac{A}{\max(|A|)}\right), \quad \max(|A|) > 1$$

$$\hat{A} = \text{round}(127 * A), \quad \max(|A|) < 1$$

Koeficijentom klipovanja k je pokušano da se uspostavi ravnoteža između odsecanja sa gornje strane i greške kvantizacije. U proseku najveći SNR se dobija za $k = 1.3$ za frejm od 64 i $k = 1.4$ za frejm od 128 odmeraka, [1].

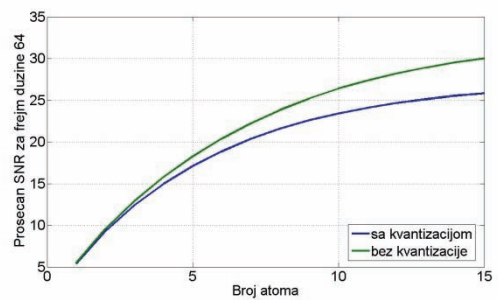
4.4 Zavisnost SNR-a od broja atoma

Naredni grafici su dobijeni računanjem prosečnog SNR-a pri kodovanju snimaka iz test baze. Slika 1 je dobijena računanjem SNR-a za svaki snimak iz test baze bez primene kvantizacije, a zatim računanjem prosečnog SNR-a za čitavu bazu. Vidi se da se za frejm dužine 64 dobijaju bolji rezultati. Pretpostavka je da je to zbog toga što je za frejm dužine 64 rečnik 4 puta predimenzioniran dok za frejm dužine 128 on 2 puta predimenzioniran.

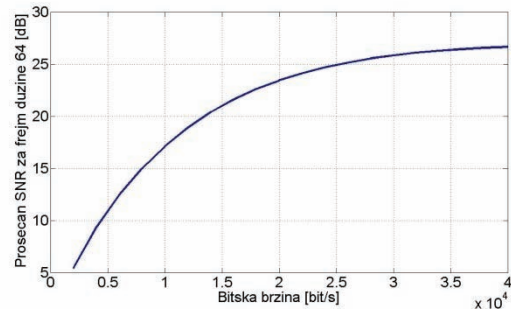


Slika 1- Prosečan SNR u zavisnosti od broja atoma bez kvantizacije koeficijenata za frejmove dužine 64 i 128

Kako su dobijeni slabiji rezultati za frejm dužine od 128, zbog ograničenog prostora dalje će biti prikazivani rezultati za frejm dužine 64. Na slici 2 je prikazan prosečan SNR za frejm dužine 64 sa i bez kvantizacije u zavisnosti od broja atoma.



Slika 2- Prosečan SNR u zavisnosti od broja atoma za frejm dužine 64, sa i bez kvantizacije



Slika 3- Prosečan SNR u zavisnosti od bitske brzine, frejm dužine 64 odmerka

Formula za bitsku brzinu u zavisnosti od broja atoma m koja je korišćena za dobijanje slike 3 glasi:

$$\text{bitrate} = 2 * 8\text{bita} * m * \frac{8000}{\text{dužina_frejma}} \frac{\text{bit}}{\text{s}}$$

Posle preslušavanja kodovanih snimaka može se reći da je za neki kvalitet rekonstrukcije potrebno iznad 30 dB, a za razumljivost izgovorenog i prepoznavanje govornika može se reći da čak i 15 dB daje dovoljno dobre rezultate. Sa slike 3 vidi se da se zasićenje postiže za bitsku brzinu od 25 kb/s i prosečnu vrednost SNR od 25 dB što daje naznaku da se ovakvo kodovanje može koristiti za prenos i kompresiju govora pri niskim i srednjim bitskim brzinama.

5. ZAKLJUČAK

Iako relativno nova, retka reprezentacija signala se već pokazala kao uspešna u kompresiji slike i muzike, popravljajući oštećenja i uklanjanje šuma iz slike, kao i u automatskoj ekstrakciji nota iz muzičkog dela. U ovom radu su nagoveštene mogućnosti primene retke reprezentacije i u kodovanju (kompresiji) govornog signala.

U 4. delu izloženi su rezultati primene OMP i K-SVD algoritama za kodovanje govornog signala. Retka reprezentacija je ostvarena putem pomenutih algoritama. Na osnovu grafika koji prikazuju zavisnost SNR-a od bitske brzine zaključuje se da je moguće dobiti razumljiv govorni signal na niskim i srednjim bitskim brzinama do 25 kb/s.

U budućnosti je potrebno više pažnje posvetiti treniranju rečnika (pravilan odabir baze za treniranje, eksperimentisanje sa parametrima K-SVD algoritma, itd.), smisliti bolju kvantizacionu šemu, ispitati statistiku dobijenih koeficijenata i ispitati mogućnosti kodovanja u realnom vremenu radi primene u mobilnoj telefoniji, VoIP-u i sl. Uvođenje treniranja rečnika za multi-rezolucijsku analizu signala daje još više nade u povećanje efikasnosti kodovanja signala u odnosu na treniranje kakvo je korišćeno u radu i napredak u ovom smeru se očekuje u budućnosti.

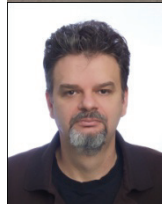
6. LITERATURA

- [1] L. Šakotić, "Primena retke reprezentacije na kodovanje govornog signala", diplomski-master rad, FTN, Novi Sad, 2010
- [2] S. Mallat, Z. Zhang: "Matching pursuits with time-frequency dictionaries", *IEEE Trans. Signal Processing*, 41(12): 3397-3415, 1993.
- [3] G. Davis, S. Mallat, Z. Zhang, "Adaptive time-frequency decompositions", *Optical-Engineering*, 33(7):2183-91, 1994
- [4] M. Aharon, M. Elad, A. Bruckstein and Y. Katz, "K-SVD: An algorithm for designing of overcomplete dictionaries for sparse representation", *IEEE Trans. On Signal Processing*, 54(11): 4311-4322, 2006.
- [5] Y.C. Pati, R. Rezahfar, P.S. Krishnaprasad, "Orthogonal matching pursuit: recursive function approximation with applications to wavelet decomposition", *Annual Asilomar Conference*, 1993.
- [6] R. Doroslovački, "Principi algebre, opšte, diskretne i linearne", *Alfa-graf NS*, 2008
- [7] M. Aharon, M. Elad, Alfred M. Bruckstein, "On the uniqueness of overcomplete dictionaries, and a practical way to retrieve them", *Journal of Linear Algebra and Applications*, Vol. 416, pp. 48-67, July 2006.
- [8] V. Delić, "Govorne baze na srpskom jeziku snimljene u okviru projekta Alfanum", *DOGS 2000*
- [9] M. Elad, M. Aharon and A. Bruckstein, K-SVD toolbox za Matlab, <http://www.cs.technion.ac.il/~elad/software/>

Kratka biografija:



Luka Šakotić rođen je u Bijeljini 1985. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Telekomunikacije i obrada signala odbranio je 2010. god.



Vlado Delić (1964, NS) magistrirao je na ETF u Beogradu, a doktorirao na FTN u N. Sadu 1997. god. Prof. Delić publikovao je preko 150 radova i 10 патената i šire primenjenih tehničkih rešenja iz oblasti obrade govornog signala. Rukovodi nacionalnim projektima razvoja govornih tehnologija i dobitnik je više priznanja.

PROJEKTOVANJE LAN MREŽE

LAN NETWORK DESIGN

Vladimir Čizmašev, Željén Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu predstavljeno je projektovanje LAN (Local Area Network) mreže. Objašnjeni su elementi lokalne mreže, ciljevi i problemi pri projektovanju LAN mreže, strukturno kabliranje, standardi LAN mreža, kao i aktivna i pasivna mrežna oprema. Kao praktični deo, projektovana je računarska mreža u Muzeju Vojvodine.

Abstract – This project represent design of the LAN (Local Area Network) network. It is explained local network elements, objectives and problems in designing LAN network, structured cabling, LAN network standards, and also active and passive network equipment. As practical part computer network in the Museum of Vojvodina is designed.

Ključne reči: LAN (Local Area Network) mreža, IEEE standardi, mrežna oprema, projektovanje LAN mreže.

1. UVOD

Lokalna mreža (LAN) jeste skup računara koji su povezani u jednu računarsku mrežu, na relativno malom prostoru, kao što su kancelarija, više kancelarija ili zgrada, sa ciljem da razmenjuju podatke i informacije. Ova mreža može da broji dva ili više računara koji su povezani na određen način. Glavna karakteristika lokalnih mreža jeste velika brzina prenosa podataka (od 10 do 100 MB/s) na malim udaljenostima. Najčešći metod povezivanja računara u lokalnoj mreži jesu kablovi (Ethernet) ili bežična mreža [1,2,3].

LAN mreža treba da izvršava sledeće zadatke: da osigura komunikaciju, koja je pouzdana i efikasna, od jedne do druge aplikacije, da automatski otkriva i ispravlja oštećenje, gubitak i dupliranje podataka, redosled isporuke podataka, zatim da automatski pronalazi put od predajnika do prijemnika.

Prednosti LAN-a su ograničeno najveće vreme kašnjenja poruke, brzina prenosa 10/100/1000 Mbps ili više, mala kašnjenja, velika pouzdanost, itd.

2. CILJEVI PRI PROJEKTOVANJU LAN MREŽE

Najvažniji ciljevi pri projektovanju lokalnih mreža su:

- velika brzina prenosa i širina propusnog opsega.
- komponente lokalne mreže moraju biti pouzdane, tako da su kvarovi retki i u slučaju kvara pojedinog dela mreže to se ne sme odraziti na ostali deo mreže.
- niska cena mrežne opreme, a pogotovo ne treba štedeti na opremi kao što su patch kablovi i moduli za spajanje računara u mrežu, jer su oni veoma bitni.

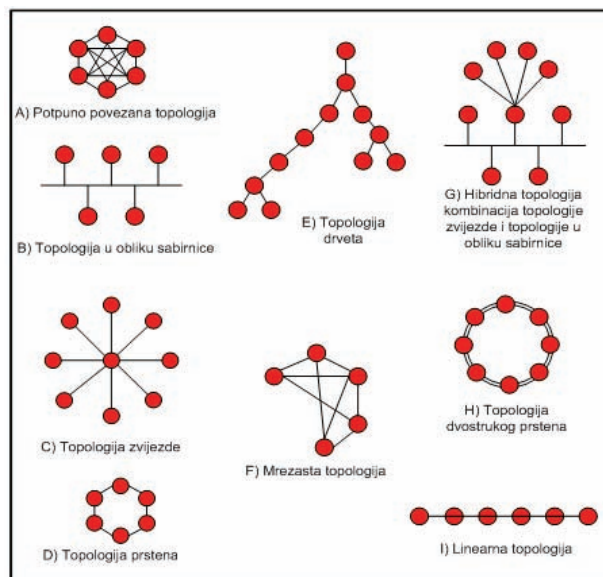
NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Željén Trpovski vanr.prof.

- kompatibilnost, omogućava nabavku uređaja od različitih proizvođača, dobija se bolji odnos cene i performansi
- mora biti jednostavna za konfigurisanje, priključivanje uređaja i za upotrebu, da korisnici iskoriste sve mogućnosti uz minimum stručne osposobljenosti

3. TOPOLOGIJA LAN MREŽE

Raspored i međusobno povezivanje čvorova lokalne mreže, fizičkim (realnim) ili logičkim (virtualnim) putem, naziva se mrežnom topologijom (Slika 1). Topologija takođe predstavlja geometrijsko raspoređivanje uređaja na mreži. Postoji devet vrsta topologija [1]:



Slika 1: Vrste topologija mreže

- 1) Svako sa svakim (Slika 1.A) je topologija u kojoj postoje jednake veze između svih čvorova u mreži.
- 2) Magistrala (Slika 1.B) je topologija u kojoj su svi čvorovi spojeni zajedno preko jedne magistrale.
- 3) Zvezda (Slika 1.C) je topologija gde su periferni čvorovi vezani na centralni čvor i mogu samo preko njega da komuniciraju međusobno.
- 4) Prsten (Slika 1.d) je topologija u kojoj svaki čvor ima tačno dva spojena voda.
- 5) Stablo (Slika 1.E), gde se od perifernih čvorova zahteva da šalju pakete prema drugim čvorovima i da primaju pakete od drugih čvorova preko centralnog čvora.
- 6) Mrežna (Slika 1.F) topologija u kojoj postoje barem dva čvora sa dva ili više spojena voda između njih.
- 7) Hibridna (Slika 1.G) je nastala kombinacijom dve ili više topologija, ali pod uslovom da je rezultat spajanja dve osnovne mreže topologija različita od polaznih topologija.
- 8) Dvostruki prsten (Slika 1.H) je slična prsten topologiji, samo što je broj spojenih vodova po čvoru dvostruko veći

9) Linearna (Slika 1.I) topologija se podudara sa topologijom magistrale.

4. STANDARDI LAN MREŽA

Standard jeste dokument za opštu i višekratnu upotrebu, donesen koncenzumom i odobren je od priznate ustanove, koja sadrži pravila, uputstva ili obeležja delatnosti. U cilju postizanja određenog stepena saglasnosti među proizvođačima proizvođača računarskih mreža i opreme za te mreže, međunarodna organizacija za standarde (International Standards Organization-ISO) donela je standarde za međusobno povezivanje otvorenih sistema (Open System Interconnection-OSI). OSI standardi su tu da omoguće da funkcioniše mreža sastavljena od elemenata različitih proizvođača. Standard definiše tip korišćenog kabela, najveću dozvoljenu udaljenost između računara u mreži i format podataka.

Jedna od najvećih i najpoznatijih organizacija za standarde u svetu LAN mreža je IEEE organizacija za standarde. **The Institute of Electrical and Electronics Engineers** (Institut električnih i elektronskih inženjera). IEEE je razvio nekoliko standarda na osnovu OSI modela.

4.1. IEEE 802 standard

IEEE 802 je odbor unutar organizacije IEEE koji se bavi standardizacijom lokalnih i gradskih računarskih mreža (LAN i MAN). Najviše se koriste standardi vezani uz Ethernet (802.3), Token Ring (802.5), bežični LAN (802.11) i Bluetooth (802.15) i svaki od njih se sastoji od još nekoliko podstandarda.

4.2. IEEE 802.3 standard

Standard 802.3 bavi se standardizacijom lokalnih mreža koje koriste metodu višestrukog pristupa medijuma nazvanog CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection), poznatijeg kao Ethernet. Osnovni razlozi zbog kojih je IEEE 802.3 gotovo jedini ostao u području LAN-ova su jednostavnost protokola i povezivanje mreže, velika prenosna brzina i niska cena prihvatljiva krajnjim korisnicima.

4.3. IEEE 802.5 standard

Token ring ili prstenaste mreže koriste skup veza tačka-tačka, koje se zatvaraju u prsten, i po pravilu su digitalne. Na fizičkom delu 802.5 standard propisuje oklopljenu upletenu paricu koja podržava od 1 do 4Mbps.

4.4. IEEE 802.11 standard

Standard 802.11 bio je prvi standard koji je opisivao operacije bežičnih LAN-ova. WLAN je mreža stvorena za male udaljenosti koje u gradskim uslovima iznose do nekoliko stotina metara. Standardi 802.11b i 802.11g (rade na frekvencijama oko 2.4GHz) uglavnom se koriste kod nas, a standard 802.11a (radi na oko 5GHz) u SAD-u.

4.5. IEEE 802.15 standard

Jedan od najpoznatijih naziva za ovaj standard jeste Bluetooth ili WPAN (Wireless Personal Area Network). Bluetooth je mrežni standard kratkog dometa, do 10m, čiji je opseg u globalu 2,4 GHz, gde je brzina prenosa podataka od 250 Kbps. Bluetooth koristi frekvencijsko skakanje (*frequency hopping*) umesto metoda direktne sekvence i tu promenu vrši 1600 puta u sekundi i zato je otporan na ometanje.

5. MREŽNA OPREMA

Mrežni uređaji povezuju korisničke uređaje, kao i same mreže, u jedinstvenu funkcionalnu celinu. Mrežni sistem se sastoji od različitih vrsta opreme i ona se može podeliti na aktivnu i pasivnu. Ova podela je zasnovana na dva kriterijuma:

- prema kriterijumu upotrebe električne energije za samo funkcionisanje te opreme (pasivnoj opremi nije potrebna struja za rad, a aktivnoj jeste)
- prema mogućnosti logičkog odlučivanja (za potrebe usmeravanja mrežnog prometa)

5.1. Aktivna mrežna oprema

Aktivnu opremu treba da čine svi elektronski uređaji koji prihvataju i distribuiraju promet unutar računarskih mreža (imaju memoriju i procesor). Prilikom umrežavanja najvažniji deo opreme su mrežne kartice (Slika 2), a pored nje se nalaze i hub-ovi, switch-evi, bridge-vi, router-i, access point, repeater-i...



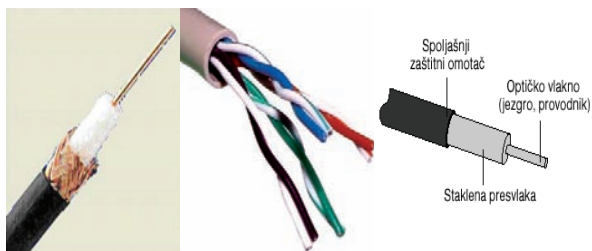
Slika 2: Mrežna kartica

5.2. Pasivna mrežna oprema

Pasivna mrežna oprema predstavlja najjednostavniju komponentu računarskih mreža. Nju čini žičani sistem (bakar i optika) koji služi za povezivanje aktivne opreme. Pored kablova, imamo konektore, razvodne panele (*patch panela*, *switching panela*, *punch-down panela*), komunikacioni ormar i sistem za napajanje električnom energijom (vodovi, sklopke i naponske letve, sistem za hlađenje).

Postoji tri vrste kablova:

- 1) *koaksijalni kabel* (Slika 3) - Koaksijalni kablovi su relativno jeftini, laki, fleksibilni i jednostavni za rad. U svom najjednostavnijem obliku koaksijalni kabel se sastoji od bakarne žice u sredini oko koje se nalazi izolacija, a zatim je sloj od upletenog metala (širm) i na kraju dolazi spoljašnji zaštitni omotač.
- 2) *kabel sa upredenim paricama* (Slika 3) - Kabel sa upredenim paricama se sastoji od parova izolovanih bakarnih žica koje su obmotane (upredene) jedna oko druge. Upredanje se vrši u cilju otklanjanja elektromagnetskih smetnji. Postoji dve vrste ovog kabl: sa neoklopljenim paricama - UTP i sa oklopljenim paricama - STP.
- 3) *optički kablovi* (Slika 3) - omogućavaju prenos podataka na velike udaljenosti i velikom brzinom zbog toga što signal ne slabi i trpi mali uticaj šuma. Optičko vlakno se sastoji od izuzetno tankog staklenog cilindra, koji se naziva jezgro. On je okružen koncentričnim staklenim slojem koji se naziva omotač (*cladding*). Zbog toga što optičko vlakno prenosi signale samo u jednom pravcu, kabel se uvek sastoji od dva vlakna u odvojenim omotačima - jedno vlakno šalje signale, a drugo ih prima.



Slika 3: Koaksijalni kabel, kabel sa upredenim paricama i optički kabel

6. PROJEKTOVANJE LAN MREŽE

Za formiranje LAN mreže potrebno je obezbediti niz tehničkih preduslova. Projekat LAN mreže obuhvata: projektni zadatak, tehničke uslove za izvođenje instalacije, specifikaciju potrebnih komponenti, tehničke crteže i rezultate merenja.

6.1. Strukturno kabliranje

Strukturno kabliranje predstavlja instalaciju kablovskog mrežnog sistema višestruke namene, izvedenog kao jedan jedinstven sistem ili kao više podsistema u jednoj ili više zgrada, s mogućnošću povezivanja u zajedničku celinu.

Jedini interfejs ka korisniku je zidna utičnica sa RJ 45 konektorima na koju se može priključiti računar ili telefon (ili oba) i koja dalje kablovskim sistemom vodi do odgovarajućih razdelnika i aktivnih uređaja (telefonske centrale ili switch-eva).

Osnovna pravila strukturnog kabliranja su:

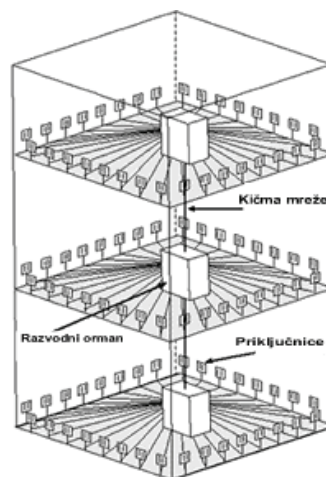
- mreža nikad ne postaje manja i jednostavnija
- graditi mrežu koja će obuhvatiti i telefoniju i informatiku
- uvek instalirati više kablova nego što nam je trenutno potrebno
- uvek postavljati ormare većeg kapaciteta
- koristiti standarde strukturnog kabliranja
- koristiti proverene visoko kvalitetne kablove i komponente
- važni su i funkcionalnost i izgled mreže
- projektovanje i izvođenje poveriti iskusnim i proverenim ljudima
- dokumentacija izvedenog stanja mrežne infrastrukture je neophodna

Sistemi strukturnog kabliranja se realizuju na 3 hijerarhijska nivoa, kao što je prikazano na slici 4:

1) *Kabliranje kampusa* odnosi se na kabliranje između razdelnika pojedinih zgrada (BD) i razdelnika kampusa (CD). Za prenos govora, alarmnih i upravljačkih signala se koriste bakarni parični kablovi, kategorije 5, 5E i 6. Za prenos video signala i podataka koriste se optički kablovi. Maksimalna dužina kablova iznosi 1500m.

2) *Vertikalno kabliranje* (kičma zgrade) vrši povezivanje spratnih razdelnika (FD) i razdelnika zgrade (BD). U vertikalnom razvodu u zavisnosti od aplikacije razdvojeni su kablovski sistemi.

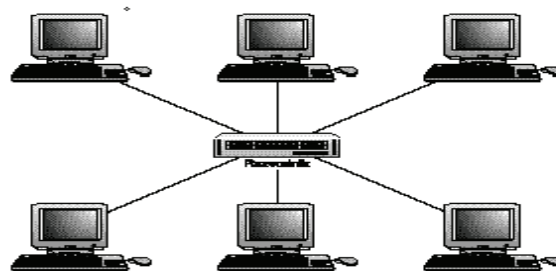
3) *Horizontalno kabliranje* (kabliranje spratova) odnosi se na deo kablovskog sistema između spratnog switch-a (FD) i zidne utičnice (D). Između switch-a i zidne utičnice razvlači se ili bakarni parični kabel (kategorije 5, 5E, 6) ili optički kabel. Za bakarne kablove, i switch i zidna utičnica koriste RJ 45 konektore, dok se za optičke kablove koriste ST konektori. Maksimalna dužina kablova između switch-a i zidnih utičnica ne sme da pređe 100m.



Slika 4: Nivoi kabliranja

6.2. Korišćena topologija

Jedan od najstarijih oblika mrežne topologije jeste zvezda, prikazana na slici 5, koja koristi jednak pristup slanju i primanju poruka kao i telefonskih sistema. U LAN- u sa zvezdastom topologijom sve poruke što ih jedna radna stanica šalje drugoj moraju proći kroz središnji računar koji nadzire tok podataka.



Slika 5: Zvezda topologija

Dodatna prednost zvezda topologije jeste u tome što administrator mreže može nekim čvorovima da dodeli viši status nego ostalima. Tada središnji računar prvo ispituje da li postoje signali koji dolaze od radnih stanica višeg prioriteta, a tek zatim proverava signale ostalih radnih stanica.

Strukturno kabliranje sa zvezda topologijom izabrali smo iz sledećih razloga:

- jednostavan način implementacije,
- iskustvo sa kabliranjem,
- mogućnost dodavanja novih računara za vreme rada mreže,
- mala opterećenja - primena i u sistemima za rad u realnom vremenu,
- dobra otpornost na smetnje,
- mogu se koristiti postojeći telefonski kablovi (ekonomični kablovi, potrebne su samo dve parice za prenos podataka),
- može se koristiti optika (za veće brzine prenosa) i različite brzine (od 10 Mb/s).

6.3. Projekat izrade računarske mreže (Muzej Vojvodine)

Tehničko rešenje se bazira na sledećim odlukama:

1) topologija kablovskog sistema je u skladu sa standardom ISO 11801 2002 2nd Ed. i hijerarhijski je organizovana u obliku zvezde.

2) tip i kvalitet komponenata se bira tako da:

- u delu kablovskog sistema od utičnica u radnom prostoru do prvog distributivnog mesta (horizontalni kablovski sistem) zadovolje zahteve klase E (*Class E:2002*) za prenos podataka,
- u delu kablovskog sistema između distributivnih mesta (kičmena mreža) zadovolje zahteve optičke klase (*Optical Class*) za prenos podataka

3) provodnički kablovi da budu tipa UTP, kategorija 6 (*Class E:2002*) i imaju oznaku LSOH (Low Smoke, Halogen free – bezdimni i bez halogena). POK kanali su samogasivi odgovarajućih dimenzija. A utičnice tipa RJ-45 kategorije 6 (*Class E:2002*) i način vezivanja 568B.

4) optički kablovi sa multimodnim vlaknima 50/125µm i konektorima tipa SC.

5) spajanje na UTP razdelnicima mora da bude direktno.

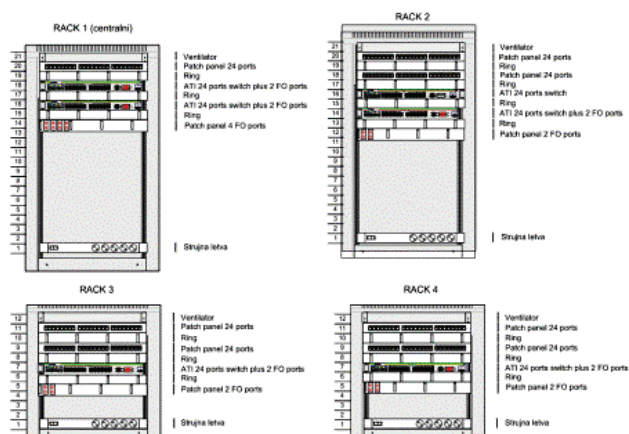
U prizemlju nalazi se 27 prostorija, a na spratu 13 prostorija, kao i centralni deo mreže, komunikaciona soba (Slika 6). U ovom projektu i prizemlje i sprat pokrivaju deo horizontalne površine, poštujući tehničko ograničenje trase od najviše 90m dužine. Vertikalne trase povezuju prizemlje i sprat.



Slika 6: Prizemlje i I sprat muzeja sa kompletnim rasporedom opreme

Komunikaciona soba je mesto u kojem se nalazi komunikacioni ormar zajedno sa svom aktivnom mrežnom opremom koja je potrebna za funkcionalan rad lokalne mreže.

U izradi ove mreže imamo ukupno četiri ormara, prikazana na slici 7, gde je sa 1 označen glavni (centralni) ormar. U njima su smešteni ventilatori, patch paneli, ringovi, switch-evi, strujne letve. U zavisnosti od potreba, tako se i smeštaju po jedan, dva ili tri patch panela, switcha i ostalih komponenti. Drugi ormar (RACK 2) sadrži najviše patch panela jer do njega stiže najveći broj kablova.



Slika 7: Korišćeni ormari

7. ZAKLJUČAK

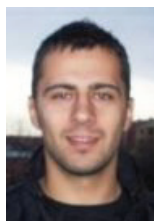
Projektovanje mrežnih sistema predstavlja jednu od osnovnih i najvažnijih radnji, bilo da je reč o izgradnji kompletnog mrežnog sistema od početka, ili o nadogradnji postojećeg, uvođenjem novih usluga i servisa za korisnike.

Izgradnjom strukturnog kabliranja umanjuje se mogućnost grešaka na najosetljivijem delu mrežnog sistema, u kablovskoj infrastrukturi. Strukturno kabliranje je nezavisno od aktivne opreme, povezivanje ide preko standardnih protokola i omogućava se dovoljan broj priključaka, višestruke namene, koje će odrediti sam korisnik po svojim potrebama.

8. LITERATURA

- [1] A. S. Tanenbaum „Računarske mreže“ prevod 4 izdanja, Mikro knjiga, Beograd 2005.
- [2] M. Veinović, A. Jevremović, „Uvod u računarske mreže“ Univerzitet Singidunum, Beograd 2005.
- [3] N. Petanjak, „IEEE 802“ Fakultet Elektrotehnike i Računarstva, Zavod za elektroničke sistave i obradu informacija, Zagreb 2007.

Kratka biografija:



Vladimir Čizmašev rođen je u Zrenjaninu 1984. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Telekomunikacija odbranio je 2010.god.



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

OTKRIVANJE ORALNIH LEZIJA NA INTRAORALNIM RTG SNIMCIMA PRIMENOM VEŠTAČKE INTELIGENCIJE

Milena Petković, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, milena5@uns.ac.rs

Željko Kanović, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Boris Jakovljević, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Stevan Dragosavljević, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Sadržaj – U ovom radu predstavljena je metoda za detektovanje oralnih lezija na intraoralnim RTG snimcima primenom veštačke inteligencije. Korišćen je SVM (Support Vector Machines) metod za klasifikaciju promena na medicinskim slikama. Za generisanje klasifikacionog modela korišćeni su intraoralni rendgenografski snimci zuba pacijenata Klinike za stomatologiju Vojvodine. Snimci su pribavljeni u digitalnom kao i u analognom obliku.

1. UVOD

Primena informacionih tehnologija u okviru medicine i stomatologije svakim danom je sve veća. Elektronski kartoni pacijenata, arhiviranje i obrada medicinskih podataka i slika, telemedicina, teleradiologija i sl. samo su neke od primena računara u medicini. Stoga, ne čudi što je u poslednje vreme u porastu primena raznih metoda veštačke inteligencije u medicinskoj i stomatološkoj dijagnostici. Ove metode se svakodnevno usavršavaju u cilju što boljeg dijagnostikovanja oboljenja pacijenata ali i u nastojanju preventivnog delovanja, tj. što ranijeg dijagnostikovanja potencijalnih problema.

Poslednjih godina, u medicinskoj dijagnostici kao metod koji daje najbolje i najbrže rezultate u detektovanju promena na medicinskim slikama pacijenata, najčešće se primenjuje Support Vector Machine (SVM), koji je na tom mestu zamenio neuronske mreže. Prednost SVM metode je, u odnosu na neuronske mreže, da kod obuke višeslojnog perceptrona potrebno unapred fiksirati broj skrivenih neurona, dok kod nelinearnih SVM broj neurona u skrivenom sloju sledi iz rešenja QP problema kao broj support vektora (SV). SVM dozvoljavaju rad u visokodimenzionalnom prostoru, pošto broj SV ne zavisi od dimenzionalnosti prostora ulaznih podataka, već zavisi samo od broja ulaznih podataka. SVM sa malim brojem SV imaju dobru sposobnost generalizacije čak i u visokodimenzionalnom prostoru (Vapnik V., 1995.).

U ovom radu predložen je model linarnog SVM klasifikatora. Radno okruženje korišćeno za *preprocesing* i *postprocesing* slika je programski paket *Matlab*, u kome su sadržane i biblioteke sa SVM funkcijama korišćenim za klasifikaciju. Za generisanje klasifikacionog modela korišćeno je 25 intraoralnih rendgenografskih snimaka zuba pacijenata Klinike za stomatologiju Vojvodine. Snimci za generisanje klasifikacionog modela su pribavljeni u digitalnoj formi, dok su snimci za klasifikaciju bili što u digitalnom (snimani na digitalnom RTG aparatu), što u analognom obliku (izrađeni RTG pozitiv snimci koji su potom skenirani na PC-skeneru).

NAPOMENA:

a) Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada Stevana Dragosavljevića. Mentor je bio dr Zoran Jeličić.

b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji ETRAN, Donji Milanovac, juni 2010.

2. KLASIFIKACIJA PRIMENOM SVM

Problem binarne klasifikacije može se posmatrati kao problem pronalaženja nepoznate funkcije $y = g(\mathbf{x}): \mathbb{R}^n \rightarrow \{+1, -1\}$ na osnovu l parova podataka $(\mathbf{x}_1, y_1), (\mathbf{x}_2, y_2), \dots, (\mathbf{x}_l, y_l)$ koji predstavljaju proizvoljne vrednosti $g(\mathbf{x})$. Kao i druge tehnike klasifikacije (veštačke neuronske mreže, fuzzy sistemi...) SVM zapravo traži aproksimaciju $f(\mathbf{x})$ funkcije $g(\mathbf{x})$ gde je $f(\mathbf{x}): \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$, a zatim uzima

$$y = \text{sign}(f(\mathbf{x})) = \begin{cases} +1, & \text{ako je } f(\mathbf{x}) \geq 0 \\ -1, & \text{ako je } f(\mathbf{x}) < 0 \end{cases} \quad (1)$$

Tačnije, glavna ideja binarnog SVM klasifikatora jeste: Odrediti aproksimirajuću funkciju $f(\mathbf{x})$ u funkciji hiperplana H , koji ima ulogu razdvajajuće margine za dva stanja sistema A i B, u prostoru merenih promenljivih $\mathbf{x}$:

$$H: \mathbf{w}\mathbf{x} + b = 0 \quad (2)$$

kao i dva hiperplana H_1 i H_2 koji su paralelni sa H :

$$H_1: \mathbf{w}\mathbf{x} + b = +1 \quad H_2: \mathbf{w}\mathbf{x} + b = -1 \quad (2a)$$

uz uslov da ne postoje tačke između H_1 i H_2 i da je razmak između H_1 i H_2 (margina) maksimalan.

Označimo sa d_+ (d_-) = $1/\|\mathbf{w}\|$ najkraće rastojanje od razdvajajućeg hiperplana H do najbliže pozitivne (negativne) tačke, tada je rastojanje između H_1 i H_2

$$d_+ + d_- = 2/\|\mathbf{w}\| \quad (3)$$

Vektor težina $\mathbf{w} = (w_1, \dots, w_n)$ i scalar b (bias) određuju se kroz proces učenja sa nadzorom na skupu podataka $(\mathbf{x}_1, y_1), (\mathbf{x}_2, y_2), \dots, (\mathbf{x}_l, y_l)$.

Problem se može formulisati kao:

$$\text{Min}_{\mathbf{w}, b} \frac{1}{2} \mathbf{w}^T \mathbf{w} \quad (4)$$

tako da je $y_i(\mathbf{w}\mathbf{x}_i + b) \geq 1$.

Ovo predstavlja QP problem [1]. Uvodeći Lagranževu formulaciju sa Lagranževim množiteljima $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_l)$, $\alpha_i \geq 0$ optimizacioni problem postaje

$$\text{Min}_{\mathbf{w}, b, \alpha} L_p(\mathbf{w}, b, \alpha) \quad (5)$$

gde Lagranžijan $L_p = \frac{1}{2} \mathbf{w}^T \mathbf{w} - \sum_i (\alpha_i y_i (\mathbf{w}\mathbf{x}_i + b) - \alpha_i)$ mora biti minimizovan po $\mathbf{w}, b$ i α .

Ako površina koja razdvaja dve klase nije linearna, uvodi se funkcija Φ koja transformiše ulazne podatke $(\mathbf{x}_1, y_1), (\mathbf{x}_2, y_2), \dots, (\mathbf{x}_l, y_l)$ iz niskodimenzionalnog prostora u visokodimenzionalni prostor u kome su linearno separabilni.

Nelinearna klasifikacija je zasnovana na ideji da vektor ulaznih podataka $\mathbf{x} \in \mathbb{R}^n$ treba prevesti u vektor $\Phi(\mathbf{x})$ u višedimenzionalnom prostoru karakteristika F (*feature space*) (gde je Φ preslikavanje $\mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^f$), a zatim rešavati problem linearne klasifikacije u ovom prostoru karakteristika F

$$\mathbf{x} \in \mathbb{R}^n \rightarrow \Phi(\mathbf{x}) = [\phi_1(\mathbf{x}) \phi_2(\mathbf{x}) \dots \phi_n(\mathbf{x})]^T \in \mathbb{R}^f \quad (6)$$

Preslikavanje $\Phi(\mathbf{x})$ je predhodno izabrano i prostor karakteristika F (Φ - *space*) može biti neoganičeno dimenzionalan. Cilj ovakvog pristupa u rešavanju problema nelinearne klasifikacije je mogućnost formulacije u formi QP problema sa sličnim ograničenjima kao u slučaju rešavanja problema u prostoru ulaznih podataka (*input space*). Na ovaj način, indikatorska funkcija (i_F) koja u prostoru karakteristika predstavlja linearni klasifikator

$$\begin{aligned} i_F(\mathbf{x}) &= \text{sign}(\mathbf{w}^T \Phi(\mathbf{x}) + b) = \text{sign}\left(\sum_{k=1}^l y_k \alpha_k \Phi^T(\mathbf{x}_k) \Phi(\mathbf{x}) + b\right) = \\ &= \text{sign}\left(\sum_{k=1}^l y_k \alpha_k K(\mathbf{x}_k, \mathbf{x}) + b\right) \end{aligned} \quad (7)$$

u originalnom prostoru ulaznih podataka daje nelinearnu razdvajajuću hiper-ravan. Funkcija $K(\mathbf{x}_k, \mathbf{x})$ naziva se kernel funkcija i data je sledećim izrazom :

$$K(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j) = \Phi^T(\mathbf{x}_i) \Phi(\mathbf{x}_j). \quad (8)$$

Primena izraza $K(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j) = \Phi^T(\mathbf{x}_i) \Phi(\mathbf{x}_j)$ je poznata pod imenom *kernel trik*[2]. Kernel trik omogućava rad u visoko dimenzionalnom prostoru bez potrebe za eksplicitnim računanjem u ovom prostoru, pošto se operacije izvršavaju u novom prostoru nakon primene kernel trika. Neke od tipičnih kernel funkcija su: sigmoidna, polinomijalna, RBF... U prostoru karakteristika $\Phi(\mathbf{x})$, dualni Lagranžijan ima sledeći oblik:

$$L_d(\alpha) = \sum_{i=1}^n \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^n y_i y_j \alpha_i \alpha_j \Phi_i^T \Phi_j \quad (9)$$

Na osnovu (8), tj. odabrane kernel funkcije, treba da se maksimizuje dualni Lagranžijan:

$$\max L_d(\alpha) = \sum_{i=1}^n \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^n y_i y_j \alpha_i \alpha_j K(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j) \quad (10a)$$

$$\text{s.t. } C \geq \alpha_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, n \quad (10b)$$

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i y_i = 0. \quad (10b)$$

Kazneni parametar C , koji je gornja granica za multiplikator α_i , određuje korisnik. Odabir ovog parametra se obavlja eksperimentalno, korišćenjem neke od tehnika krosvalidacije (*cross-validation technique*).

3. ANALIZA RTG ZA OBRADU NA RAČUNARU

Dijagnoza mnogih dentalnih anomalija bi bila nemoguća bez RTG snimaka, jer se ove anomalije nalaze u tkivu zuba i kostiju koje okružuju zube, i skrivene su ispod površine mekog tkiva, te se vizuelnim pregledom ne mogu detektovati. RTG snimci su nezamenljivi kako u stomatološkoj dijagnostici, tako i u praćenju rezultata lečenja, a posebnu primenu imaju i u sudskoj medicini.

S napredkom tehnologije, sve više se u stomatološkoj praksi koriste digitalni aparati za snimanje RTG snimaka. Velika prednost po pacijenta je znatno kraće izlaganje X-zracima, a RTG snimci se dobijaju trenutno (bez razvijanja RTG filma), na računaru, pri čemu može da se radi njihova dalja obrada bez potrebe za prethodnom analogno-digitalnom konverzijom. Na ovim snimcima se potom mogu primeniti tehnike poboljšanja slike (*image enhancement*), rekonstrukcije slike (*image reconstruction*) i najvažnije, kompjuterske analize radi automatskog detektovanja i prepoznavanja anomalija.

Analiza RTG snimaka predstavlja komplikovan zadatak za postojeće metode za analizu i obradu slika iz sledećih razloga: loši parametri slike (nizak kontrast, šum, razni artefakti), komplikovana topologija snimaka, nestandardna orijentacija zuba na snimcima, nedostatak jasnih granica između zdravih regija i regija koje su problematične.

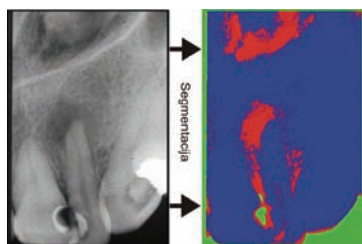
Osnovna ideja za otkrivanje oralnih lezija predstavlja razliku u denzitetu mekog tkiva oralne duplje, koje mogu ukazivati na određene neželjene promene. Posmatranjem intraoralnih RTG snimaka, to su upravo promene koje stomatolog i traži pri dijagnozi pacijenata. Pri detektovanju oralnih lezija pomoću SVM, vodimo se sličnom logikom. Mašina treba da ukaže na područja sa velikom promenom u gustini tkiva, što se na intraoralnim RTG snimcima ogleda u promenama intenziteta.

4. GENERISANJE SVM MODELA ZA OTKRIVANJE ORALNIH LEZIJA

Intraoralni RTG snimci, koji su pribavljeni u digitalnom obliku, su formata *JPEG*, različitih dimenzija. Prvi korak preprocesiranja ovih snimaka je prevođenje slika u paletu sivih nijansi (*grayscale*). Za predstavljenje informacija o intenzitetu svake pojedinačne slike dovoljno je 8 bita po pikselu (tj., 256 nijansi sive boje za opis svakog od piksela), pa je logičan izbor korišćenje *uint8* tipa podataka za pojedinačne piksele. Slike odabrane za training set su, u ovom slučaju, u RGB standardu te je drugi korak svodenje svih slika na istu dimenziju kako bi se standardizovao training set za SVM. Odabrana je dimenzija 240x320 piksela, za snimke u portrait orijentaciji, ili 320x240 piksela u slučaju da su snimci u landscape orijentaciji.

Kvalitet modela SVM zavisice od kvaliteta generisanog obučavajućeg skupa, zbog toga je potrebno napraviti dobru analizu podataka koji će činiti obučavajući skup, kako bi rezultati metode bili korektni. Da bi se mogao generisati kvalitetan obučavajući skup, neophodno je odraditi normalizaciju ulaznih podataka, tj. slika. Ako se vodimo idejom da SVM treba da „imitira“ proces koji stomatolog koristi pri analizi intraoralnih RTG snimaka, onda bi trebalo na sledeći način odraditi normalizaciju. Kod svih slika neophodno je, na osnovu intenziteta piksela koji ih

popunjavaju, da se mogu jasno razlikovati tri specifične regije. Ove tri regije označene su kao *PR* – pozadinska regija, *NR* – normalna regija i *PAR* – potencijalno abnormalna regija, a proces razvajanja označen je kao segmentacija(Sl.1).

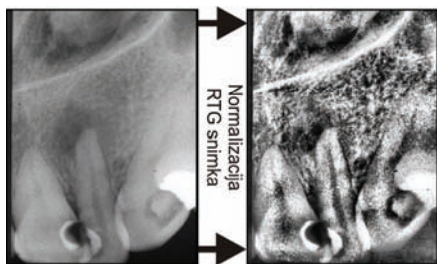


Sl.1. RTG snimak pre i posle segmentacije na *PR* (zeleni boja), *NR* (plava boja) i *PAR* (crvena boja)

Pozadinska regija (*PR*) je površina intraoralnog RTG snimka koja ima izrazito tamne nijanse sive boje, a na kvalitetnijim snimcima, ovu regiju karakteriše potpuno odsustvo intenziteta. Normalna regija (*NR*) predstavlja skup piksela intraoralnog snimka koji imaju visoki nivo svetline (intenziteta), i čine je tkivo zuba (pulpa i koren) ali i zdravo meko i tvrdo tkivo koje okružuje koren zuba. Potencijalno abnormalna regija (*PAR*) je regija čiji pikseli imaju takav intezitet koji ukazuje da se na tim mestima mogu očekivati određene neželjene promene u gustini tkiva, pa i same oralne lezije. Intenziteti osvetljenosti ove regije su od 40 do 110 Iako je najveća verovatnoća da će oralne lezije na RTG snimcima upravo i imati navedene intenzitete, ovo ne mora da bude i pravilo .

Donja granica od 40 i gornja granica od 100 moraju biti meke granice, u zavisnosti od ukupne svetline celokupnog RTG snimka, jer posmatrana *PAR* regija na dobro osvetljenom snimku i na tamnom snimku neće imati iste intezitete. U ekstremnim slučajevima ti intenziteti čak neće uopšte ni ući u gore navedene granice. Upravo je u ovome najveći problem obuke SVM na osnovu intenziteta pojedinačnih regija. Da bi se prevazišao pomenuti problem treba na neki način uraditi normalizaciju intraoralnih snimaka, kako bi se obezbedilo da u najvećem broju slučajeva, ona regija na koju stomatolog ukaže kao na *NR*, stvarno i ima intenzitete koji se kreću u navedenim okvirima. Isto treba da važi i za *PR* regiju, a naročito za *PAR* regiju jer nam ova regija predstavlja *ROI* (Region of interest) i u ovoj regiji će se tražiti oralne lezije.

Problem normalizacije moguće je rešiti Matlab funkcijom „adapthisteq“.



Sl.2. Normalizacija RTG snimka

Proces generisanja obučavajućeg skupa počinje uvođenjem pojma „prozor“. Prozorom će se u ovom radu smatrati mala regija, kvadratne površine sa sledećim

parametrima: dimenzija – karakteriše je broj piksela stranice prozora, pozicijaX – pozicija početka prozora po X koordinati, i pozicijaY – pozicija početka prozora po Y koordinati.

Uvođenje prozora je od esencijalnog značaja iz razloga što prozor svojom površinom daje skup piksela na osnovu kojeg je moguće uraditi procenu pripadnosti regije nekom od segmenata i utvrditi da li je regija zahvaćena površinom prozora *ROI* ili ne. Ako bi se analiza vršila piksel po piksel, tj. prozorom dimenzije 1, dobijeni model SVM bi uspešno mogao da radi samo klasifikaciju pojedinačnih piksela, čime bi se izgubilo na smislu pravljenja takvog modela.

Eksperimentalno je utvrđeno da se najbolji rezultati dobijaju za prozore dimenzija stranica od 3 do 6 piksela. Na prozorima ovih dimenzija može se uspešno, na osnovu prosečne vrednosti svih piksela zahvćene regije, vršiti procena regije kao *ROI* ili ne. Pri generisanju obučavajućeg skupa korišćen je generator slučajnih brojeva. Slučajni brojevi pogodni su za dobijanje pozicija X i pozicijaY prozora, te je na ovaj način omogućeno da se svaki put pri generisanju dobije unikatan obučavajući skup.

Za dobijenu regiju neophodno je uraditi analizu za utvrđivanje pripadnosti regije *PAR*. Ova analiza se svodi na računanje prosečne vrednosti piksela u zahvaćenoj regiji.

Ako je zaključeno, na osnovu izračunate srednje vrednosti piksela zahvaćenih površinom prozora, da je ova regija *ROI*, poželjno je ostati u okolini te regije pri sledećim iteracijama, kako bi imali što više potencijalno pozitivnih članova u vektoru koji će predstavljati rezultate procena izvršenih iteracija. Ovaj vektor se svakom iteracijom uvećava za jedan član i predstavlja jednodimenzionalni niz čiji su članovi ili 1 ili 0, u zavisnosti da li je procenjena odgovarajuća regija, redom, *ROI* ili ne.

U svakoj iteraciji menja se pozicija prozora po slici, pri čemu se generiše element obučavajućeg skupa.

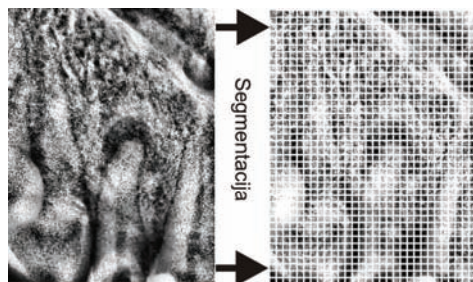
Treba napomenuti da je generisanje obučavajućeg skupa automatizovan proces, koji na osnovu odrađene segmentacije na regije *PR*, *NR* i *PAR*, sam generiše i obučavajući skup. Ulazne podatke dobijene na ovaj način treba prilagoditi funkciji kojom se generiše SVM model, tj. funkciji „svmtrain“. Prilagođavanje podataka u ovom slučaju podrazumeva:

- prevođenje prozora, tj. dvodimenzionalnih matrica, koji su elementi obučavajućeg skupa, u jednodimenzionalni niz
- skaliranje podataka dobijenog jednodimenzionalnog niza sa intervala [0,255] na interval [0,1].

4. REZULTATI

Da bi se na osnovu dobijenog SVM modela mogla uraditi korektna klasifikacija, ulazni podaci koji se žele klasifikovati, moraju da, po tipu i dimenzijama, odgovaraju podacima koji su korišćeni za obuku, tj. generisanje SVM modela.

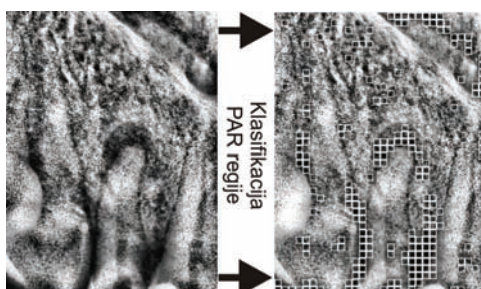
Kako su za generisanje obučavajućeg skupa SVM modela korišćene naizmenične (*random*) regije određene površine, tj. prozori zadate dimenzije, neophodno je i ulaz za klasifikaciju predstaviti na isti način. Segmentacija RTG snimka na kojem se traži oralna lezija se vrši podelom snimka na mrežu prozora (slika 3) jer je neophodno da svaki deo snimka bude klasifikovan kao *ROI* ili ne.



Sl.3. Normalizacija RTG snimka

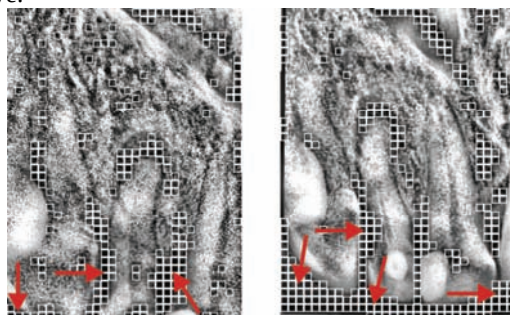
Klasifikacija segmenata se radi u istom koraku kao i segmentacija regija intraoralnog snimka. Segmentacijom se određena površina RTG snimka izdvoji, a potom se prosleđuje SVM modelu na klasifikaciju.

Za klasifikaciju se koristi Matlab funkcija „svmclassify“. Klasifikacija se radi za svaki segmentovani region pojedinačno, tj. onoliko puta koliko ima segmentovanih regiona. Rezultat klasifikacije daje odgovor da li je segmentovana regija deo površine oralne lezije ili ne. Ako je rezultat klasifikacije pozitivan ova regija će biti označena kao ROI (*Region of interest*).



Sl.4. Klasifikacija PAR regije

Za dobijanje korektnih rezultata neophodno je da se odradi završna analiza dobijenih rezultata posle klasifikacije svih segmenata. Analizom dobijenih rezultata vidi se da je SVM klasifikator detektovao, u većini slučajeva, i pozadinsku (PR) regiju kao ROI. Zbog odsustva potpuno tamnih piksela u PR regiji (piksela sa vrednostima intenziteta 0), dolazi do ove pojave.



Sl.5. Lažni pozitivni na pozadniskoj regiji (PR)

Ovaj problem rešen je uvođenjem još jednog SVM klasifikatora obučenog da detektuje PR regiju. Postupak obuke je identičan opisanom za detekovanje PAR regije. Nakon obuke, isti snimak, na kojem se detektuju lezije, prosleđuje se PAR SVM klasifikatoru i PR SVM klasifikatoru. Dobijeni rezultati se potom upoređuju kako bi

se dobile stvarne PAR regije, koje neće uključivati i PR regiju.



Sl.6. Pravilno detektovana oralna lezija

LITERATURA

- [1] Vapnik V., *Statistical Learning Theory*, John Wiley & Sons, New York, (1998)
- [2] B. Schölkopf, C. Burges and Vapnik V., "Extracting support data for a given task". In U. M. Fayyad and R. Uthurusamy, editors, *Proceesings, First International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining*. AAAI Press, Menlo Park, CA, (1995)
- [3] Li S., Fevens T., Krzyzak A., Li S., "An automatic variational level set segmentation framework for computer aided dental X-rays analysis in clinical environments", *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 30, 65–74 (2006), Elsevier Ltd., (2006)
- [4] Li S., Fevens T., Krzyzak A., Jin C., Li S., "Semi-automatic computer aided lesion detection in dental X-rays using variational level set", *Pattern Recognition*, 2861 – 2873, 40 (2007), Elsevier Ltd., (2007)
- [5] Zuiderveld, Karel. "Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization." *Graphic Gems IV*. San Diego: Academic Press Professional, 1994. 474–485

Abstract – In this paper we presented oral lesion detection from intraoral radiographs using artificial intelligence. SVM method was utilized for classification. SVM models developed in the present paper were trained and tested in date collected from Dental clinic Vojvodina.

ORAL LESION DETECTION FROM INTRAORAL RADIOGRAPHS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Milena Petković, Željko Kanović, Boris Jakovljević, Stevan Dragosavljević

UTICAJ KONDENZATORSKE BATERIJE NA VREDNOST GUBITAKA AKTIVNE SNAGE DISTRIBUTIVNIH MREŽA**THE INFLUENCE OF THE CAPACITOR TO A VALUE OF POWER LOSSES IN DISTRIBUTION NETWORKS**Oskar Boršoš, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu analiziran je uticaj jedne, odnosno dve kondenzatorske baterije na gubitke aktivne snage radijalne distributivne mreže. Kao kriterijum za izbor optimalne vrednosti izabran je kriterijum minimalne sume gubitaka aktivne snage razmatrane distributivne mreže. U tu svrhu razmatran je jednostavan primer jednog radijalnog distributivnog voda sa 100 potrošača. Potrošači su modelovani kao potrošači sa konstantnom snagom. Primenom savremenih softverskih metoda, rađeni su proračuni u cilju smanjenja gubitaka aktivne snage u sistemu. Obraden je uticaj kondenzatorskih baterija, postavljenih na svim transformatorima SN/NN sa primarne i sa sekundarne strane.

Abstract – This paper analyzed the influence of one or two capacitor on active power losses in radial distribution network. As the criterion for optimal values choice the criterion of minimal sum of active power losses of considered distribution network is chosen. For this purpose, a simple example of a radial distribution network with 100 consumers is considered. Consumers are modeled as consumers with constant power. With the use of modern software methods, calculations were made to reduce active power losses in the system. The effect of capacitor banks placed on all MV/LV transformers with primary and secondary side is handled.

Cljučne reči: kondenzatorska baterija, optimalna vrednost, optimalno mesto, distributivna mreža.

1. UVOD

Kompenzacija reaktivne snage predstavlja jednu od mera koja daje mnogobrojne, značajne tehničke i ekonomske efekte. Investicija uložena u sprovođenje ove mere se vrlo brzo vraća i mnogostruko isplati. Kompenzacijom reaktivne snage, odnosno njenom proizvodnjom kod potrošača, smanjuje se reaktivna snaga (energija) prenošena vodovima, a takođe i struja u istim. Obzirom da je gubitak snage (odnosno gubitak energije) direktno proporcionalan kvadratu struje, smanjenjem struje smanjuju se gubici snage i energije [2].

Kondenzatorske baterije (KB) se koriste u distributivnim mrežama (DM) u cilju [2,3] poboljšanja faktora snage, smanjenja prenosa reaktivne snage i samim tim i smanjenja gubitaka aktivne snage.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je prof. dr Goran Švenda.

Nakon uvoda u drugom delu opisan je način određivanja optimalne vrednosti KB. U trećem delu rada prikazan je problem određivanja optimalnog mesta ugradnje KB. Četvrta glava se bavi opisom korišćenog algoritma za proračune. Peti deo rada ilustruje najbitnije rezultate proračuna. Zaključka, do koga se došlo tokom proračuna i pregledom dobijenih rezultata je dat u šestom delu rada, u sedmom delu je navedena korišćena literatura.

2. OPTIMALNO KORIŠĆENJE KONDENZATORSKIH BATERIJA

Problem planiranja razvoja uključuje izbor optimalnog mesta postavljanja KB, veličine i broja potrebnih KB za ugradnju u DM, s ciljem postizanja maksimalnog dobitka uz zadovoljenje operativnih ograničenja na različitim nivoima napajanja [3,4].

Razmatra se eksploatacija prethodno definisanih regulacionih resursa, dakle problem regulacije tokova (bilansa) reaktivnih snaga u realnom vremenu. Pritom, smatra se da je u toku izgradnje DM na optimalnim pozicijama, postavljen dovoljan broj KB. Isto tako smatra se da su regulacioni resursi (snaga KB) dovoljni da pokriju zahteve sistema u svim režimima. Izbor optimalnih vrednosti KB zasniva se na kriterijumu minimalnih gubitaka aktivne snage [3,4].

Na osnovu metode potpunog pretraživanja do konačnog rešenja se dolazi na osnovu pretraživanja (proračuna) svih mogućih rešenja tj. na osnovu pretraživanja svih mogućih varijanti rada KB. Ukoliko se razmatra DM sa KB sa diskretnim mogućnostima regulacije, koraci pretraživanja jednaki su broju diskretnih vrednosti KB (T_i^{kb} , $i=1,2,\dots,N_{poz}$, gde je N_{poz} ukupan broj pozicija regulacione sklopke). Treba naglasiti da se u velikom broju optimizacionih problema samo na osnovu potpunog pretraživanja može pouzdano tvrditi da konačno rešenje upravo predstavlja globalni minimum (maksimum) razmatranog problema [3].

Osnovni problem jeste činjenica da se konačno rešenje dobija kao rezultat proračuna vrednosti kriterijumske funkcije za sva moguća podešenja svih KB. Za sistem sa N_{kb} diskretno regulisanih KB, koje imaju po $N_{i,poz}$ pozicija regulacione sklopke, broj proračuna jednak je [3]:

$$N_{pror} = \prod_{i=1}^{N_{kb}} N_{i,poz} \quad (1)$$

3. OPTIMALNO MESTO POSTAVLJANJA KON- DENZATORSKE BATERIJE

Zadatak proračuna optimalnog mesta postavljanja kondenzatora je određivanje broja, tipa, veličine i lokacije KB. To je složen, obiman kombinatorni problem, u kome broj mogućih rešenja u tačkama lokalnih minimuma i broj opcija koje je potrebno analizirati eksponencijalno raste sa veličinom distributivnog sistema [3,4].

Određivanje optimalnog mesta postavljanja kondenzatorske baterije u DM sastoji se od sledećih koraka [4]:

- Za svaki čvor posebno, odredi se optimalna vrednost KB i izračuna se vrednost kriterijumske funkcije,
- U porede se vrednosti kriterijumske funkcije dobijene u prethodnom koraku,
- Za konačno rešenje se usvaja varijanta za koju je kriterijumska funkcija minimalna.

Može se uočiti da prvi korak opisane procedure predstavlja proračun optimalnog podešenja KB koja je za razmatrano uklopno stanje i režim, postavljena u čvor i ($i=1,2,...,N_{\text{čv}}$). Za optimalnu vrednost KB na osnovu proračuna tokova snaga može se odrediti vrednost kriterijumske funkcije (vrednost gubitaka aktivne snage). Drugi korak predstavlja poređenje vrednosti kriterijumske funkcije [3,4].

Predstavljena procedura određivanja optimalnog mesta postavljanja KB na prvi pogled može izgledati veoma prosto, međutim pravi problemi nastaju kada zadatak prerasta u problem određivanja mesta postavljanja više KB. Tada predstavljena procedura proračuna postaje vremenski veoma zahtevna, jer je potrebno proveriti sve moguće kombinacije postavljanja skupa od nekoliko KB. Broj mogućih rešenja eksponencijalno raste sa dimenzijama razmatrane DM, a izrazito zavisi i od broja KB, čije se pozicije određuju. Ukoliko se želi postaviti N_{kb} kondenzatorskih baterija sa po N_{poz} pozicija regulacione sklopke u DM sa $N_{\text{čv}}$ čvorova, potrebno je proveriti (izračunati) [3,4]:

$$N_{\text{por}} = (N_{\text{poz}})^{N_{\text{kb}}} \cdot \frac{(N_{\text{čv}})!}{(N_{\text{kb}})! \cdot (N_{\text{čv}} - N_{\text{kb}})!} \quad (2)$$

4. TOKOVI SNAGA KOMBINOVANI ALGORITAM

Proračun tokova snaga se sastoji u proračunu promenljivih stanja (odnosno, kompletnog režima) distributivne mreže, na bazi poznatog napona izvora napajanja mreže (korena) i poznatih potrošnji u svim čvorovima mreže. Razvijeni su specijalizovani algoritmi za proračun tokova snaga u distributivnim mrežama. Ovi postupci polaze od pretpostavke da je distributivna mreža radijalna. Koristeći se ovom pretpostavkom, razvijen je čitav niz vrlo efikasnih numeričkih postupaka koji su orijentisani ka granama. Ovi algoritmi se uglavnom međusobno razlikuju po načinu proračuna i po mogućnostima za modelovanje potrošnje. Koristiti se kombinovani algoritam tj. algoritam sumiranja admitansi, poznat i kao Rajičić-ev metod. Algoritam može biti iterativan ili neiterativan. Ukoliko se potrošnja tretira da je tipa konstantne snage algoritam je iterativan [1].

Algoritam se sastoji od sledećih koraka [1]:

- Inicijalizacija algoritma (numeracija grana i čvorova, unos podataka o distributivnoj mreži). Proračun ekvivalentnih admitansi i parametara transliranja.

- Proračun struja potrošnje prema relaciji

$$i_{p,i} = \left(\frac{P_{p,i} + Q_{p,i}}{V_i} \right)^* \quad (4)$$

gde je:

$P_{p,i}$ – specificirane snage potrošnje

V_i – napon čvora

- Proračun ekvivalentnih struja u čvorovima

$$i_{sp,i} = i_{p,i} + \sum_s D_{s,i} \cdot i_{p,s} \quad (5)$$

gde je:

s – skup svih grana incidentnih čvoru (i),

$D_{s,i}$ – parametar transliranja admitanse iz čvora (s)

- Proračun napona po čvorovima (zamenapred)

$$V_i = V_{i-1} - Z_i \cdot j_i \quad (6)$$

gde je:

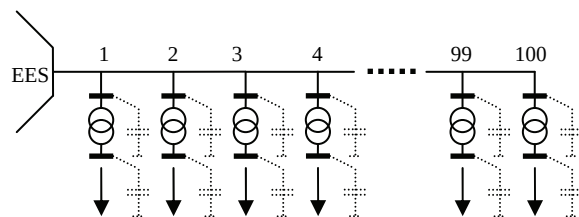
V_i – napon gornjeg (početnog) čvora grane (i),

j_i – struja grane (i),

Z_i – impedansa grane (i).

5. REZULTATI

Proračuni su rađeni na primeru radijalne test mreže koja je prikazana na slici 1. Razmatranu mrežu čine: 20 kV distributivni fider sa 100 distributivnih TS 20/0.4 kV/kV. Svaka distributivna TS ima mogućnost ugradnje KB na SN i na NN, što predstavlja 200 mogućih mesta za ugradnju KB. Vrednost KB razmatrana je u zavisnosti od kriterijuma za izbor njihovog broja, pozicija i vrednosti.



Slika 1 – Test mreža sa mogućnosti ugradnje KB u svakoj TS SN/NN

Podaci o test mreži su:

$V_{SN}=20$ kV $r=0.319$ Ω /km

$V_{NN}=0.4$ kV $x=0.344$ Ω /km

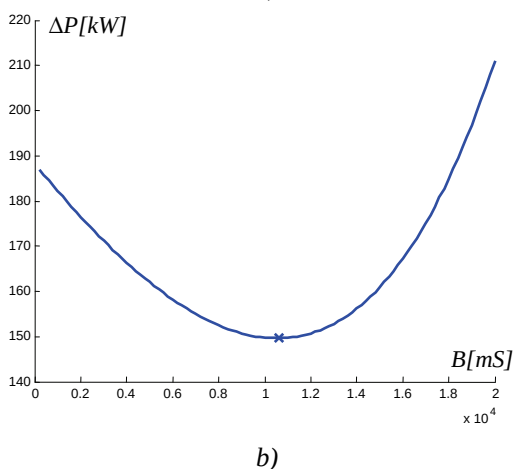
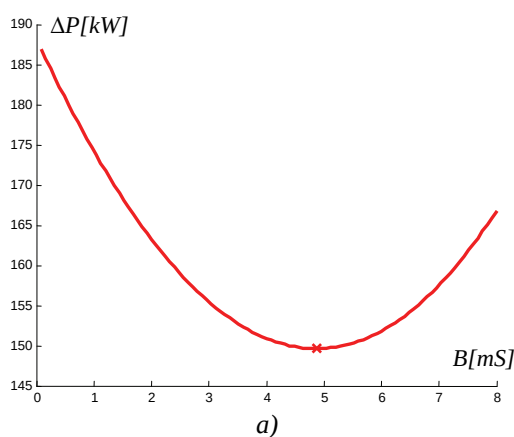
$S_{tr}=200$ kVA $g=0.000$ Ω /km

$u_k=5$ % $b=0.116$ mS/km

Dužine svih deonica su $l=0.2$ km, dok je potrošnja u potrošačkim čvorovima $S_p=50+j25$ kVA

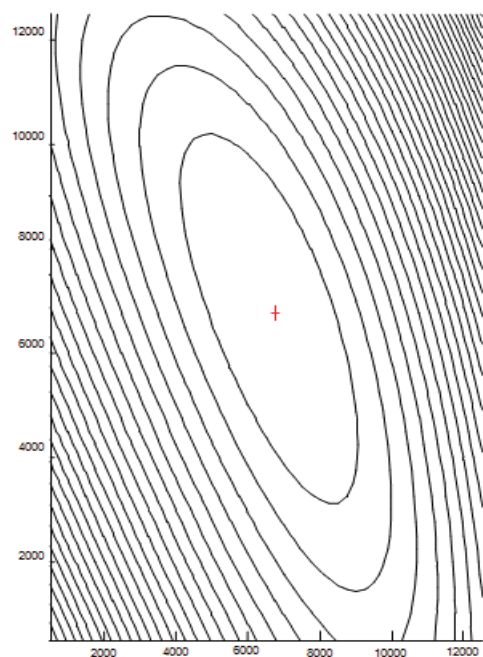
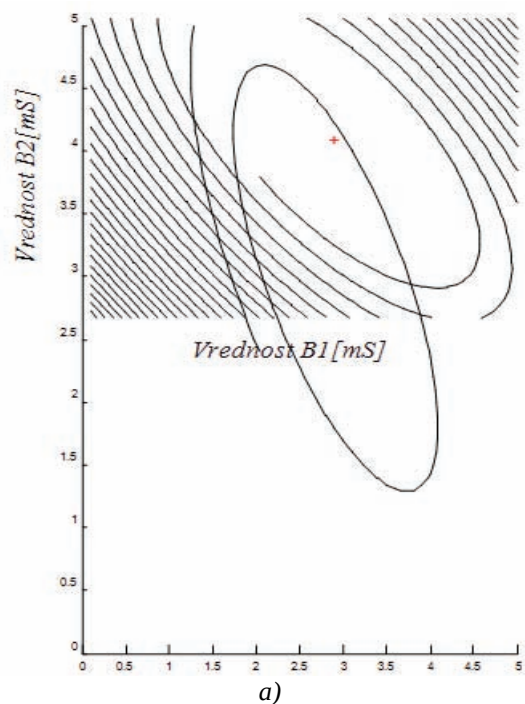
Radi jednostavnosti modela usvojeno je da su sve TS 20/0.4 identične i da su sve deonice istih parametara i dužina. Ove pretpostavke ne utiču na kvalitet rezultata. Na slici 2 prikazana je zavisnost gubitaka aktivne snage ΔP , od vrednosti susceptanse KB za distributivnu mrežu kada se KB ugrađuje na srednjem naponu (SN), slika 2a i kada se ugrađuje na niskom naponu (NN), slika 2b. Za

prikazane primere, smatra se da su KB sa kontinualnim mogućnostima regulacije i da se potrošnja modeluje sa potrošačima konstantne snage. Na slikama su sa $\times$ naznačene vrednosti KB za koje bi se ostvarile minimalne vrednosti gubitaka aktivne snage. Može se uočiti da se za različite vrednosti susceptansi KB mogu dobiti bliske vrednosti gubitaka aktivne snage u zavisnosti od toga na kom naponskom nivou se ugrađuje kondenzatorska baterija. Tako, npr. na slici 2a kada se KB ugrađuje na SN (20 kV) njena vrednost iznosi 4.88 mS. Neznatno različita vrednost gubitaka aktivne snage se dobija kada se na NN (0.4 kV) ugradi KB vrednosti 10600 mS, slika 2b. Dakle, do dovoljno dobrog rešenja može se doći sa manjim, ali i većim vrednostima KB.



Slika 2. – Primer sa jednom kondenzatorskom baterijom: a) na srednjem naponu i b) na niskom naponu

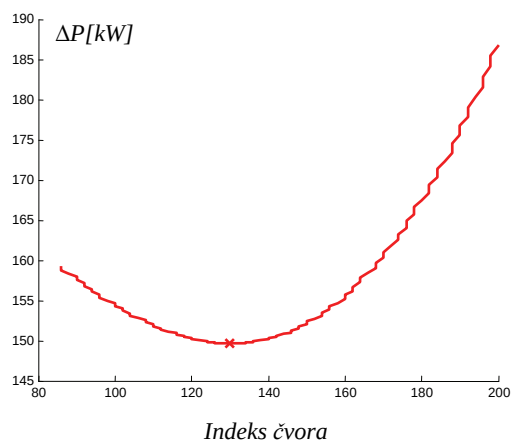
U slučaju ugradnje dve KB, zavisnost gubitaka aktivne snage je prikazan na slici 3. Na slikama je sa $\times$ naznačena optimalna vrednost susceptanse obe ugradne KB. U ovom slučaju kao i u prethodnom skoro identični gubici aktivne snage DM se dobijaju kada se na SN ugrade kondenzatorske baterije vrednosti 3.0 mS i 5.9 mS i kada se na NN ugrade KB vrednosti 6750 mS i 6750 mS. Unutrašnjom elipsom predstavljena je kombinacija vrednosti dve KB koje su postavljene na optimalna ugradna mesta u DM i čija vrednosti gubitaka aktivne snage je veća maksimalno za 1% od naznačene minimalne vrednosti gubitaka aktivne snage. Prikaz vrednosti gubitaka aktivne snage u zavisnosti od čvora ugradnje KB za optimalnu vrednosti susceptanse KB, dat je na slici 4a i 4b.



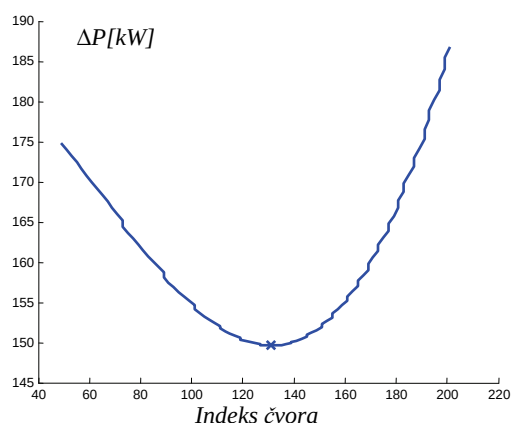
Slika 3 – Primer sa dve kondenzatorske baterije: a) na srednjem naponu i b) na niskom naponu

Optimalno mesto ugradnje KB na SN je 130. čvor, ili primar 65. transformatora ($N_{\text{čvSN}}=2N_{\text{tr}}$) a to je na 65% DM. U slučaju NN to je 131. čvor ili sekundar 65. transformatora ($N_{\text{čvNN}}=2N_{\text{tr}}+1$) u mreži, što čini 65% DM.

Zavisnost promene vrednosti gubitaka aktivne snage usled promene mesta ugradnje dve KB na SN i NN je prikazana na slici 5.a i 5.b. Sa $\circ$ je obeleženo optimalno mesto za ugradnju dve kondenzatorske baterije. U slučaju SN to su čvor 76 i 158, tj. primar 38. i 79. transformatora, dok su u slučaju NN to čvorovi 77 i 159 tj. sekundar 38. i 79. transformatora.

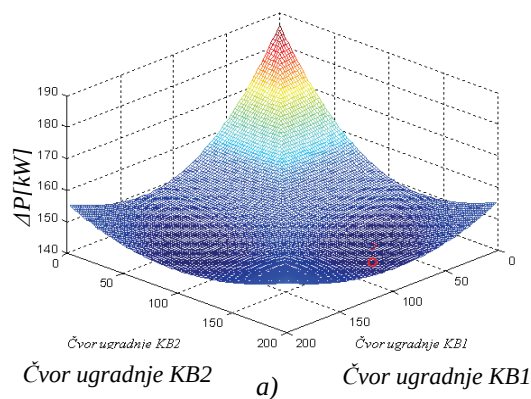


a)

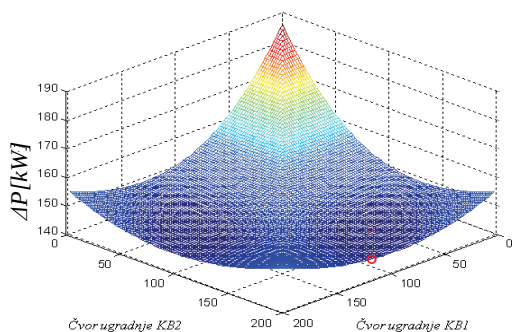


b)

Slika 4 – Primer optimalnog mesta ugradnje kondenzatorske baterije: a) na srednjem naponu i b) na niskom naponu



a)



Čvor ugradnje KB2

b)

Čvor ugradnje KB1

Slika 5 – Primer optimalnog mesta ugradnje dve kondenzatorske baterije: a) na srednjem i b) na niskom naponu

6. ZAKLJUČAK

Osnovni zadatak rada bio je da se napravi proračun u programskom jeziku Matlab za izbor optimalne vrednosti otočne kondenzatorske baterije i mesta postavljanja otočne kondenzatorske baterije u DM, kada postoji mogućnost ugradnje na niskom i na srednjem naponu u datoj mreži.

Za različite vrednosti otočne kondenzatorske baterije gubici aktivne i reaktivne snage celokupnog sistema imaju različite vrednosti. Uobičajeno je da za tačno određenu (optimalnu) vrednost kondenzatorske baterije postoji minimum gubitaka. Optimalna vrednost kondenzatorske baterije se razlikuje u zavisnosti od pozicije na koju je kondenzatorska baterija instalirana.

Na osnovu podataka može se zaključiti da za približno iste vrednosti gubitaka aktivne snage koje se dobijaju u slučaju ugradnje kondenzatorske baterije optimalne vrednosti na srednjem i niskom naponu postoji velika razlika u veličini između vrednosti susceptanse kondenzatorskih baterija koje se ugrađuju. Na niskom naponu se ugrađuje baterija veće susceptanse nego na srednjem naponu da bi se dobili približno iste vrednosti gubitaka aktivne snage.

Uočeno je, da se u okolini minimuma gubitaka aktivne snage za relativno veliki opseg promene vrednosti otočne KB, dobijaju veoma mala odstupanja gubitaka aktivne snage. Ova karakteristika može da ima veliki efekat, posebno pri ekonomskim analizama doprinosa ugradnje KB.

U slučaju kada se razmatra ugradnja dve kondenzatorske baterije umesto jedne može se konstatovati da je sa stanovišta gubitaka aktivne snage bolje ugraditi dve kondenzatorske baterije nego jednu.

7. LITERATURA

- [1] Dragan Popović, Duško Bekut, Valentina Treskanica Specijalizovani DMS algoritmi, DMS Group, Novi Sad, 2004.
- [2] Vladimir Strezoski, Analiza elektroenergetskih sistema, skripta, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 2008.
- [3] Emil M. Heđi: Regulacija tokova reaktivnih snaga sredjenaponske distributivne mreže, diplomski –master rad, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 2008.
- [4] Erdei Zoltan, Matematički modeli za izbor optimalne vrednosti otočnih kondenzatorskih baterija sa kontinualnim mogućnostima regulacije, diplomski rad, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 2001.

Kratka biografija:



Oskar Boršoš rođen je u Novom Sadu 1981. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetski sistemi odbranio je u 2010.god.

**REALIZACIJA GRAFIČKE KORISNIČKE SPREGE ZA UPRAVLJANJE
OSVETLJENJEM U KUĆI KORIŠĆENJEM TV UREĐAJA****GRAPHICAL USER INTERFACE REALIZATION FOR LIGHTENING CONTROL**

Miloš Balać, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je prikazana realizacija grafičke korisničke sprege na TV uređaju, za upravljanje osvetljenjem u kući. Ukratko su predstavljene opšte osobine grafičke korisničke sprege, kao i kratak opis realizacije i ispitivanja na ciljnoj platformi.

Abstract – This paper deals with the implementation of the graphical user interface on the digital TV receiver, for the management of lighting in the house. Briefly presents the general features of the graphical user interface and a brief description of the implementation and testing on target platform.

Ključne reči: automatizacija, domaćinstvo, TV

1. UVOD

Upravljanje osvetljenjem predstavlja deo mnogo šire oblasti koja se bavi automatizacijom domaćinstva (*home automation*). Automatizacija domaćinstva ima za cilj osposobljavanje uređaja u domaćinstvu da međusobno komuniciraju i obalaju određene radnje u zavisnosti od naredbi korisnika, vremenskih ili spoljnih signala, scenarija koji opisuju ponašanje [1]. Njen zadatak je povećanje udobnosti članovima domaćinstva, kao i smanjenje potrošnje energije, što je u današnje vreme veoma bitno.

Grafička korisnička aplikacija treba da omogući jednostavno i efikasno korišćenje sistema. Prvenstvena namena televizora je praćenje TV programa a upotreba GUI aplikacije (*Graphical User Interface*) ne bi trebalo da ometa korisnika u tome.

Upravljanje osvetljenjem podrazumeva kontrolu električnih svetlosnih izvora, kao što su sijalice. Sistem zahteva postojanje upravljačkog uređaja, kao i grafičke korisničke sprege tj. GUI aplikacije. Tema ovog rada je izrada GUI aplikacije u *Flash ActionScript 2.0*. Korišćena je razvojna platforma *Micronas Pegassus TV* ploča sa 256 MB memorije i *Linux* operativnim sistemom. Platforma poseduje *SWF Framework* [2], koji omogućava pokretanje aplikacija pisanih u *Flash ActionScript-u 2.0*. Kako je u pitanju TV uređaj, aplikacija mora biti prilagođena jednostavnoj upotrebi pomoću ograničenog broja kontrolnih tastera daljinskog upravljača.

Sistem treba da bude proširiv i da omogućava što jednostavnije dodavanje uređaja u sistem, kao i u GUI

NAPOMENA:

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

U okviru sistema kontrolišu se “pametne utičnice” na koje su priključeni izvori osvetljenja. Sastavni deo utičnica je mikrokontroler koji omogućava radio upravljanje, korišćenjem bežičnog protokola *SimpliciTI* [3]. Mikrokontroler komunicira sa USB (*Universal Serial Bus*) primopredajnikom koji je priključen na digitalni TV uređaj odnosno platformu.

U drugom poglavlju biće opisane teorijske osnove i analiza rešavanog problema. U trećem poglavlju su predstavljeni detalji realizacije GUI aplikacije, dok su u četvrtom poglavlju prikazani rezultati ispitivanja, prednosti i primena sistema.

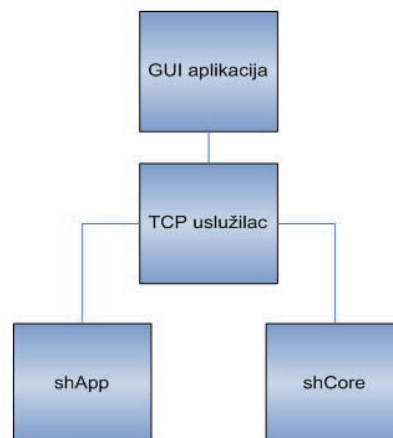
2. ANALIZA PROBLEMA

Flash ActionScript predstavlja dobro rešenje za animaciju i interakciju sa korisnikom na Internetu. Velika prednost mu je nezavisnost prikaza od platforme na kojoj je pokrenut. Mogućnost projektovanja grafičke korisničke sprege i davanja funkcionalnosti (upotrebom script jezika - *ActionScript*) toj sprezi, obezbedili su upotrebu *flash-a* i u korisničkim aplikacijama.

Celokupna realizacija se može podeliti na dve nezavisne celine:

- Izrada GUI aplikacije
- Izrada TCP (*Transmission Control Protocol*) uslužioca koji je zadužen za komunikaciju između GUI aplikacije i nižih programskih slojeva, koji obezbeđuju kontrolu osvetljenja

Na slici 1 je prikazana organizacija kompletnog sistema.



Slika 1. Organizacija sistema za kontrolu osvetljenja

Moduli *shApp* i *shCore* su realizovani kao dinamičke biblioteke (*shared library*). Detalji realizacije dinamičkih

biblioteka, zaduženih za upravljanje utičnicama, neće biti razmatrani.

Grafička korisnička aplikacija mora omogućiti sledeće:

- Dodavanje/Brisanje soba u domaćinstvu
- Dodavanje/Brisanje uređaja na nivou soba
- Kreiranje scenarija
- Pokretanje/Zaustavljanje scenarija

Posebna pažnja treba biti posvećena kreiranju scenarija, kao najvažnijoj funkciji sistema za kontrolu osvetljenja.

Korisniku je potrebno obezbediti povratnu informaciju o trenutnom stanju scenarija (da li se scenario izvršava ili je zaustavljen), dok informacija o trenutnom stanju sijalica (da li je upaljena ili ugašena) nije neophodna.

Uslužilac treba da omogući primanje i prosleđivanje korisničkih zahteva nižim slojevima sistema. Pri pokretanju uslužilac pokreće i usluge nižih slojeva neophodne za funkcionisanje sistema.

3. OPIS REALIZACIJE

Osnovni elementi *flash-a* su [4]:

- Scene tj. prozori
- Slojevi
- Okviri animacije
- Grafički objekti
- Akcije grafičkih objekata (opisane u *ActionScript-u*) kojima se obezbeđuje interakcija sa korisnikom

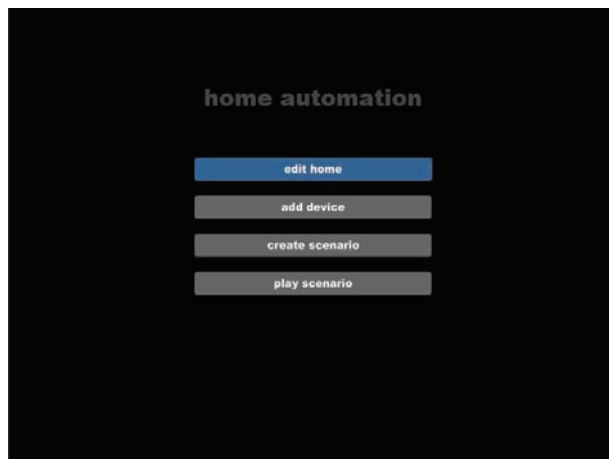
Flash aplikacija može imati više scena, a svaka scena se sastoji od slojeva i okvira animacije. Grafički objekti mogu da se kreiraju u samom *flash-u*, kao i da se uvode već postojeći grafički objekti. Svaki objekat ima svoju vremensku osu, koju čine okviri animacije tog objekta. Da bi grafički objekti bili nezavisni, potrebno ih je smestiti na različite slojeve.

U osnovi, *flash* aplikacija predstavlja animirani interaktivni film sa okvirima animacije, koji se prikazuju određenim redosledom opisanih *ActionScript* kodom. U zavisnosti od akcija korisnika, menja se tok *flash* animacije. Prelazi se sa scene na scenu ili sa jednog okvira na drugi okvir.

Prvi korak u realizaciji GUI aplikacije je prepoznavanje stavki menija neophodnih za upotrebljivost sistema. Na slici 2. prikazan je izgled osnovnog menija.

Korisniku su omogućene sledeći stavke menija:

- edit home – dozvoljava korisniku dodavanje i brisanje soba kao i njihovu prostornu organizaciju
- add device – omogućava korisniku dodavanje i brisanje uređaja u obeleženoj sobi.
- create scenario – korisnik u zavisnosti od svojih potreba kreira željeno ponašanje sistema koje se čuva u obliku XML dokumenta u bazi
- play scenario predstavlja prozor za kontrolu scenarija, tj. njihovo pokretanje, zaustavljanje i brisanje.

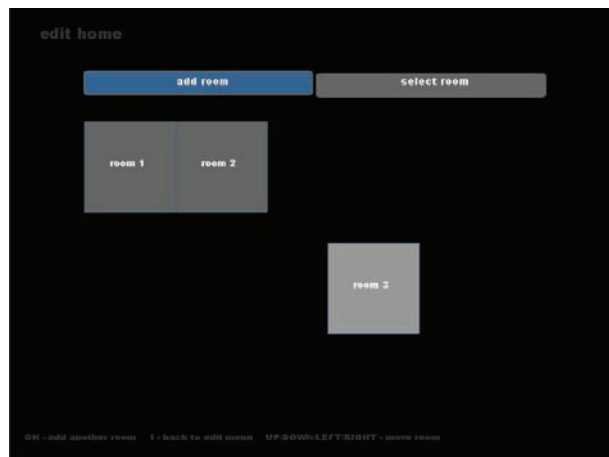


Slika 2. Izgled osnovnog menija

Izborom opcije menija otvara se odgovarajući prozor. Novi prozor sadrži slojeve i okvire na kojima su raspoređeni grafički objekti. Razvijena je biblioteka grafičkih objekata u *flash-u* koji se mogu koristiti kao stavke menija, sobe, sijalice i ostali neophodni objekti. Istovremeno sa otvaranjem prozora dobavljaju se grafički objekti. Prilikom zatvaranja prozora sve grafičke objekte je potrebno ukloniti kao i sam prozor.

Otvaranjem prozora **edit home**, GUI aplikaciji se dostavljaju informacije o postojećim sobama i njihovim pozicijama. U zavisnosti od toga koji su podaci primljeni, koristi se odgovarajući broj grafičkih objekata koji predstavljaju sobe.

Na slici 3 je prikazan izgled prozora **edit home**.



Slika 3. Izgled prozora **edit home**

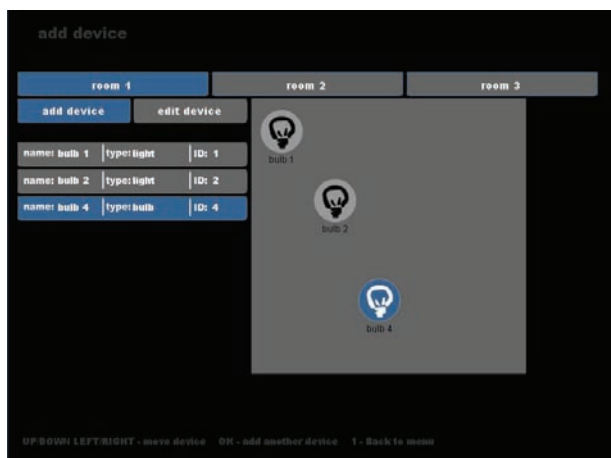
Moguće je dodati do deset soba, što bi trebalo da zadovolji potrebe korisnika.

U prozoru **add device**, GUI aplikaciji se dostavljaju informacije o postojećim sobama, uređajima koji se nalaze u sobama i pozicijama uređaja u okviru soba. Na slici 4 je prikazan izgled prozora **add device**.

U zavisnosti od toga koji su podaci primljeni, upotrebljava se odgovarajući broj grafičkih objekata (uređaja i stavki menija koje predstavljaju uređaje i sobe).

Na levoj strani je lista uređaja koji se nalaze u trenutno izabranoj sobi, dok je na desnoj strani prikazana pozicija uređaja u okviru sobe. Članovi liste soba prikazuju

podatke o nazivu uređaja, tipu i identifikacionom broju preko kojeg se upravlja uređajem. Uređaji se dodaju i brišu izborom željene stavke menija.



Slika 4. Izgled prozora *add device*

Prozor *create scenario* dobija iste podatke kao i prozor *add device*, samo su oni iskorišćeni za drugačiji prikaz prozora. Na slici 5 je prikazan izgled prozora *create scenario*.



Slika 5. Izgled prozora *create scenario*

Funkcije grafičkih elemenata prozora:

- **macro name** – naziv scenarija koji se formira
- **traka sa sobama** – identifikacija soba u kojima se nalaze dodeljeni uređaji
- **opcije scenarija** - trenutno postoji samo opcija da se scenario izvršava odloženo za zadati broj sekundi jednom ili periodično, dok korisnik ne zaustavi taj scenario
- **lista uređaja** – (u ovom slučaju lista sijalica) označenom uređaju je moguće menjati stanje (upaljen ili ugašen), jačinu osvetljenja (*dim level*) i način rada (*action*). Sa desne strane je prikazana pozicija uređaja u okviru sobe.

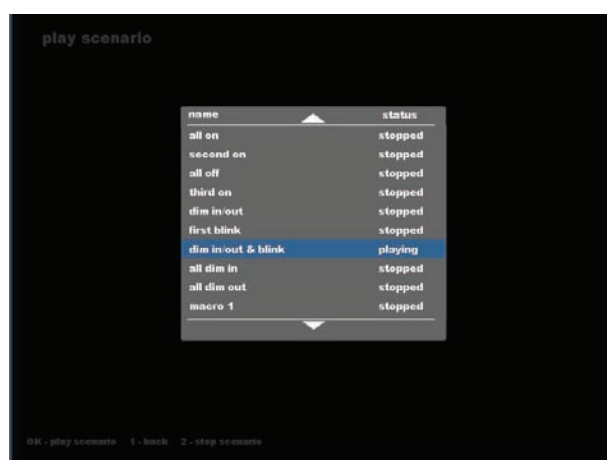
Načini rada uređaja mogu biti:

- **normal** – uključivanje sijalice na zadati nivo osvetljenja

- **blink** – uključivanje sijalice na zadati nivo osvetljenja i gašenje za jednu sekundu
- **dim in** – postepeno povećanje nivoa osvetljenja sijalice do zadate vrednosti
- **dim out** – postepeno smanjenje nivoa osvetljenja od zadatog nivoa dok se sijalica ne ugasi

Rezultat pravljenja scenarija je XML dokument koji se posle može pročitati iz baze i izvršiti.

Otvaranjem prozora *play scenario* se prikazuje lista postojećih scenarija, kao i njihovo trenutno stanje (scenario se izvršava ili je zaustavljen). Stanje se periodično osvežava. Upravlja se trenutno označenim scenarijom. Omogućeno je pokretanje, zaustavljanje i brisanje scenarija. Na slici 6 je prikazan izgled prozora *play scenario*.



Slika 6. Izgled prozora *play scenario*

Kretanje kroz menije je omogućeno navigacionim tasterima (gore, dole, levo i desno) daljinskog upravljača. Izbor opcije menija se obavlja tasterom za potvrđivanje „OK“. Na dnu svakog prozora nalazi se uputstvo za kretanje po meniju, kao i opcije koje su omogućene korišćenjem pojedinih tastera. Svi prozori su delimično providni, kako bi bilo omogućeno praćenje trenutnog TV programa.

Kako se na televizoru nalazi operativni sistem *Linux*, bilo je prirodno za realizaciju uslužioca izabrati programski jezik C. U zavisnosti od zahteva koje GUI aplikacija šalje uslužiocu, uslužilac čita podatke neophodne za njen rad, formatira ih u XML (jezik za uređivanje podataka) formatu, i šalje odgovor nazad. XML je odabran zbog svoje jednostavnosti i lake čitljivosti, kako čoveku, tako i računaru [5]. Njegova osnovna svrha je olakšavanje razmene podataka.

Na uslužiocu se za parsiranje XML-a koristi jednostavan *open-source* XML parser *McXML*, dok je u *flash-u* već podržan rad sa XML podacima.

Veza između uslužioca i GUI aplikacije se obavlja korišćenjem TCP protokola. Na uslužiocu je u tu svrhu iskorišćena familija Internet protokola (*sys/socket.h*) za *Linux* operativni sistem.

Flash za povezivanje na uslužilac koristi postojeću funkciju *XMLConnection.connect* sa IP adresom usluži-

oca i ulazom na kome server očekuje povezivanje, kao parametrima.

4. ISPITIVANJE

Prva ispitivanja GUI aplikacije su obavljena na računaru, koji je preko TCP protokola bio povezan na TV platformu, na kome se nalazio ostatak sistema za upravljanje osvetljenjem. Na računaru je pokrenuta GUI aplikacija koja je komunicirala sa uslužiocem koji se nalazi na TV platformi. U ovom slučaju navigacija kroz menije je obavljena strelicama tastature računara, kao i upotrebom numeričke tastature.

Nakon ispitivanja na računaru, GUI aplikacija je uključena u programsku podršku TV uređaja. Aplikacija se pokreće odgovarajućim tasterom daljinskog upravljača. Na slici 7 prikazan je jedan prozor GUI aplikacije pokrenute na TV uređaju.



Slika 7. Izgled prozora **play scenario** na TV uređaju

Ispitivanje na TV uređaju, kao i na računaru je pokazalo da su zadovoljeni svi funkcionalni zahtevi. Upravljanje sa televizora nije doводilo do kašnjenja. Dodavanje soba i uređaja, kao i njihovo brisanje obavljeno je bez problema. Upravljanje sijalicama izvršavanjem scenarija zadatih od strane korisnika je takođe uspešno ispitano.

U scenarijima su korišćeni različiti načini rada i njihove kombinacije. Scenario je moguće pokrenuti, zaustaviti kao i obrisati. Svi načini rada sijalica: *on*, *off*, *blink*, *dim in* i *dim out* su uspešno prošli ispitivanje. Kod *dim in* i *dim out* načina rada je izvršenje zadate akcije trajalo duže, ali je to problem realizacije upravljanja sijalicama.

Brisanjem uređaja, scenario koji je upravljao obrisanim uređajem će nastaviti rad, samo što više neće upravljati obrisanim uređajem. Zaustavljanje scenarija (sa odloženim i periodičnim izvršavanjem) je omogućeno u svakom trenutku.

Prilikom zatvaranja GUI aplikacije, uslužilac, kao i sistem je nastavljao rad, sve dok bi radio i televizor, tj. dovoljno je bilo da televizor bude u pripravnim (*standby*) režimu. Ponovnim pokretanjem GUI aplikacije je moguće nastaviti nesmetano upravljanje sistemom.

5. ZAKLJUČAK

GUI aplikacija korisniku omogućava logično i jasno upravljanje osvetljenjem domaćinstva. Korisnik na pregledan i jednostavan način saopštava sistemu svoje želje preko sprege koju koristi svakodnevno (televizor i daljinski upravljač), tako da nema potrebe za učenjem i privikavanjem na nešto novo.

Postoji problem sa izborom dodatnih tastera daljinskog upravljača koji su iskorišćeni za dodatne akcije u menijima (brisanje, povratak, promena načina rada). Trenutno se koriste brojevi sa tastature, ali to nije dobro rešenje. Prirodnije bi bilo iskoristiti kontrolne tastere koji se nalaze ispod navigacionih strelica i tastera potvrde, samo što ti tasteri već imaju kontrole za koje su zaduženi i trebalo bi onemogućiti te kontrole dok se koristi GUI aplikacija. Taj problem je do same TV aplikacije tako da je trenutno ostalo rešenje upotrebom tastera sa brojevima.

Osim za kontrolu osvetljenja, GUI aplikacija bi se uz neznatne izmene mogla iskoristiti i za jednostavno upravljanje (paljenje i gašenje) uređaja male snage, što je i podržano u nižim slojevima.

6. LITERATURA

[1] M.Z. Bjelica, „Realizacija sistema za automatizaciju domaćinstva sa grafičkom korisničkom spregom na TV prijemniku“, master rad, biblioteka Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad 2008.

[2] Swf Framework <http://www.rt-rk.com/intellectual-property/nmp/swf-framework>

[3] B.A. Radin, V.A. Nuhijević, N.U. Pjevalica, “Jedno rešenje pametne strujne utičnice u pametnoj kući,” *TELFOR*, 815-818, Novembar 2009.

[4] Flash ActionScript
<http://www.adobe.com/support/flash/>

[5] XML <http://en.wikipedia.org/wiki/XML>

Kratka biografija:



Miloš Balać rođen je u Drvaru, BIH, 27. oktobra 1979. god. Upisao je Fakultet Tehničkih Nauka, u Novom Sadu, 2001. godine. Diplomski-master rad iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarska Tehnika i Računarske Komunikacije, odbranio je 2010.god.

**JEDNO REŠENJE NADZORNO UPRAVLJAČKIH SISTEMA ZASNOVANO NA OPC
UA SPECIFIKACIJI****ONE SOLUTION FOR SUPERVISORY CONTROL AND DATA ACQUISITION
SYSTEMS BASED ON OPC UA SPECIFICATION**

Petar Mihajlović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Savremeni nadzorno-upravljački sistemi zahtevaju procesiranje velikih količina podataka i odlikuju se intenzivnom međuprocenom komunikacijom. Kako u ovakvim sistemima može da komunicira veliki broj komponenti razvijenih od strane različitih proizvođača, standardizacija komunikacije postaje sve važnija. Ovaj rad razmatra primenljivost OPC Unified Architecture (UA) specifikacije u razvoju nadzorno upravljačkih sistema. Kao potvrda primenljivosti ovog standarda razvijen je server koji omogućuje čuvanje podataka, njihovu izmenu, brisanje kao i filtriranje podataka po nekom zadatom kriterijumu. Podaci se čuvaju u Microsoft SQL bazi podataka a pristupa im se preko ADO.NET komponente. Kako OPC UA specifikacija i predviđa komunikacija između klijenta i servera izvršena je upotrebom Windows Communication Foundation(WCF) mehanizma.

Abstract – Modern monitoring and control systems require processing large amounts of data and they are characterized by growing Inter-process communication. As in these systems can communicate large number of components developed by different manufacturers, the standardization of communication becomes more important. This paper discusses the applicability of the OPC Unified Architecture (UA) standards in development of monitoring and control systems. As an illustration of the applicability of this standard was developed a server that allows storing data, their modification, deletion, and data filtering by any given criteria. Data is stored in Microsoft SQL databases and access them over ADO.NET component. As OPC UA specification says, communication between the client and server is done using the Windows Communication Foundation (WCF) mechanism.

Cljučne reči: nadzorno-upravljački sistemi, OPC Unified Architecture (UA), Windows Communication Foundation (WCF).

1. UVOD

Razvoj računarskih sistema, pre svega komunikacionih tehnologija utiče na sve aspekte života, pa isto tako i na sve segmente industrijske proizvodnje. Sa rastom obima proizvodnje, raste potreba da se merene veličine trajno

skladište da bi se daljom analizom smanjili gubici i povećala produktivnost.

Rastom fabrika i povećanjem obima proizvodnje dolazi do problema kako kontrolisati tako velike sisteme na velikim udaljenostima. Paralelno sa razvojem tehnologija rastu i zahtevi klijenata, kako u količini podataka koje je potrebno čuvati i obraditi, tako i u brzini odziva sistema. Od savremenih nadzorno-upravljačkih sistema (SCADA) se traži da podrže nadgledanje velikog broja veličina i da vrednosti veličina budu dostupne u čoveku prihvatljivom vremenu (nekoliko sekundi). Tehnologije razvijene u poslednjih nekoliko godina predstavljaju osnovu za razvoj današnjih distribuiranih aplikacija. Takav razvoj se oslanja na middleware podršku posredstvom softverskih framework-a, i na servise koji podrazumevaju bezbednu komunikaciju, transakcije i perzistentna skladišta podataka. SCADA sistemi se ne baziraju samo na prikupljanju vrednosti veličina i njihovom izmenom već su deo šireg distribuiranog sistema *Utility Management System (UMS)*.

Standardizacija razmene podataka između podsistema nadzorno-upravljačkih sistema postaje sve značajnija pošto se broj komponenti koje učestvuju u razmeni neprestano povećava, a takođe i sve više različitih potrošača učestvuje u proizvodnji komponenti. OPC je neprofitabilna organizacija koja za cilj ima standardizaciju međuprocenke komunikacije u industrijskim sistemima. OPC DA specifikacija, koja propisuje razmenu trenutnih vrednosti veličina u sistemu, doživela je veliki uspeh. Nova specifikacija OPC Unified Architecture (UA) je zasnovana na najnovijim arhitektonskim rešenjima (pre svega Service Oriented Architecture – SOA), te se može očekivati da će i ona doživeti uspeh [6]. OPC UA donosi mnoge prednosti pre svega kroz objedinjeni model podataka, tako je sada moguće nad istim modelom sistema izgraditi server za pristup trenutnim vrednostima veličina, pristup istorijskim vrednostima kao i alarmima. Međuprocenska komunikacija zasnovana je na WS-* seriji standarda koja je široko prihvaćena, a podržana je i od strane nove Microsoft-ove tehnologije - Windows Communication Foundation (WCF) [3].

2. OPC UA STANDARD I NJEGOVA PRIMENA

U OPC UA standardu opisan je objedinjeni model podataka koji je osmišljen da može da opiše što širi spektar nadzorno-upravljačkih sistema [8]. U osnovi hijerarhije modela je Node klasa, iz koje su izvedeni svi tipovi objekata u sistemu. Jedna specijalizacija Node klase je VariableNode pomoću koje se modeluje

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Aleksandar Erdeljan, docent.

promenljiva veličina iz pogona (recimo Temperatura na nekom meraču ili broj obrtaja motora). DataValue klasa je osmišljena da čuva vrednost neke promenjive i sastoji se od vrednosti (Value), vremena očitavanja (TimeStamp) i kvaliteta očitane veličine (Quality) [4]

Metode koje su propisane u OPC UA specifikaciji grupisane su u Service Set-ove tako da su u istom service setu metode koje vrše sličnu funkciju [5]. Najznačajniji service setovi, koji su implementirani u ovom radu, su:

NodeManagement Service Set – definiše metode koje omogućuju klijentu da dodaje, menja i briše Node-ove.

Attribute Service Set – definiše metode koje omogućuju klijentu da očitava i menja vrednosti atributa Node-ova, uključujući njihove istorijske vrednosti.

View Service Set – definiše metode koje omogućuju klijentu da pretraži spisak svih veličina definisanih u serveru (adresni prostor servera) ili njegov podskup koji se naziva View [7].

WCF je tehnologija prvenstveno namenjena za razvoj servisa na Windows operativnim sistemima, kojima mogu pristupati aplikacije iz drugih procesa i računara. S' obzirom da su servisi jezgro globalnih distributivnih mreža, WCF nudi najlakši način za projektovanje i korišćenje servisa.

Tri glavna cilja za razvoj WCF-a su:

1. objedinjavanje postojećih tehnologija;
2. interoperabilnost između platformi;
3. servisno-orijentisani razvoj [3].

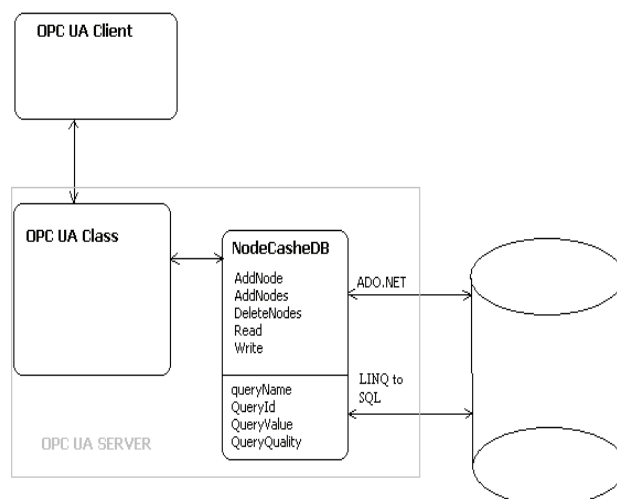
WCF Servis se sastoji od tri dela - servis klasa (Service class) koja implementira servis koji treba da se obezbedi, domaćinsko okruženje (host environment) koji će biti domaćin servisa, i jedan ili više krajnjih tačaka (endpoints) na koje će se povezati klijenti. Sva komunikacija sa WCF servisom se dešava preko endpoints. Krajnje tačke određuju ugovor (Contract) koji definiše koje metode Service class će biti dostupne preko krajnjih tačaka; svaka krajnja tačka može koristiti drugačiji set metoda.

Kako se podaci iz industrijskih postrojenja mogu često menjati (ponekad i na nivou milisekunde), a i broj podataka koji se nadzire može da bude izuzetno velik (ponekad i milioni veličina), skladištenje i pretraga podataka postaje problem. Jedno od rešenja može biti čuvanje podataka u relacionim bazama podataka (kao što su Microsoft SQL server ili Oracle), mada se može postaviti pitanje da li relacione baze uopšte mogu da zadovolje potrebe brzih procesa i/ili procesa sa velikom količinom podataka. U ovom radu razvijen je testni sistem u kome su podaci čuvani u Microsoft SQL server bazi podataka, a pristupano im je pomoću ADO.Net tehnologije.

3. PREDLOŽENA ARHITEKTURA SISTEMA

Da bi se potvrdila primenljivost OPC UA servera, ali i predstavio način rada WCF tehnologije, LINQ pretrage i ADO.NET pristup bazi, razvijeno rešenje obuhvata primer dodavanja novih Node-ova i izmenu podataka o Node-u u SQL bazi podataka.

Kao što vidimo na slici 1. NodeCasheDB komunicira sa bazom preko ADO.NET komponente (za funkcije AddNode, AddNodes, Read, DeleteNodes i Write), a zapretragu (metode queryName, queryId, queryValue, queryQuality) koristi LINQ to SQL komponentu.



Slika 1. Arhitektura predloženog sistema

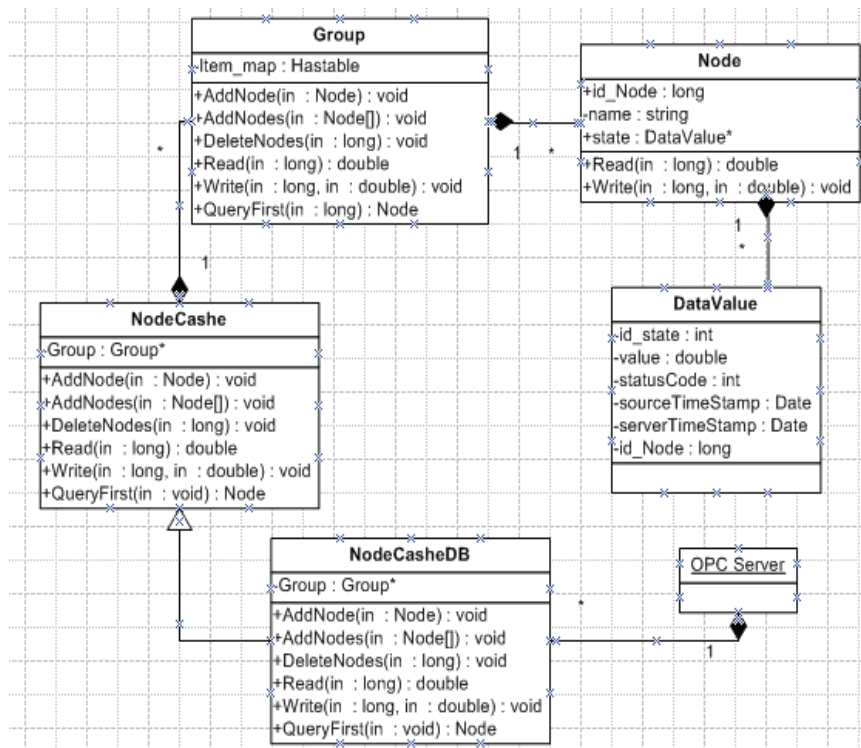
U NodeCasheDB su smeštene sve potrebne funkcije koje bi se inače nalazile na serveru, ali pošto je ovo rešenje zamišljeno da ima mogućnost proširenja na druge tipove SCADA (Siemens, IFix...) OPCUAClass u zavisnosti od izbora (tj. resursa podataka) dalje poziva koji mu cashe odgovara (za SQL bazu je to NodeCasheDB).

Klijent i server komuniciraju preko WCF mehanizma. Na samom serveru postoji izbor koji cashe će se dalje pozivati (izbor je između NodeCasheDB, NodeCasheIFIX i NodeCasheSiemens), tj. pored pristupa SQL bazi podataka (preko NodeCasheDB) postoji mogućnost proširenja programa na IFix i Siemens SCADA sisteme.

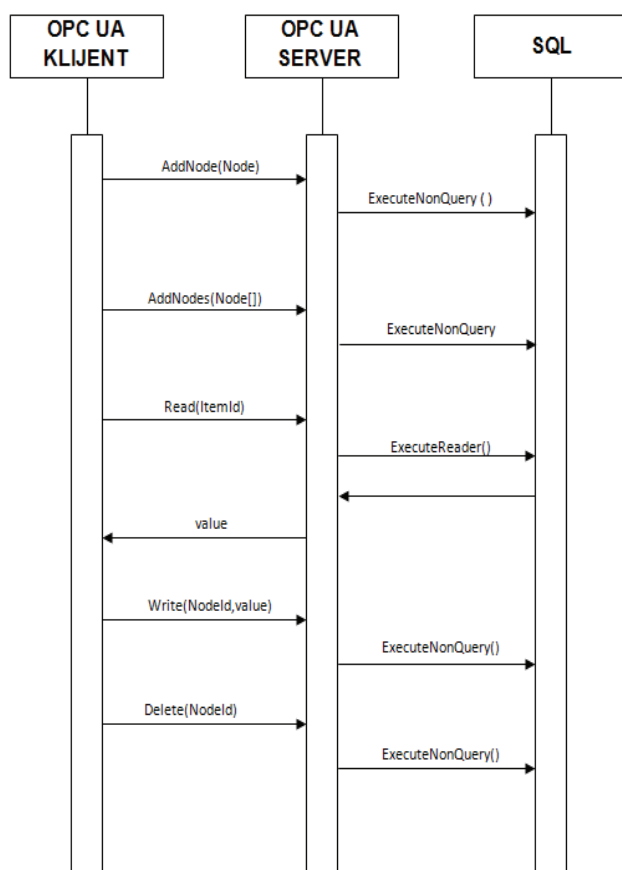
Slika 2. prikazuje dijagram klasa razvijenog OPC UA Servera. Bez obzira koji je izvor podataka, bilo baza ili neka od SCADA, osnovna klasa preko koje se pristupa veličinama je Node. Node pored svog id-a i imena (name) ima i stanja (state) koje je tipa DataValue. Jedan Node može imati više stanja (što je prikazano relacijom između tih klasa). Klasa Group smešta Node-ove u mapu i ima metode koje izvršavaju potrebne operacije nad Node-ovima. Relacija između klase Group i Node govori da jedan Group može imati više Node-ova.

Klasa NodeCashe je generička klasa koja će biti izgenerisana bez obzira na izvor podataka (baza ili neka SCADA). Kada klijent pošalje komandu serveru, server vrši izbor na koji izvor podataka da ide, i ukoliko je izbor na bazi tada će server pozvati klasu NodeCasheDB u kojoj su implementirane metode za komunikaciju sa bazom. Klasa NodeCasheDB nasleđuje klasu NodeCashe i služi za povezivanje sa SQL bazom.

Kada korisnik unese podatke u klijentsku aplikaciju ona, preko WCF mehanizma, pristupa OPC UA Server-u koji zatim poziva NodeCasheDB i preko interfejsa prosleđuje unete podatke metodi AddNode (slika.3). Zbog pristupa bazi i potrebe da se operacije nad bazom izvrše u što kraćem vremenu zbog deljenih resursa i same činjenice da se može desiti da se konekcija prekine korišten je ADO.NET (uspostavljanje konekcije sa bazom nalazi u try-catch bloku i u slučaju greške hvata izuzetak i iskače iz petlje, samim tim čuvajući podatke). Pored parametara koje je uneo korisnik metoda dodaje još jedan podatak, a to je TimeStamp i sa ostalim podacima ga dodaje u bazu.



Slika 2. Dijagram klase OPC UA Servera



Slika 3. Sekvencijalni dijagram rada aplikacije

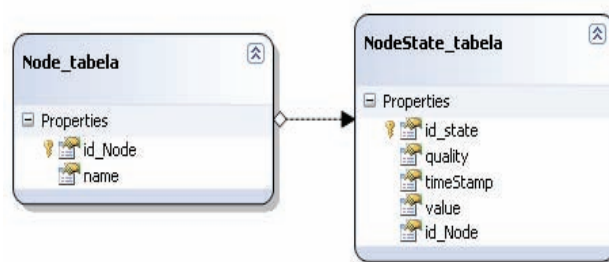
U NodeCashedDB su implementirane sve metode za rad sa bazom:

- **AddNode** - dodavanje novog Node-a
- **AddNodes** - dodavanje niza Node-ova
- **Read** - čitanje parametra „value“ iz Node-a

- **DeleteNodes** - brisanje Node-ova
- **Write** - izmenu vrednosti parametra „value“.

Program ima mogućnost unošenja više Node-ova odjednom. To se koristi kada odjednom treba da unesemo niz Node-ova (npr. pri prvom pokretanju programa). Zbog primera, ali i potencijalno velike robusnosti interfejsa prikazan je primer unošenja dva Node-a. Tok operacija je isti kao kad se dodaje jedan Node. I kod ostalih navedenih metoda je tok operacija isti.

Podaci su smešteni u dve tabele Node_tabela i NodeState_tabela, s'tim da su te dve tabele u relaciji (slika.4).



Slika 4. Relacije između tabela za čuvanje vrednosti veličina

Primarni ključ je id_Node, a strani ključ je id_state. Svim podacima pristupano je preko ključa. Pored navedenih metoda unutar NodeCashedDB se nalaze metode za pretragu podataka iz baze po zadatom kriterijumu, kao što su: queryName, queryId, queryValue, queryQuality.

Na slici 5. prikazan je deo korisničkog interfejsa klijentske aplikacije. Na prikazanoj formi korisnik sistema može da: dodaje nove veličine i briše postojeće, menja vrednost veličine kao i da pretražuje veličine po raznim kriterijumima.

Name: prvi
Value: 99
quality: 5
AddItem

Name: drugi
Value: 82
quality: 5
AddItems

ID: Read Value:
ID: Value: Write
ID: Remove Pretraga podataka ☒

QUERY BY

prvi
Id Name Value Quality
idItem name quality TimeStamp value idState

11	prvi	5	30.12.20	99	127
----	------	---	----------	----	-----

Slika 5. Forma za unos vrednosti veličina

Programski jezik korišten za realizaciju ovog primera je c# [1] pisan u Visual Studio-u 2008, baziran na .NET 3.5 platformi [2]. Korišćen hardver je klase Pentium 4 koji radi pod Microsoft Windows XP operativnim sistemom.

4. ZAKLJUČAK:

U ovom radu analizirana je primena OPC UA specifikacije za razvoj modernih nadzorno-upravljačkih sistema. Kao primer primene OPC UA rešenja razvijen je klijent i server koji razmenjuju podatke po OPC UA standardu uz primenu najnovije Microsoft-ove tehnologije za međuprocenu komunikaciju – WCF.

Kao repozitorijum podataka korišćena je Microsoft SQL baza podataka, a za pristup bazi upotrebljena je ADO.NET tehnologija kao i LINQ mehanizam pretrage [9]. Razvojem aplikacije na .NET platformi pokazano je da je

WCF veoma fleksibilan za potrebe savremenih nadzorno-upravljačkih sistema.

U savremenim industrijskim sistemima veoma često je potrebno pretražiti podatke iz velikih baza podataka u što kraćem roku, a da se ne naruši verodostojnost podatka i ne ugrozi funkcionalnost sistema. Dati primer predstavlja jedno od rešenja koji zadovoljava ove zahteve, jer LINQ to SQL mehanizam omogućava jednostavnu pretragu podataka. Time je pokazano da se primenom OPC UA specifikacije može razviti moderan nadzorno upravljački sistem koji može da se prilagodi širokom spektru industrijskih primena.

5. LITERATURA

- [1] Stephen Perry, "Core C# and .NET: The Complete and Comprehensive Developer's Guide to C# 2.0 and .NET 2.0", Prentice Hall, 2005
- [2] Matthew MacDonald, "Beginning ASP.NET 3.5 in C# 2008 From Novice to Professional 2nd Edition", Apress, 2007
- [3] Justin Smith, "Inside Windows Communication Foundation", Microsoft Press, 2007
- [4] OPC Foundation, OPC UA Specification: Part 3 - Address Space Model. Version 1.00, 2006
- [5] OPC Foundation, OPC UA Specification: Part 4 – Services, Draft 1.01.05, 2006
- [6] T. Hanneliu, "Roadmap to adopting OPC UA", The IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN 2008) DCC, Daejeon, Korea July 13-16, 2008
- [7] V. Tan, D. Yoo, M. Yi, "A Framework towards OPC Web Service for Process Monitoring and Control", International Conference on Advanced Language Processing and Web Information Technology, 2008, pp 562–568
- [8] M. Schleipen, "OPC UA supporting the automated engineering of production monitoring and control systems", ETFA 2008, pp 640–647
- [9] Microsoft Press Introducing Microsoft LINQ May 2007

Kratka biografija:



Petar Mihajlović rođen je u Vukovaru 1982. god. Diplomski - master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva - Automatika i upravljanje sistemima odbranio je 2010. god.

DIZAJN I FABRIKACIJA PCB SENZORA ZA DIJAGNOSTIKU VLAŽNOSTI KOŽE

DESIGN AND FABRICATION OF PCB SENSORS FOR SKIN MOISTURE DIAGNOSTICS

Ana Joža, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U okviru ovog rada je prikazan proces projektovanja i fabrikacije senzora vlažnosti kože u obliku češljastog kondenzatora. Izrađeno je ukupno 12 senzora - 6 manjih i 6 sa 3 puta većim dimenzijama. Zatim su izvršena merenja kapacitivnosti ovih senzora bez kontakta sa ljudskom kožom, na koži ženske osobe i na koži muške osobe. Merenja su urađena sa ciljem da se utvrdi koji senzor je najbolji izbor od senzora realizovanih u ovom radu za primenu u lečenju ekcema, kao i da se dokaže zavisnost kapacitivnosti od određenih geometrijskih (tehnoloških) parametara.

Abstract – This paper describes the process of design and fabrication of skin moisture sensor, realized as interdigital capacitor (IDC). Twelve sensors were fabricated – 6 small sensors and 6 sensors three times bigger in size. Measurements of sensor capacitance were conducted without skin contact, on the skin of a female person and on the skin of a male person. These measurements were performed in order to determine which sensor, out of the sensors fabricated, is the best option for the application towards eczema treatment. The additional reason is to prove dependence of capacitance on certain geometrical (technological) parameters.

Ključne reči: Senzor vlažnosti kože, Češljasti kondenzator, Ekcem

1. UVOD

Vlažnost kože se obično smatra kvalitativnim svojstvom, ali da bi se mogla izmeriti neophodno je da je izrazimo na kvantitativan način. Opadanje vlažnosti kože ispod određenog praga izaziva nastanak nekih kožnih bolesti, pre svega ekcema. Merenjem vlažnosti, osoba može da navlaži kožu pre nego što postane suva i tako spreči prelaženje prethodno pomenutog praga. Ako osoba spreči da se količina vlažnosti kože ikad približi vrednosti praga, može da spreči simptome ekcema i da na taj način efikasno leči bolest.

Ekcem je hronično zapaljensko oboljenje kože, koje predstavlja jedno od najčešćih kožnih oboljenja. Simptomi obično uključuju: svrab, otekline, crvenilo, suvoću, ljuštenje, pucanje kože i krvarenje. Najčešći tipovi ekcema su [1]:

1. Atopijski Ekcem je alergijska bolest za koju se veruje da ima naslednu komponentu i često se pojavljuje u porodicama čiji članovi takođe imaju polensku groznicu i

astmu. Najčešće počinje da se manifestuje u ranom dečijem dobu, a traje najčešće do četvrte godine, ali se može nastaviti i kasnijim životnim razdobljima.

2. Kontaktni Dermatitis - postoje dva tipa: alergijski (nastaje kao rezultat zakasnele reakcije na neki alergen kao što je otrovni bršljan ili nikl) i iritantni (nastaje kao rezultat direktnog kontakta sa deterdžentom).

3. Kserotični ekcem (zimski svrab) je suva koža koja dostiže tako ozbiljan stepen da prelazi u ekcem. Ovo oboljenje češće pogađa stariju populaciju.

4. Saborejski ekcem (dečija perut kod dece) je stanje koje se ponekad klasifikuje kao oblik ekcema koji je vrlo sličan pojavi peruti.

Od nabrojana četiri tipa ekcema, najčešći oblik je atopijski ekcem i na njega će se ovaj rad fokusirati. Za pojavu atopijskog ekcema veruje se da je delom zaslužna nasledna komponenta i do danas nema poznatog leka. Lečenje je više okrenuto ka ublažavanju simptoma nego ka lečenju same bolesti. Ova bolest se manifestuje kao suva koža koja ponekad dovodi do pucanja kože, odnosno pucanje površinskog sloja kože – stratum corneum-a. Vlažnost kože je određena sadržajem vode u stratum corneum sloju.

Najčešće korišćene metode za kvantitativno merenje količine vlažnosti kože kod ljudi su **metoda analize bioelektrične impedanse (BIA metoda) i kapacitivna metoda**.

Prednosti BIA metode su konzistentnost u predstavljanju rezultata, laka je za upotrebu i proizvodnja BIA senzora vlažnosti kože je jednostavna i jeftina, a najveća mana je nedovoljna tačnost. Glavna prednost korišćenja kapacitivne metode je njena sposobnost da obezbedi rezultate sa velikom tačnošću, a mane su visoka cena i ograničena pristupačnost. S obzirom da je osnovna primena senzora koji treba da se realizuje u ovom radu na polju medicine, odnosno lečenja ekcema, cena postaje manje bitan faktor, a tačnost dobija na važnosti. Zato smo se opredelili za kapacitivnu metodu, odnosno projektovanje češljastog kondenzatora kao senzora vlažnosti kože.

2. ČEŠLJASTI KONDENZATOR

Tipičan kondenzator se sastoji od dve paralelne ploče i može da skladišti naelektrisanje. Između ploča postoji električno polje. Linije električnog polja su obično upravne na pločice i pravolinijske od jedne do druge pločice. Na ivicama pločica dolazi do izobličenja linija električnog polja. Ova pojava se zove ivični efekat. Ivični efekat u suštini predstavlja izobličenje linearne putanje od jedne do druge ploče. Može se posmatrati kao kružna ili

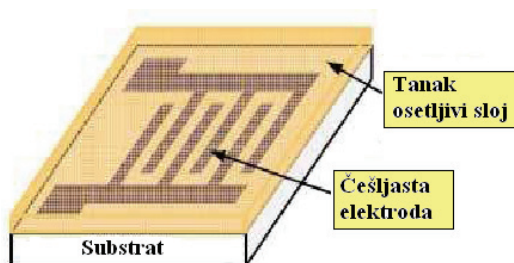
NAPOMENA:

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

zakrivljena putanja koja se proteže izvan ploča. Između ploča se stavlja dielektrik da bi povećao sposobnost kondenzatora da skladišti naelektrisanje.

Kapacitivna metoda tretira sadržaj vode u koži kao dielektrični materijal. Stoga, za uređaje za merenje kapacitivnosti, povećanje kapacitivnosti je proporcionalno količini vode u koži. Konkretna tip pretvarača koji se koristi u uređajima za merenje kapacitivnosti vezano za određivanje vlažnosti kože je češljasti kondenzator.

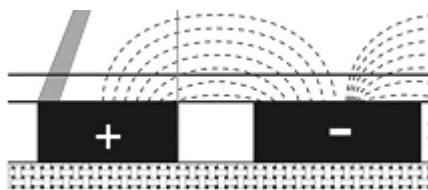
Češljasti kondenzator (eng. *Interdigital Capacitor, IDC*) je ključna komponenta za kapacitivnu metodu merenja vlažnosti kože. Češljasti kondenzator podrazumeva tanke provodne linije od bakra koje su raspoređene na malom međusobnom rastojanju da bi mogao da se iskoristi ivični efekat. Bakarne linije se nalaze na laminatu štampane ploče. Češljasti kondenzator je dobio takav naziv zbog činjenice da se bakarne linije ponašaju kao ploče kondenzatora sposobne da skladište naelektrisanje. Osim toga, provodne linije su međusobno „učešljane” i povezane na dužu liniju na jednom kraju. Slika 1 prikazuje osnovnu strukturu češljastog kondenzatora.



Slika 1. Češljasti kondenzator

Ceo češljasti kondenzator je veličine oko 1 cm^2 . Dva velika kvadrata na krajevima bočnih (debljih) provodnih linija predstavljaju kontakte. Na slici 1 može se primetiti tanak osetljivi sloj, koji može biti postavljen na elektrode češljastog kondenzatora u svrhu električne izolacije.

Kao što je već pomenuto, bakarne linije se ponašaju kao ploče kondenzatora. Ivični efekat je prikazan na primeru dve provodne linije češljastog kondenzatora na slici 2.



Slika 2. Ivični efekat između dve elektrode češljastog kondenzatora

Linije izobličenog električnog polja između dve linije (ploče) češljastog kondenzatora prodiru kroz stratum corneum sloj kože kada češljasti kondenzator dođe u kontakt sa kožom. Dubina prodiranja ovog ivičnog polja je približno obrnuto proporcionalna rastojanju između provodnih linija. Što su dve linije bliže postavljene, to je veća dubina prodiranja. Da bi se u potpunosti izvršila analiza celog stratum corneum sloja, neophodno je da udaljenost ploča bude mikroskopskog reda veličine.

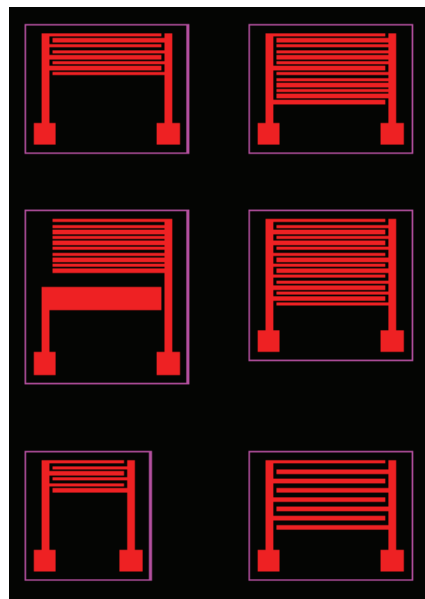
Prilikom merenja vlažnosti kože, češljasti kondenzator se prisloni na kožu tako što koža dolazi u direktan kontakt

sa izolacionim slojem. Linije ivičnog električnog polja između provodnih linija (ploča) prodiru kroz izolacioni sloj i prodiru dalje u stratum corneum sloj kože. Sadržaj vode u stratum corneum-u, koji definišemo kao kvantitativnu meru vlažnosti, proizvodi proporcionalno povećanje kapacitivnosti češljastog kondenzatora. U tom smislu, vlažnost kože se meri kao povećanje kapacitivnosti češljastog kondenzatora.

3. PROJEKTOVANJE KAPACITIVNOG SENZORA VLAŽNOSTI LJUDSKE KOŽE

Projektovanje kapacitivnog senzora vlažnosti kože je urađeno pomoću Protel 99 softvera. Pri projektovanju ovih senzora za najmanje rastojanje između elektroda uzeto je $100\text{ }\mu\text{m}$. Ovo je ujedno i najmanja dimenzija, najmanji gradivni blok; sve ostale dimenzije predstavljaju celobrojne umnoške od $100\text{ }\mu\text{m}$.

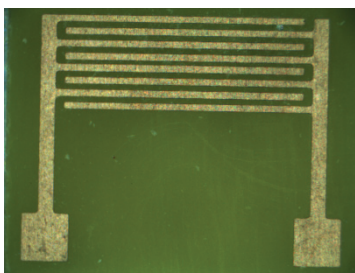
Veličina kapacitivnosti senzora se može kontrolisati pogodnim rasporedom elektroda, veličinom elektroda, veličinom rastojanja između elektroda i odabirom dielektrika [2]. Zato je ukupno projektovano 6 senzora sa različito raspoređenim elektrodama, sa različitim dimenzijama elektroda i rastojanja između elektroda, da bi dokazali prethodnu tvrdnju o zavisnosti promene kapacitivnosti od određenih parametara. Pored toga, na osnovu rezultata merenja biće moguće doneti zaključak koji je od ovih 6 senzora najbolji za primenu dijagnostike ekcema. Na slici 3 su prikazani senzori projektovani u Protel-u.



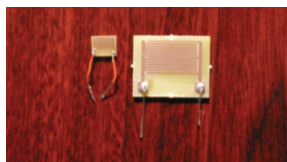
Slika 3. Prikaz svih 6 senzora projektovanih u Protel-u

Za sam proces izrade senzora korišćen je elektrohemijski postupak nagrizanja. Prilikom izrade senzora nije postojala mogućnost nanošenja izolacionog sloja. Na slici 4 je prikazan izrađen senzor tipa 2 uvećan pomoću mikroskopa.

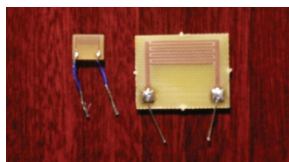
Pošto su izrađeni senzori bili izuzetno malih dimenzija, odlučeno je da se napravi još jedna serija senzora, sada sa 3 puta uvećanim dimenzijama. Ova uvećana serija senzora je izrađena pomoću LPKF Protomat S62 glodalice. Na slici 5 je dat prikaz svih 12 senzora.



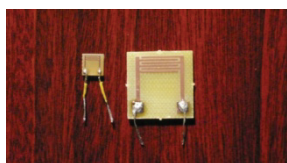
Slika 4. Izrađen senzor tipa 2 uvećan pomoću mikroskopa



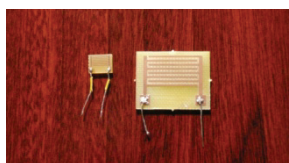
a) Senzori tipa 1



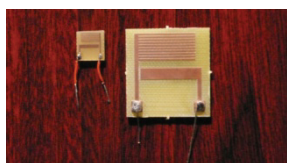
b) Senzori tipa 2



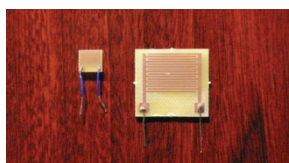
c) Senzori tipa 3



d) Senzori tipa 4



e) Senzori tipa 5

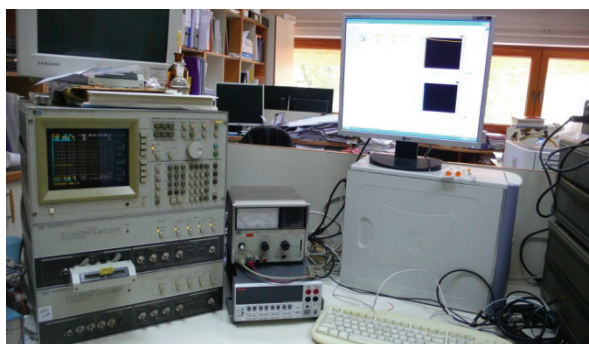


f) Senzori tipa 6

Slika 5. Izrađeni senzori vlažnosti kože – 6 malih i 6 uvećanih

4. REZULTATI MERENJA I DISKUSIJA

Merenje kapacitivnosti senzora vlažnosti kože je izvršeno pomoću **Impedance/Gain-Phase Analizatora HP 4194A** u frekvijskom opsegu od **100 Hz** do **40 MHz** na sobnoj temperaturi. Rezolucija merenja je 401 mernih tačaka na ovom frekvijskom intervalu. Koristili smo linearnu i logaritamsku skalu. Prilikom merenja korišćen je **adapter 16047A** za povezivanje instrumenta (analizatora) sa ispitivanim senzorom [3]. Analizator se može povezati sa PC računarom, što omogućava da se sačuvaju izmereni rezultati (grafici, tabele, itd.) u elektronskom obliku. Na slici 6 prikazana je merna oprema za merenje kapacitivnosti senzora.



Slika 6. Impedance/Phase Gain Analizator HP 4194A povezan sa računarom

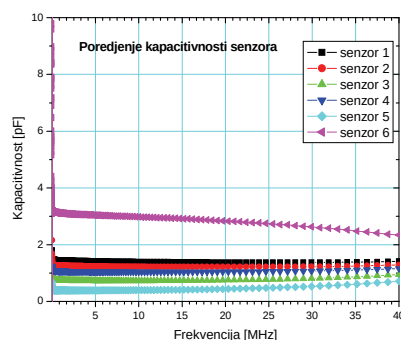
Ukupno je izvršeno 6 merenja, odnosno 3 merenja za originalne senzore i 3 merenja za 3 puta uvećane senzore. Merena je kapacitivnost ovih senzora:

- (1) bez kontakta sa kožom,
- (2) na koži ženske osobe,
- (3) na koži muške osobe.

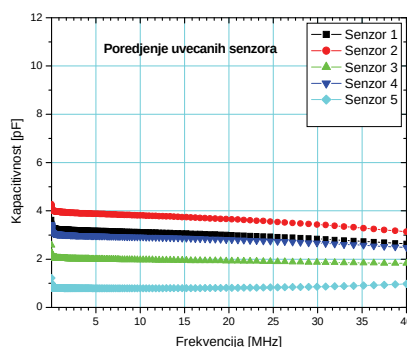
4.1 Rezultati merenja

Prikazani su rezultati merenja kapacitivnosti svih 6 senzora (i malih i uvećanih) bez kontakta sa ljudskom kožom, na koži ženske osobe i na koži muške osobe. Na slikama 7-12 dato je poređenje kapacitivnosti svih 6 senzora za svih 6 merenja.

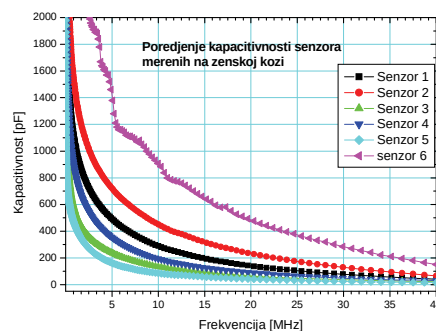
Pošto su za 3 puta uvećani senzor tipa 6 dobijeni rezultati sa puno oscilacija, verovatno usled oštećenja samog bakra češljastog kondenzatora, odlučeno je da se merenja za 3 puta uvećani senzor 6 isključe iz analize.



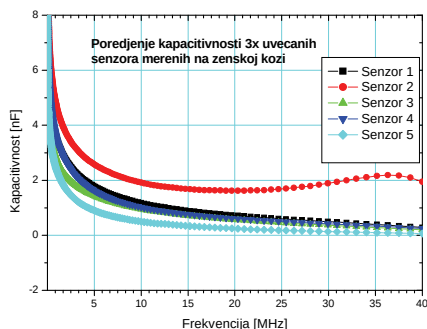
Slika 7. Poređenje kapacitivnosti svih 6 tipova senzora (dielektrik je vazduh)



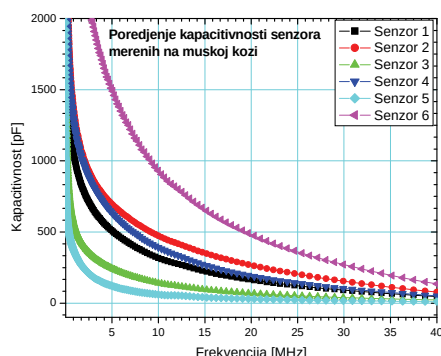
Slika 8. Poređenje kapacitivnosti svih 3 puta uvećanih senzora (dielektrik je vazduh)



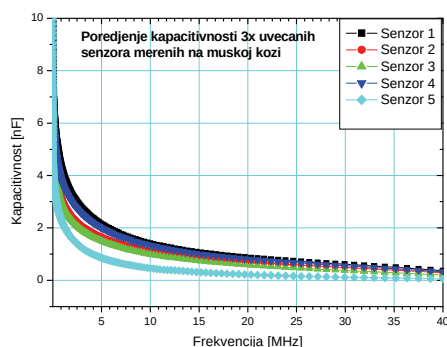
Slika 9. Poređenje kapacitivnosti svih 6 tipova senzora merenih na ženskoj koži



Slika 10. Poređenje kapacitivnosti svih 3 puta uvećanih senzora merenih na ženskoj koži



Slika 11. Poređenje kapacitivnosti svih 6 tipova senzora merenih na muškoj koži



Slika 12. Poređenje kapacitivnosti svih 3 puta uvećanih senzora merenih na muškoj koži

4.2 Diskusija

Na osnovu dobijenih rezultata jasno se vidi da senzor tipa 5 ima najmanju kapacitivnost prilikom svih merenja, a da senzor 6 ima najveću kapacitivnost (prilikom korišćenja malih senzora). Ove vrednosti su bile i očekivane s obzirom da senzor 5 ima najveće rastojanje između pozitivne i negativnih elektroda i samim tim može da postigne najmanju dubinu prodiranja kroz kožu. Senzor 6 ima najveći broj elektroda od svih realizovanih senzora, pa može da meri vlažnost na većoj površini kože.

Takođe se može primetiti da senzor 3 prilikom svih merenja ima manju kapacitivnost od senzora 2, što je i očekivano pošto senzor 3 ima manju dužinu elektroda od senzora 2. Dakle, na osnovu rezultata ovih 6 merenja, možemo potvrditi da je kapacitivnost senzora zavisna od broja elektroda, dužine elektroda i razmaka između elektroda.

Može se primetiti da senzori imaju veće kapacitivnosti prilikom merenja na koži muške osobe i na koži ženske osobe u odnosu na merenje bez kontakta sa kožom, što je i razumljivo s obzirom da je relativna dielektrična permitivnost vode skoro 80 puta veća od permitivnosti vazduha. Uvećani senzori imaju veću kapacitivnost od malih senzora vlažnosti kože, usled mogućnosti merenja na većoj površini kože.

Takođe se mogu uočiti i određena odstupanja od očekivanog odnosa kapacitivnosti pojedinih senzora. Razlozi za ovo mogu biti zavisnost relativne dielektrične konstante od frekvencije, neadekvatno prijanjanje senzora na kožu i promene vlažnosti kože tokom bliskih vremenskih intervala.

5. ZAKLJUČAK

Najveću kapacitivnost prilikom svih merenja ima senzor 6, koji ima najviše elektroda (čak 16), rastojanje između elektroda od 100 μm i dužinu elektroda od 6000 μm . Dakle, utvrđeno je da je originalni (mali) senzor 6 najbolji izbor od svih senzora realizovanih u ovom radu za merenje vlažnosti kože u svrhu dijagnostike ekcema.

Predlog je da se u budućem radu uvedu sledeća poboljšanja: zamena bakarnih elektroda elektrodama od zlata, dodatno smanjenje rastojanja između elektroda, povećanjem broja i dužine elektroda i izrada češljastog senzora na savitljivom (fleksibilnom) laminatu.

6. LITERATURA

- [1] Scott Truong, "Design of a Handheld Skin Moisture Device for Application towards Eczema", *EE 4BI6 Electrical Engineering Biomedical Capstones*. Paper 15., April 2009.
- [2] Vishnu Mohan Kasturi, "Quality Inspection of Leather using Novel Planar Sensor", Springer, pp. 91-112, July 2008.
- [3] www.automatika.rs

Kratka biografija:



Ana Joža rođena je u Vršcu 1984. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Uvod u elektroniku odbranila je 2010.god.

Integration of AMI/SCADA/GIS/OMS systems with a DMS system as a decision making tool for optimal management of distribution networks

Dragan Popovic, Bennie Fussell, Elena Boskov, Ljubica Mijatovic

ABSTRACT

This paper represents an advanced integrated “Smart Grid Solution” for the management of utility electrical distribution networks. The proposed solution consists of the following components: AMI, SCADA, GIS, OMS and DMS. DMS is a basic tool for decision making, optimal utilization, management and coordination of all equipment and facilities contained in the distribution network. This paper will discuss the problem of design and management of contemporary electric power systems and the problems presented by increased system loading. The concept of an integrated Smart Grid Solution is offered as a solution for managing present day networks along with a discussion of the integration and interaction of all network components. Finally, the benefits which such an integrated solution provides are described. These benefits are verified using the example of a large distribution network.

1. INTRODUCTION

The role of a distribution system is to provide safe and reliable supply of electric energy to consumers, at lowest costs while satisfying regulated service quality. Contemporary distribution systems were designed in the middle of the last century and were initially loaded up to 50% of their capacity. Due to growth in the customer base and the corresponding increase in electrical load, not followed by the appropriate extension of distribution, transmission and generation capacities, the systems are far more loaded today, with significantly less safe margin. Therefore, the traditional concept of distribution networks, which supply “passive” consumers through the one way supply of energy, is changing.

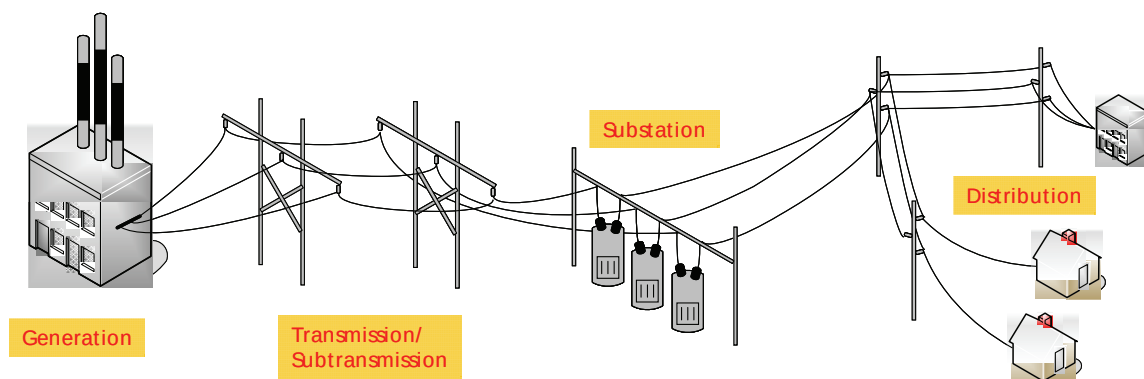


Figure 1 - Electric Power System

Today, distribution networks and their consumers are no longer passive. The reason for this is the installation of small generation units in the medium (MV) and low voltage (LV) networks (distribution generators, electric vehicles, renewable resources, possibility of energy storage, etc.), along with an increase in the level of network automation, and the application of remote control systems.

NAPOMENA:

- a) Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada Elene Boškov. Mentor je bio prof. dr Duško Bekut.
- b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji SmartGrid Roadshow, Denver, USA, April 2009.

Reliability of electrical supply is still a major priority within the limitation of traditional energy resources, as well as a requirement for increased quality of supply and increased generation capacity. Consumers are more interested in participating in the electricity market and load management programs at the low voltage level. Demand side management and two-way communications are coming next, followed by the development of load modeling and load control strategies using intelligent metering devices [1, 2, 3].

The increase of generation capacity has not followed the increase in consumption, which imposes a need for alternative solutions. The Smart Grid Solution represents a complete concept for responding to increased customer demand where shortfalls in generation exist.

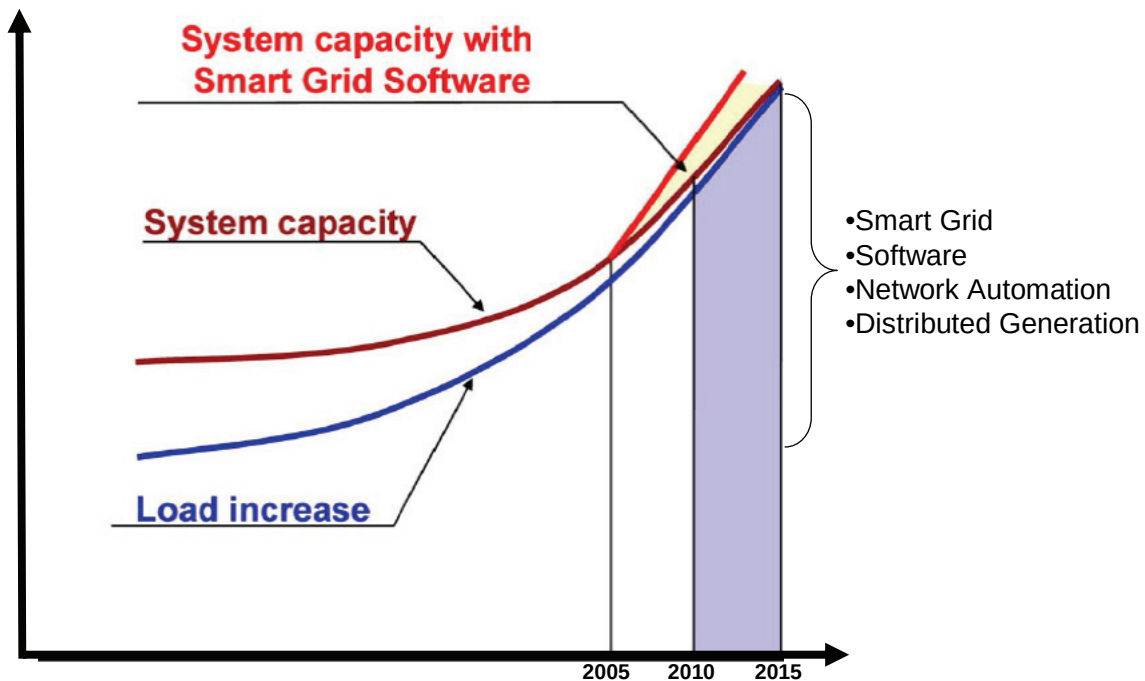


Figure 2 – Power System Capacity vs. Load Over Time

The proposed Smart Grid Solution consists of the following components: AMI (Advanced Metering Infrastructure), SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), GIS (Geographic Information System), OMS (Outage Management System) and DMS (Distribution Management System). The DMS provides the basic coordination and decision making tool, enabling optimal utilization, management and coordination of all equipment and facilities within the distribution network.

2. SMART GRID SOLUTION

Modern electrical distribution networks have to be: a) Flexible – to fulfill consumers' requirements for electric energy while meeting their needs and demands, b) Accessible – to enable open access to all network users, especially to energy producers from renewable resources and producers with highly effective local generators, with very small or negligible emission of pollution gases, c) Reliable – to secure and improve the safety, reliability and quality of supply in accordance with new digital technologies, and d) Economic – to provide highest value and lowest cost of delivered energy, through innovations, competition and regulation [1, 2, 3].

A Smart Grid Solution is a program which deals with research, development and implementation to reach the required performance level for future networks with the application of advanced technologies. This solution is not only of a technical nature, but is also related to society, new regulation and standards, new business concepts, and economy [1, 2, 3].

Key factors for the application of a Smart Grid Solution are: increased participation of

consumers in the operation of the electric power system; new technical challenges for the development of innovative technologies and their integration within electric networks; the need for investments into reconstruction of traditional networks to provide for their operation for the next fifty years; the need for methods to predict and manage overloads; the need to reduce decision making risks; the need for advanced technologies to improve network operability; and the introduction of new customer services within acceptable costs.

3. FULLY INTEGRATED AMI/SCADA/GIS/OMS/DMS SYSTEM

A fully integrated AMI/SCADA/GIS/OMS/DMS system represents an intelligent and effective environment for managing distribution system operations. It includes advanced and upgraded technologies for SCADA, DMS, GIS, OMS (Fault Management), AMI, Remote Terminal Units (RTU) and communications [4].

The solution consists of three main components:

- The solution for smart (remote) meter reading (AMI software integrated with meters);
- The solution for smart operation and data management (GIS, DMS, OMS and SCADA);
- The solution for smart network (substation automation, field RTUs, intelligent electronic devices and communication infrastructure).

Such an integrated system provides high possibilities for optimal network management with maximum utilization of all available resources and facilities.

In Figure 3, the architecture of an integrated AMI/SCADA/GIS/OMS/DMS system is presented.

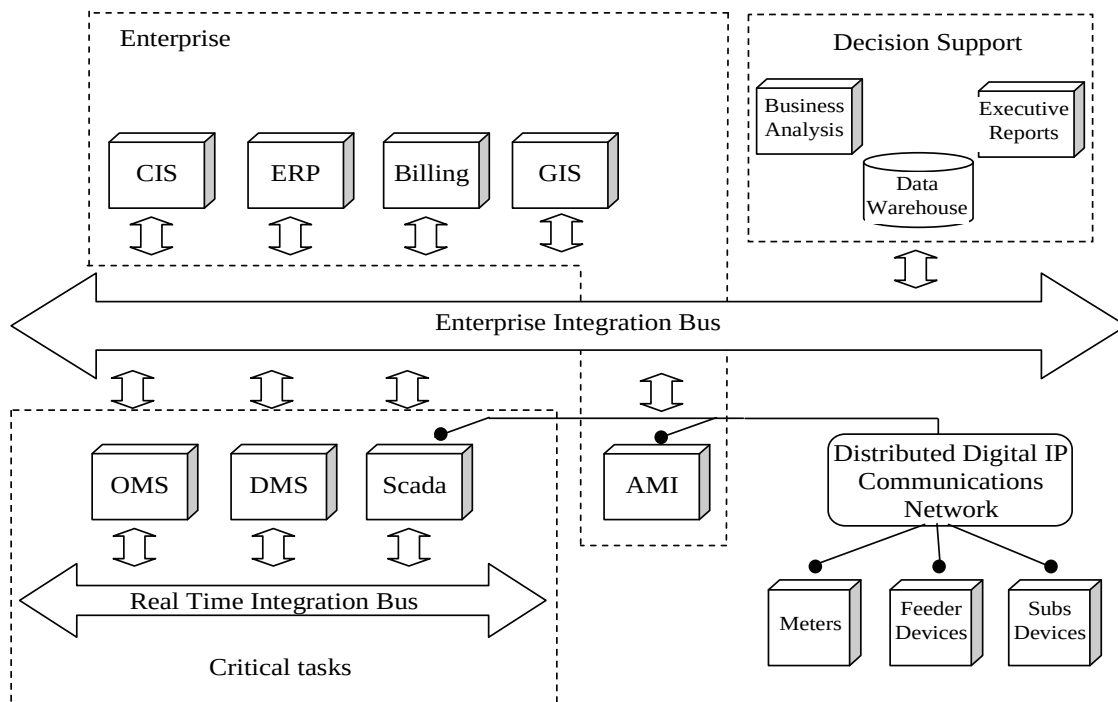


Figure 3 - Architecture of a Smart Grid Solution

3.1 DMS System – DMS is a software tool for visualization, control and planning of distribution networks in both an on-line and a simulation mode. It provides fast, accurate and detailed information about the actual and historical state of the distribution system, which enables the planners and operators to make strategic and tactical decisions about distribution system operations and optimization. The DMS helps operators get information about the distribution network outside of the substations, using a distribution Network Model, Topology Analyzer, fast

State Estimation and Load Flow. The Network Model is automatically related with the SCADA system in the real time, therefore it remains synchronized with the actual network conditions. All DMS algorithms are specially developed for the analysis of large distribution networks, with the ability to manage the great number of tasks in real time. DMS applications are also based on an integrated network model which is stored in an appropriate data base. This architecture serves as a unique source of data for the DMS applications and simplifies the input of data from the GIS or other engineering packages [4, 5].

3.2 SCADA system – SCADA represents a widely spread, real-time platform, with applications integrated by standard interfaces and with the possibility of integration to the DMS System [4]. When applied to distribution networks outside of the substation, the SCADA system is asked to perform its traditional functions on several orders of magnitude more field devices and data points than required just for substation devices. When applied in a Smart Grid Solution, the distribution SCADA system becomes truly a mission critical application. It also becomes apparent that the distribution SCADA system should be kept separate from the transmission SCADA system as their operating purpose diverges from the common purpose of controlling substation devices.

3.3 GIS system – GIS is a complete solution designed for utilities to model, edit and maintain geographical data in areas of electricity, gas, water and waste water management. Integration with DMS and OMS systems at the level of automated update of the network model centralizes functionality through integration of the best systems [4]. With the integration of GIS inside of a Smart Grid Solution, the timeliness and accuracy of network data becomes critical. The GIS needs to be as up to date as possible to support real-time operations of the Smart Grid Solution.

3.4 OMS system – OMS has a key role in everyday network monitoring, reduction of outage duration, and crew management. The OMS is especially important for the part of the distribution network that is not covered by the SCADA system, where OMS represents the “eyes and ears” of the DMS system. OMS provides timely information about conditions in the MV and LV network affected by an outage [6, 7]. Only through integration of OMS, DMS and AMI systems, can reliable information about faults be provided to help in fault location, fault isolation and supply restoration of areas without electric energy.

3.5 AMI systems – AMI represents much more than remote reading of consumed energy. This infrastructure is not only a tool for simple reading of consumption by consumers, but a complete hardware and software system capable of recording the consumption, voltage and current values and other information in near real time and real time. It represents a complete solution to the utility which brings many operational benefits, as well as better insight into the reliability and quality of supply of electric energy [8, 9]. Consumers can access information about their demand/load curve and suggestions on how to modify that curve to lower electricity costs. Consumption control, fault and energy theft detection are also included in every meter.

4. KEY ROLE OF A DMS IN AN INTEGRATED SYSTEM

The costs of network modernization are much lower than the investment costs in network construction and maintenance, but benefits are several times higher than the investments. A DMS system can suggest the optimal number and location of smart devices and automation equipment. In this way, it can improve the design of the network. The DMS system also enables coordination and management of all network elements through off-line optimization analysis and regulation via on-line responses to operating conditions.

Communications between AMI and DMS systems represents the backbone of a Smart Grid Solution which brings operation planning and on-line management of the network to a higher level. A set of DMS system functions which enables operations planning to reach the higher level are: a) *Short Term Load Forecast* (1 day), b) *Network Reconfiguration*, c) *Volt/Var Control*, d) *Load Management*, e) *Voltage Reduction*, f) *Energy Losses* and g) *Load Shedding*. The set of DMS

functions which enables on-line management of the distribution network to reach the higher level are: a) *Fault Management*, b) *State Estimation*, c) *What-if analysis*, d) *Switching Sequence Management*, e) *Emergency Load Shedding* and f) *Near Term Load Forecast* (1 hour).

Table 1 presents benefits which can be realized by the integration of a Smart Grid Solution and the appropriate set of DMS functions. Each row of the table represents specific operations tasks within a distribution utility, while the columns display the Smart Grid tools and benefits available to a distribution utility.

	Smart Grid Tools	DMS Function	Benefits
Defer Capital Investments	DMS, AMI, GIS, SCADA, OMS, Electricity Storage	Optimal Network Reconfiguration, Switching Sequence Management, Volt/VAR Control, Optimal Capacitor Placement, Optimal RTU Placement, Network Planning, Distribution Generation Scheduling	Utility costs reduction, Extended life cycle of equipment, Consumer satisfaction raised to higher level
Improve Network Operations and Network Optimization	DMS, AMI, SCADA,	State Estimation, Load Flow, Energy Losses, Relay protection, Security Assessment, Optimal Network Reconfiguration, Switching Sequence Management, Volt/VAR Control	Energy losses reduction, Theft detection, Bad measurements detection, Daily consumption diagrams, Complete insight into network operation, Utility costs reduction
Fault Management	DMS, AMI, SCADA, OMS,	Fault Calculation, Fault Management, Supply Restoration, Large Area Restoration, Switching Sequence Management	Reduction of outage duration, Reduced compensation to consumers, Reduced costs of field crew, Reduction of risk of wrong switching, Consumer satisfaction raised to higher level
Peak load reduction	DMS, AMI	Voltage Reduction, Load Management, Distribution Generation Scheduling, Volt/VAR Control	Postponement of investments in network construction, Longer life cycle of equipment, Reduction of CO ₂ emission
Training	DMS, AMI, SCADA, OMS	Training Simulator, Energy Losses, Switching Sequence Management	Support to Operators for better reactions in cases of network incidents, Reduction of risk of wrong switching

Table 1 – Benefits of a distribution utility achieved by the integration of Smart Grid tools and the appropriate set of DMS functions

4.1 Defer Capital Investments – Distribution network operation optimization enables better utilization of available distribution facilities and postponement of investments in network construction. Application of optimization functions *Optimal Network Reconfiguration*, *Switching Sequence Management*, *Optimal Capacitor Placement*, *Optimal RTU Placement*, *Network Planning*, and *Voltage Regulation* enable the postponement of network construction from 10% to 30% within the planning horizon. With the addition of *Optimal Distribution Generation*

Scheduling, the postponement of investments for building of expensive generation units is possible [10, 11]. By balancing the load on MV feeders, network capacities are released and the life cycle of equipment is extended therefore investments in the network are postponed.

4.2 Improve Network Operations and Network Optimization – Losses of electric energy consist of technical and non-technical losses connected with the distribution of electric energy. Average technical losses are from 5 to 8%, and non-technical losses are from 3 to 8%. The *Optimal Network Reconfiguration* function is applied to determine the radial configuration of the MV network which has the lowest total electric energy losses. By applying this function, usually a solution is found which reduces technical losses from 10% to 20%, i.e. the network injection of electric energy is reduced from 0.2% to 0.5% (within the same consumption). The costs of executing the *Optimal Network Reconfiguration* solution in the field are negligible in relation to the potential effects. Testing has proved that it is justifiable to change the network configuration twice a year (by season).

Within non-technical losses, the biggest problem is allocation of consumers who are stealing electric energy or unregistered consumers who are illegally connected to the network, as well as the detection of other irregularities at the metering points. The best results for recording the non-technical losses are achieved when the distribution utility determines the balance of energy at the MV/LV substations or transformers. The energy consumption at the LV busbars of every MV/LV transformer for a selected time period can be determined with the *State Estimation* function and data obtained from AMI devices and the SCADA system [12]. In this way, it is possible to create a rank list of MV/LV transformers according to losses and to target transformers with the highest losses. Available field crews are then sent to targeted areas with the highest losses to investigate and correct the situation.

There is a complete insight into consumption of electric energy of every consumer with the application of AMI devices. This contributes to better results of the *State Estimation* and *Load Flow* functions.

Improvement in the quality of supplied electric energy to consumers is provided by the application of *Volt/Var control* which also enables:

- Keeping voltages within technical (regulated) limits and general improvement of voltage profile within the network;
- Minimization of damage to consumers due to voltage deviation outside of acceptable range;
- Reduction of losses for active and reactive power in the distribution network;
- Dynamic voltage and load control according to price changes on the open market.

4.3 Fault Location Isolation and Service Restoration (FLISR) – In the case of a fault in the MV network, *Fault Management* is the function that is applied for efficient isolation of the faulted circuit section. Utilizing the DMS Software in combination with data obtained from AMI devices and the OMS system, the faulted circuit section can be isolated as follows. The operator in the control center is presented information about the type of fault and the fault location. If fault data is available from substation relays, the DMS will use this data to predict the location of the fault. If fault locators exist in the field, the location can be located more precisely to the correct branch of the circuit.

With the fault location known, only one field crew is sent to isolate the fault. If the circuit has remotely controlled switching equipment installed, the fault can be isolated utilizing communications through the SCADA system. Isolation of the fault is now reduced to less than 5 minutes, if SCADA controlled devices are available or less than 30 minutes by dispatching the field forces directly to the location of the faulted circuit section. The need to reclose the circuit breaker to assist with locating the fault is eliminated and the number of switching operations is reduced providing extended life for critical switching equipment.

After the fault is isolated, the next step is to restore service to the customers that can receive power as soon as possible. For this operation, the operator is provided the DMS analytical function *Supply Restoration*. Supply Restoration takes into account the state of the network prior to the outage, including loading and switch states, along with the predicted cold load pickup affect over time and provides options for supply restoration utilizing both remotely controlled equipment and the use of field forces. The dispatcher selects the optimal solution and utilizing SCADA and field forces can restore service to the affected area in under 15 minutes.

Coordinating the service restoration through the DMS *Switching Sequence Management* function will reduce the chance for switching errors, improve operator efficiency, and maintain a record of all operations performed for later analysis, and regulatory reporting. When distributed generators and energy storage devices are installed in the MV and LV networks, the outage time can be reduced even more by operating a portion of the network as an island while extensive repair work is ongoing.

4.4 Peak Load Reduction - Optimal Distribution Generation Scheduling is a function within the DMS Software which provides coordination of distribution generation, electric energy storage, and cogeneration from electric vehicles [10, 11]. When correlated to the system load, it provides optimal scheduling of generation resources connected to the medium voltage network. The *Load Management* function manages direct control of household appliances. Utilizing the load management function enables the reduction of system peak load without disturbing consumers (i.e. interruption of service due to load shedding). *Voltage Reduction* is a third function within the DMS that can also be employed for peak load reduction.

Peak load reduction is necessary when there is a shortfall of generation to load or operation of a high cost generator or purchased power is required to meet the load. In either case, the DMS can provide complete insight into the state of the distribution system and customer load patterns. With integration to the AMI system, consumer load curves are available to more accurately predict the results of voltage reduction on the distribution system. The DMS will utilize distributed generators, energy storage, and direct load control as dispatchable resources to augment the results achieved through voltage reduction. By reducing the system peak load, the generation of electric energy from thermal power plants is reduced, as well as the consumption of coal, which further results in reduction of CO₂ gas emission.

4.5 Training – To ensure improved operations of the distribution network, personnel in charge of control, operations planning and analysis of electric networks have to be familiar, as much as possible, with all possible planned and unplanned outages. The DMS provides a *Dispatcher Training Simulator* function that helps operators learn through exercise how to react to unanticipated events. *Switching Sequence Management* is used for the creation of optimal switching lists, so that operators have in advance prepared plans of actions for different scenarios. Besides personnel being well trained, the risk of switching errors is reduced and the life cycle of equipment is extended. *Loss Analysis* helps personnel to discover areas of the network with high losses of electric energy. By further analysis of the state of the network, operators can better manage network performance. AMI, SCADA and OMS give qualitative data about the network, providing better background for all analysis, simulations, and training.

5. VERIFICATION OF BENEFITS OF AN INTEGRATED SMART GRID SOLUTION

Benefits of an integrated Smart Grid Solution as described in the previous chapters have been verified through the implementation of DMS on a large distribution network. Effects and benefits have been tracked for several years.

The distribution network of this utility supplies 16,700,000 people and is operated through 10 control centers. Each control center manages approximately 10,000 MV/LV substations (transformers) with total power demand of 4000 MVA. The total average system demand is 14,000

MW and the total annual electric energy consumption is approximately 70,000 GWh. Annual electric energy costs are approximately \$4 billion USD (70,000 GWh x \$56,000/GWh).

The application of a DMS system integrated within the enterprise provides the following benefits:

- Reduction of electric energy losses is 0.5% of annual injected energy (about 0.3% for technical and 0.2% for non-technical losses), which is 350 GWh or saving of approximately \$19.6 million annually.
- Application of Fault Management provides distribution network operations cost reduction of about 0.5 % of annual electric energy purchase costs (\$19.6 million), not considering the compensation to consumers for undelivered electric energy,
- Average outage duration is reduced to 15 minutes and the field crew costs are reduced as well;
- Postponement of capital investments ensures the savings of 0.5 % of annual electric energy purchase costs (\$19.6 million);
- Reduction of the peak load and voltage regulation leads to savings and increased revenue for the utility of 1 % of annual electric energy costs (\$39.2 million).
- Total annual benefits to the Corporation with application of DMS software are approximately 2.5 % of annual electric energy costs (\$98 million).
- The ratio of total costs to benefits for a complete Smart Grid Solution over a ten-year period is 0.5, which means that profitability is two times, i.e. the payback period is 4 to 5 years. If only the DMS System is considered, which contributes to about 10% of the total costs of Smart Grid Solution, then the profitability is much higher and payback period is reduced to 1 to 2 years.

5. CONCLUSION

More than ever, deregulation and competition impose pressure on utilities to increase the reliability of distribution networks, to reduce the number and duration of outages, to increase customer satisfaction, as well as to reduce costs and increase safety. DMS represents the key element of a Smart Grid Solution and, as such, it sits on top of an infrastructure that encompasses SCADA, OMS, GIS and AMI systems. DMS is the primary tool for efficient decision making for network management and optimization. Such an integrated system increases the possibilities for optimal management of electric networks with the maximum utilization of all available resources [13].

The application of DMS Software provides distribution utilities the following benefits:

- Application of planning functions enables optimal planning and timely investments in network development, VAR resources and automation devices.
- Application of optimization functions enables postponement of network construction up to 20% of planned facilities, which significantly reduces distribution utility costs.
- Application of the functions *Optimal Network Reconfiguration* and *VAR control* provides the optimal balance of load for existing facilities on a seasonal level, which also helps postpone investments in new capacities.
- Application of AMI improves the result of the *State Estimation* function (estimation error is reduced below 3%), which gives complete and quality insight into the entire state of the distribution network and provides the basis for all analyses and decisions.
- DMS functions *Voltage Reduction* and *Load Management* together with AMI reduce the system peak load, without significant violation of supply quality. Also, the function *Optimal Distribution Generation Scheduling* has an important influence on peak load reduction.
- The functions *Fault Management* and *Switching Sequence Management* enable maximum utilization and coordination of all tools for fault management, as well as minimizing the risk

- of switching errors and therefore, the outage duration is reduced in the range of 30% to 70%.
- The function *Volt/VAR Control* reduces reactive power generation, increases voltage quality and reduces active power and electric energy losses.
- Application of the functions for analysis, simulation and training (*Training Simulator, Energy Losses and Switching Sequence Management*) raises the level of training provided to distribution personnel, for more efficient network analysis, operation planning and network development.
- Total annual benefits for the distribution utility achieved by the application of DMS software is approximately 2.5 % of annual electric energy costs.
- Profitability of DMS Software implementation is very high and payback period is from 1 to 2 years.

6. REFERENCE

1. European Commission: “*European SmartGrids Technology Platform*”, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2006.
2. European Commission: “*Towards SmartPower Networks*”, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2005.
3. European Commission: “*Strategic Research Agenda for Europe’s Electricity Networks of the Future*”, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2007.
4. TELVENT “Smart Grid Solution”, www.telvent.com, June, 2008.
5. M.Ruh, G.Andersson, A.Borer: “A New Concept for a Fully Transparent Distribution Management System”, *IEEE Power Tech.*, str. 113-118, July 2007.
6. Y.Liu, N.N.Schulz: „Intelligent System Applications in Distribution Outage Management”, *IEEE*, str. 833-837, 2002.
7. K.Sridharan, N.N.Schulz: “Outage Management through AMR Systems Using an Intelligent Data Filter”, *IEEE Trans. on Power Delivery*, br. 4, str. 669-675, 2001.
8. R.W.Uluski, D.G.Hart: “Realizing the Grid of the Future with AMI Systems”; *IEEE Aug.*, 2007.
9. D.G.Hart: “Using AMI to Realize the Smart Grid”, *IEEE Power and Energy Society General Meeting – Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century*, 20-24 July, 2008.
10. R.M.Ciric, A.Padilha, I.F.E.D.Denis, L.F.Ochoa: “Integration of the Dispersed Generators in the Distribution Management System” *IEEE Bologna PowerTech Conference*, Bologna, 23-26, br. 3, June 2003.
11. X.P.Zhang: “A Framework for Operation and Control of Smart Grids with Distributed Generation”, *IEEE Power and Energy Society General Meeting – Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century*, 20-24 July, 2008.
12. R.W.Uluski: “Interactions between AMI and Distribution Management System for Efficiency/Reliability Improvement at a Typical Utility” *IEEE Power and Energy Society General Meeting – Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century*, 20-24 July, 2008.
13. A.Vojdani: “Smart Integration”, *IEEE Power & Energy Magazine*, str. 71-79, Nov/Dec 2008.

Authors

Prof. Dragan Popovic
Telvent DMS
Elena Boskov
Telvent DMS

Bennie Fussell, PE
Telvent Utilities Group
Ljubica Mijatovic
Telvent DMS

PRIMENA KNX STANDARDA U UPRAVLJANJU SISTEMOM RASVETE**THE APPLICATION OF KNX STANDARD IN LIGHTING SYSTEM CONTROL**

Jelena Majstorović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U okviru ovog rada objašnjeni su osnovni principi Konnex (KNX) standarda. Prikazan je jednostavan KNX sistem za upravljanje rasvetom – njegova struktura i postupak parametrizacije. Ispitane su i prikazane mogućnosti posmatranog sistema, u zavisnosti od podešenih parametara čime se menja funkcionalnost implementiranih komponenti. Parametrizacija komponenti vrši se primenom softverskog alata ETS 3 Professional (Engineering Tool Software Version 3). Prikazani sistem je prezentacioni (demo) i služi za predstavljanje osnovnih koncepata KNX standarda.

Abstract – This paper explains the basic principles of Konnex (KNX) standard and shows a simple KNX system for lighting control, describing its structure and procedure of parameterization. The possibilities of the observed system, in the function of systems' components parameters used, are tested and represented here. Parameters are set using ETS 3 Professional (Engineering Tool Software Version 3) program. The system that is represented is a demo system and it is used for presentation of basic idea of KNX standard.

Ključne reči: KNX sistem, ETS, upravljanje rasvetom

1. UVOD

Veliki deo energetske potražnje povezan je sa potrošnjom poslovnih zgrada. Istovremeno, potražnja za udobnošću i svestranosti u upravljanju klima uređajima, rasvetom i kontrolom pristupa je sve veća. Postizanje optimalnog odnosa između ovih zahteva moguće je primenom inteligentnog upravljanja i nadzora svih uključenih proizvoda - potrošača, što se do sada postizalo korišćenjem odvojenih individualnih upravljačkih sistema. To međutim, podrazumeva više ožičenja, koje se izvodi od svakog pojedinog senzora i aktuatora do centra za upravljanje i nadgledanje. Zauzvrat, tolika količina ožičenja zahteva veći napor u dizajnu i instalaciji, a znači i povećan rizik od požara kao i ogromne troškove [1]. Uvođenjem KNX sistema ovi problemi mogu biti prevaziđeni. Konnex (KNX), od ranije poznat kao *European Installation Bus* (EIB), je standard za upravljanje stambenim i poslovnim objektima koji putem informacione tehnologije povezuje uređaje kao što su senzori, aktuatori, kontroleri, operacioni terminali, monitori i drugo.

NAPOMENA:

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

KNX je jedini svetski otvoreni standard za upravljanje stambenim i poslovnim objektima. Otvoren u ovom kontekstu znači da uređaji od različitih proizvođača mogu međusobno komunicirati putem KNX magistrale. KNX tehnologija nije vezana za bilo koju hardversku ili softversku platformu, i namenjena je za upotrebu u električnim instalacijama radi implementacije automatizovanih funkcija i procesa u objektima. Svi proizvodi koji nose KNX logo su sertifikovani u svrhu garancije kompatibilnosti, međusobnog delovanja i interoperabilnosti [1].

U osnovi, KNX-EIB sistem je decentralizovan sistem. Za razliku od centralizovanih sistema, kod kojih su svi uređaji kojima se upravlja povezani na jedan upravljački modul, kod decentralizovanih sistema hardver i softver koji ga čine distribuirani su kroz objekat kao mreža koja se sastoji od mikroprocesorski zasnovanih modula i standardnih personalnih računara. To predstavlja i veliku prednost decentralizovanog (ili distribuiranog) sistema nad centralizovanim - svaka kontrolna tačka ima svoj procesor, pa ukoliko dođe do kvara jednog od njih, to neće uticati na ostatak sistema.

Kao i u konvencionalnim električnim instalacijama, KNX instalacije poseduju mrežu sa koje se uređaji u sistemu napajaju, ali takođe i komunikacionu mrežu – KNX magistralu. Te dve mreže su galvanski odvojene. Svaki uređaj na magistrali poseduje svoju sopstvenu inteligenciju.

2. FIZIČKA TOPOLOGIJA

Fizička topologija može se smatrati kao opis putanje kojom se komunikacijski signal prenosi. Ona opisuje strukturu sistema u smislu međusobne povezanosti uređaja. Bazirana je na strukturi stabla (mada ne obavezno, za slučaj KNX TP moguća je i topologija zvezde i linearna topologija) i ima sledeću hijerarhijsku organizaciju: za najjednostavnije instalacije koristi se jedna jedina linija (*line*) na koju se može povezati do 64 uređaja.

Upotrebom ripitera (*repeater*) taj broj se može povećati. Svaka linija se može proširiti sa maksimalno tri ripitera, pri čemu dobijamo četvorosegmentnu liniju. Na ovaj način moguće je adresirati maksimalno 256 uređaja po liniji. Zatim se linije pomoću linijskih spojnika (*line coupler*, *LC*) povezuju na glavne linije (*main line*), formirajući tako oblasti ili zone (*areas*).

Do 12 linija može biti povezano u jednu zonu. Na kraju, glavne linije se pomoću kičmenih spojnika (*backbone couplers*, *BC*) vezuju na kičmenu liniju (*backbone line*). Uređaji se mogu priključiti na magistralu u bilo kom delu hijerarhijske strukture – na bilo kom segmentu linije, glavne ili kičmene linije [2].

3. KOMPONENTE KNX SISTEMA

KNX komponente mogu se svrstati u tri kategorije, zavisno od njihove namene:

- osnovne komponente, kao što su: napajanje, njegov filtar (*choke*), signalni filtar i druge;
- sistemske komponente, koje izvršavaju osnovne operacije u sistemu, kao što su: magistralne spojnice (*Bus Coupler Unit, BCU*), linijske spojnice (*Line Coupler, LC*), ripiter (*Line Repeater, LR*), RS-232 ili USB interfejs i druge;
- namenski KNX uređaji, kao što su: senzori, aktuatori, kontrolni paneli.

4. MEDIJI KOMUNIKACIJE

KNX raspolaže sa nekoliko standardnih komunikacionih medija koji se koriste za transfer podataka od jednog uređaja do drugog:

- upredena parica (*eng. twisted pair, KNX.TP*),
- energetski kabl (*eng. power line, KNX.PL*),
- radio frekvencija (*KNX.RF*),
- ethernet (*KNXnet/IP*).

Najčešće korišćen je KNX.TP, posebno u novim objektima jer ga je potrebno instalirati paralelno sa energetskim kablom. Međutim, kada instalacija dodatnih kablova nije pogodna ili moguća, za prenos podataka mogu se iskoristiti postojeći energetski kablovi (*KNX.PL*) [3].

5. ADRESIRANJE

Svaki KNX uređaj mora imati jedinstvenu fizičku adresu, koja predstavlja njegov identifikator na KNX magistrali. Ona odgovara fizičkoj lokaciji uređaja u topologiji sistema: sastavljena je od broja zone, broja linije u zoni, i broja uređaja na liniji.

Uređaji koji obavljaju istu logičku funkciju grupišu se zajedno. Njima se dodeljuje ista grupna adresa, a međusobno komuniciraju razmenjujući telegrame.

6. KNX SOFTVER

KNX koristi tri tipa softvera:

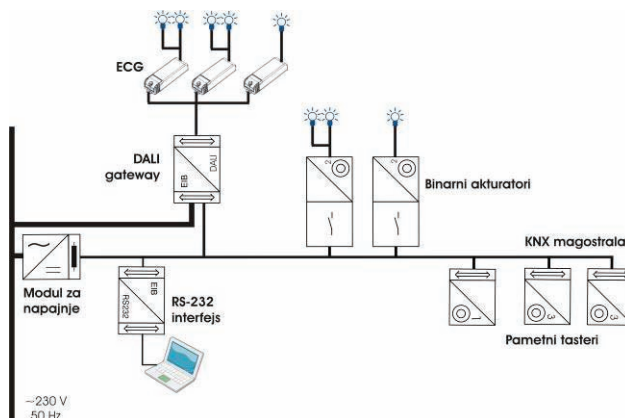
- sistemski softver: odgovoran je za procesiranje podataka na magistrali, u procesu proizvodnje se trajno smešta u ROM memoriju uređaja;
- aplikativni softver: sadrži parametre pomoću kojih se definiše funkcija uređaja;
- ETS (*Engineering Tool Software*): softverski paket koji služi za projektovanje KNX sistema, podešavanje parametara i puštanje sistema u rad.

7. UPRAVLJENJE SISTEMOM RASVETE POMOĆU KNX

Ovo poglavlje opisuje svetlosni sistem kojim se upravlja pomoću KNX, projektovanog upotrebom ETS 3, kao i postupak njegovog projektovanja.

7.1. Opis sistema

Sistem je jednostavan: sastoji se od samo jedne linije za koju 24 V obezbeđuje GIRA 640 mA modul za napajanje. Upravljanje sistemom vrši se pomoću pametnih tastera proizvođača GIRA, kojima se može uključivati, isključivati ili podešavati jačina svetla bilo koje svetiljke, grupe svetiljki ili svih svetiljki, kojih u sistemu ukupno ima osam. Tri svetiljke priključene su na binarne izvršne module, dok su preostalih pet deo DALI¹ sistema. Granični pretvarač između KNX i DALI sistema, Merten INSTABUS DALI gateway, prevodi upravljačke signale u oba smera i tako uspostavlja komunikaciju između dva sistema. Programiranje komponenti sistema (parametrizacija) vrši se pomoću PC računara upotrebom



Slika 1. Topologija posmatranog KNX sistema

ETS 3 softverskog alata, posredstvom interfejsa za RS-232 komunikaciju. Šematski prikaz sistema dat je na slici 1. U tabeli 1 su navedene korišćene KNX komponente.

Tabela 1. KNX komponente implememntirane u sistem

Proizvođač	Komponenta	Serijski broj
GIRA	Modul za napajanje, 640 mA	1087 00
	Binarni aktuator (<i>switching actuator 2fold 6A FM</i>)	1057 00
	Magistralna spojnica (<i>BCU</i>)	0570 00
	Programabilni senzorski prekidači (<i>push sensor 2 1fold (3fold) with controller</i>)	1061 00 (sa 2 tastera) 1063 00 (sa 6 tastera)
	Interfejs za RS-232	1153 00
Merten	Prelaz na DALI sistem (<i>INSTABUS DALI gateway REG-K 1/16/64</i>)	680129

7.2. Projektovanje upotrebom ETS 3 Professional

Sljedeći koraci predstavljaju osnovnu sekvencu prilikom projektovanja upotrebom ETS 3:

- Izvršiti neophodna podešavanja ETS 3 programa;
- Importovati datoteku sa podacima o komponentama;

¹ DALI (*Digital Addressable Lighting Interface*) je standard za digitalnu komunikaciju pojedinačnih komponenti svetlosnog sistema. Opis ovog protokola izlazi iz okvira ovog rada. Za više informacija pogledati literaturu [4].

- Kreirati projekat;
- Definirati strukturu projekta (strukturu objekta/topologiju magistrale);
- Umetnuti KNX uređaje u strukturu objekta;
- Podesiti parametre uređaja na osnovu postavljenih zahteva (parametrizacija);
- Definirati grupne adrese;
- Povezati komunikacijske objekte sa odgovarajućim grupnim adresama;
- Dodeliti umetnutim uređajima fizičke adrese odgovarajućih realnih uređaja u sistemu.

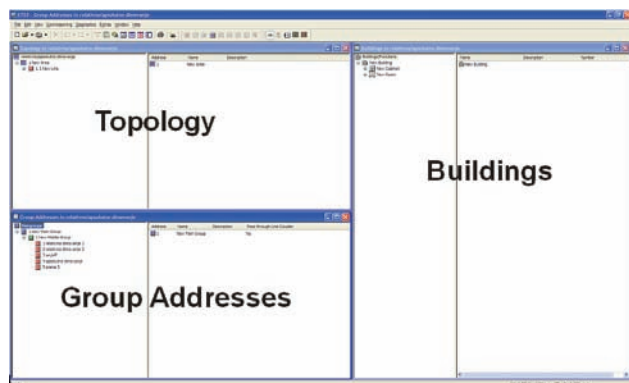
Pri prvom startovanju *ETS 3 Professional* kreira se baza podataka *EIB.DB*. To je centralna baza podataka u koju se smeštaju fajlovi sa podacima o komponentama koje daje proizvođač, i podaci o projektima.

Pre nego što se pristupi projektovanju treba importovati datoteke sa podacima za svaku korišćenu komponentu (aplikativni program). Njihova ekstenzija može biti .vd1 do .vd5. Odgovarajuća datoteka pronalazi se na osnovu serijskog broja uređaja.

Na slici 2. prikazan standardni izgled prozora *ETS 3 Professional*. Na radnoj površini nalaze se tri prozora: *Buildings*, *Group Addresses* i *Topology*. Projektovanje se započinje u prozoru *Buildings*. Ovde se vrši umetanje potrebnih uređaja onako kako je to i fizički realizovano.

7.3. Parametrizacija

U opisanom sistemu izvršene su parametrizacije programabilnih prekidača, dvokanalnih binarnih aktuatora i INSTABUS DALI prelaza, kojima je omogućeno jednostavno uključivanje/isključivanje željenih svetiljki, koračno dimovanje (svetlije/tamnije) i postavljanje nivoa osvetljenja na unapred definisanu vrednost, dimovanjem.



Slika 2. Standardni izgled prozora *ETS 3 Professional*

Parametri koje je potrebno podesiti u aplikaciji programabilnih prekidača (odnosi se na podešavanja za pojedinačni taster):

- Uključivanje/isključivanje (*function of button n: switching/push button, command at pushing the button*);
- Postepeno dimovanje (*function of button n: dimming, pushbutton function: brighter/darker, dimming brighter by*);
- Postavljanje nivoa osvetljenja dimovanjem na unapred definisanu vrednost (*function of button n: value transm./light sceneext., function as: value transmitter EIS 6, value [0...255]*).

Parametri binarnih aktuatora su u startu podešeni za on/off upravljanje.

Parametri za INSTABUS DALI prelaz:

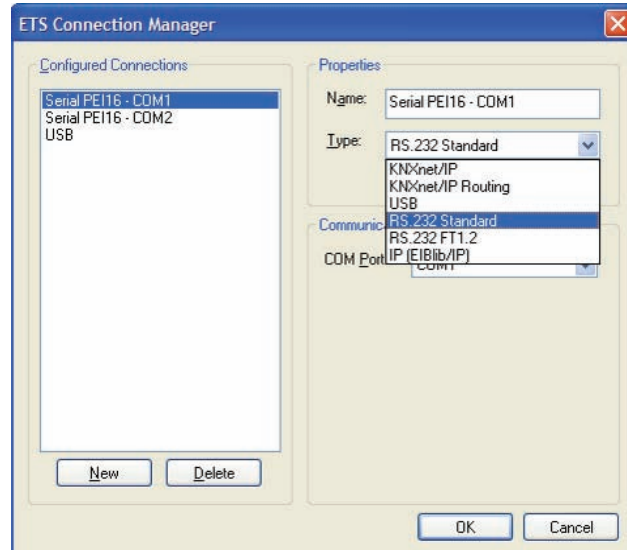
- Postepeno dimovanje (*dimming time, minimum value for dimming, maximum value for dimming, type of status object*);
- Postavljanje nivoa osvetljenja dimovanjem na unapred definisanu vrednost (*behaviour on receiving value, dimming time for On/Off, set value, type of status object*).

7.4. Grupno adresiranje

Da bi senzori i aktuatori mogli da izvrše zahtevane funkcije, oni moraju znati između kojih komunikacijskih objekata treba da bude uspostavljena logička veza. Ta veza se ostvaruje grupnim adresiranjem. Grupne adrese se definišu u prozoru *Group Addresses*. U tu svrhu je potrebno da bude otvoren i prozor *Buildings* kako bi se komunikacijski objekti uređaja mogli povezati sa odgovarajućim grupnim adresama. Dodeljivanje je najlakše ostvariti prevlačenjem komunikacijskih objekata iz prozora *Buildings* u odgovarajuću grupnu adresu u prozoru *Group Addresses*.

7.5. Puštanje sistema u rad

U svrhu parametrizacije sistema i puštanja u rad, neophodno je uspostaviti vezu između PC računara i sistema. Ona može biti ostvarena putem RS-232, USB interfejsa ili putem mreže. Konfigurisanje interfejsa vrši se u prozoru *ETS Connection Manager* (slika 3).



Slika 3. Konfigurisanje interfejsa za komunikaciju između računara i KNX sistema

Svaki uređaj u sistemu mora se dodeliti fizička adresa, i to se vrši softverski pri čemu taster za programiranje na uređaju koji adresiramo mora biti pritisnut. Pritiskom na dugme *Settings* u prozoru *Options/Communication* otvara se dijalog u koji treba ukucati fizičku adresu modula za interfejs. Zatim se mogu adresirati i ostali uređaji u sistemu. Desnim klikom na uređaj importovan u projekat (u prozoru *Buildings*) i izborom *Properties* iz padajućeg menija otvara se prozor gde upisujemo koju fizičku adresu želimo da dodelimo tom uređaju. Da bi ona bila

učitana u uređaj, najpre na njemu mora biti pritisnut taster za programiranje, a u ETS potom *Commisioning/Download/Program Individual Addresses*. Sada su uređaji adresirani i može se izvršiti njihova parametrizacija.

8. ZAKLJUČAK

Značaj implementacije ovih sistema se ne ogleda samo u ispunjavanju zahteva za komforom, već prvenstveno u manjoj energetskej potrošnji i troškovima održavanja.

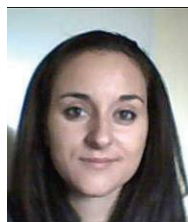
Cilj ovog rada je bio da se prikaže jednostavnost implementacije i upravljanja KNX sistemom i mogućnost njegovog povezivanja sa drugim sistemima, konkretno sa DALI.

Značajno poboljšanje KNX sistema, koje se ogleda u većoj brzini prenosa podataka, može se ostvariti povezivanjem različitih zona KNX sistema putem IP mreže, u koju svrhu se koriste IP prelazi (IP *gateways*). Pri većim projektima, ovo postaje nužnost usled velikih zahteva u komunikaciji koji se mogu pojaviti u sistemu sa malom brzinom prenosa.

9. LITERATURA

- [1] — , <http://www.knx.org/rs/knx/sta-je-knx/>, KNX Association, septembar 2010.
- [2] —, EIBA Handbook Series – Release 3.0, Vol. 1, Part 2, 19.04.1999.
- [3] H. Merz, T. Hansemann, C. Hübner, „*Building Automation - Communication Systems with EIB/KNX, LON and BACnet*“, Berlin, 2009.
- [4] —, „*DALI Manual*“, Germany, 2001.

Kratka biografija:



Jelena Majstorović rođena je u Novom Sadu 1984. god. Diplomski - master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarsko projektovanje elektronskih kola odbranila je 2010. god.

METODE ANALIZE SNIMAKA U DETEKCIJI POLJOPRIVREDNIH KULTURA

IMAGE ANALYSIS METHODS FOR THE DETECTION OF AGRICULTURAL CULTURES

Ferenc Šarkanj, Aleksandar Erdeljan, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu predstavljeni su osnovni elementi daljinske detekcije. Izvršena je analiza snimka koji je dobijen sa LandSat 7 satelita, rezolucije 30 m. Korišćene su dve klasifikacione metode, supervizorska klasifikacija sa Erdas Imagin-e alatom, i fuzzy klasifikacija u MatLab-ovom okruženju.

Abstract- This paper presents the basic elements of remote sensing. Analysis was performed on the image that was obtained with the Landsat 7 satellite, with the resolution of 30m. Two methods of analysis are made, supervised classification in Erdas Imagine and fuzzy classification in Matlab.

1. DALJINSKA DETEKCIJA

Daljinska detekcija predstavlja metod prikupljanja informacija putem sistema koji nisu u direktnom, fizičkom kontaktu sa ispitivanom pojavom ili objektom. Naziv daljinska detekcija je slobodan prevod engleskog termina Remote Sensing. Tehnike daljinske detekcije uključuju ogromno znanje o okolini pri tom mereći jačinu polja, elektromagnetskog zračenja, upotrebom kamere, skenera, radarskih sistema i drugih instrumenata. Osnovni elementi daljinske detekcije su:

- Izvor energije ili osvetljenja
- Zračenje i atmosfera
- Interakcija sa ciljem
- Merenje energije senzorom
- Prenos, prijem i procesiranje podataka
- Tumačenje i analiza
- Aplikacija

Osnova za većinu metoda daljinske detekcije se bazira na merenju različitih nivoa energije jednog entite koji se naziva foton. Varijacije u energiji fotona su povezane sa parametrom talasna dužina i obrnuto, frekvencijom. Elektromagnetni spektar čine različiti tipovi zračenja različite talasne dužine:

- Radio talasi
- Mikrotalasi
- Infracrveni talasi
- Vidljivi talasi
- Ultraljubičasti talasi
- X-zraci
- Gamma-zraci

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio prof.dr Aleksandar Erdeljan.

U cilju prikupljanja i snimanja reflektovane ili emitovane energije od objekta ili podloge, senzor mora da se nalazi na stabilnoj platformi. Platforme za daljinsku detekciju mogu biti smeštene na Zemlji, na avionu ili balonu, sveskom brodu ili satelitu van Zemljine atmosfere.

Sateliti su objekti koji kruže oko drugog objekta, u ovom slučaju Zemlje. Zbog svojih orbita, sateliti omogućavaju ponovno snimanje Zemljine površine. Orbite se razlikuju po visini (visina iznad Zemljine površine), njihovoj orijentaciji i rotaciji u odnosu na zemlju. Osnovne karakteristike satelitskih senzora su:

- Prostorna rezolucija
- Spektralna rezolucija
- Radiometrijska rezolucija
- Vremenska rezolucija

Senzori za daljinsku detekciju mere elektromagnetno zračenje koje je bilo u interakciji sa Zemljinom površinom. Interakcija sa materijom može da promeni pravac, intenzitet, sadržaj talasne dužine i polarizaciju elektromagnetnog zračenja. Priroda ovih promena zavisi od hemijskog sastava i fizičke strukture materijala koji su izloženi elektromagnetnom zračenju. Radijacija koja se nije apsorbovala ili rasejala u atmosferi može da stigne i da reaguje sa Zemljinom površinom. Postoje tri tipa reakcije koji se mogu desiti kada energija ili upadna svetlost dođe u kontakt sa površinom. To su :

- Transmisija
- Apsorpcija
- Refleksija

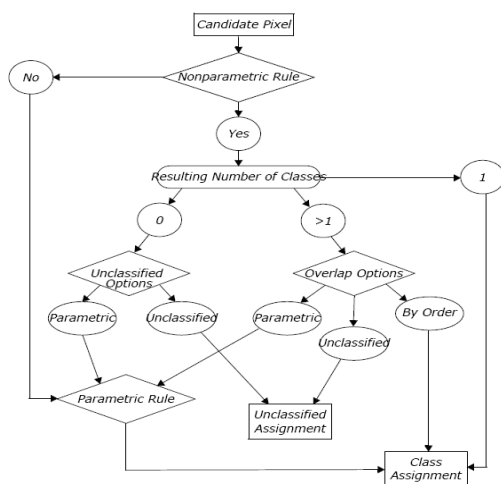
Ukupna upadna energija će reagovati sa površinom na jedan od ova tri načina. Odnos svake interakcije će zavisi od talasne dužine energije i materijala. Na osnovu ovih odnosa može se odrediti da li je reč o površini tipa vegetacije, pustinje, naseljenog područja. U slučaju vegetacije ovi podaci se mogu upotrebiti u poljoprivredi, kao pomoć pri razumevanju stanja useva, stepena štete koji je nastao zbog raznih insekata, potencijalnog prinosa, tanja tla itd.

2. KLASIFIKACIJA

Klasifikacija je proces sortiranja piksela u konačan broj individualnih klasa, ili kategorija podataka, na osnovu vrednosti podataka. Ako piksel zadovoljava određenu grupu kriterijuma, onda se on dodaje klasi kojoj odgovara taj kriterijum. Proces klasifikacije se može podeliti na dva dela: trening i klasifikacija (upotreba pravila odluke). Trening je proces definisanja kriterijuma po kojima će obrasci biti prepoznati. Trening se može obaviti ili supervizorskom ili nesupervizorskom metodom. Supervizorski trening je blisko kontrolisan analitičarem. U ovom procesu,

analitičar selektuje piksel koji reprezentuje obrazac ili pojavu na zemlji koju prepoznaje, ili koju može da identifikuje pomoću drugih izvora, kao što su slike iz vazduha, podaci sa zemlje ili mapa. Nesupervizorski trening je više računarski automatizovan, zavistan je od samih podataka koji se koriste za definisanje klasa. Ovaj metod se obično koristi kada se manje zna o podacima pre klasifikacije. Tada je analitičareva odgovornost da posle klasifikacije pridoda značenje rezultujućim klasama. Nesupervizorska klasifikacija je korisna samo kada se klase mogu prikladno protumačiti.

Rezultat treninga je skup potpisa koji definišu uzorke ili skupove treninga. Parametarski potpisi se zasnivaju na statističkim parametrima (npr. matrica kovarijansi i srednjih vrednosti) piksela koji su u uzorku ili skupu treninga. Neparametarski potpis nije zasnovan na statistici, već na diskretnim objektima (poligoni ili pravougaonici). Pošto su potpisi definisani, pikseli slike se sortiraju u klase korišćenjem klasifikacionog pravila odluke. Pravilo odluke je matematički algoritam koji korišćenjem podatka sadržanog u potpisu, izvodi stvarno sortiranje piksela u određene klasne vrednosti. Pikseli koji prođu kriterijum koji je postavljen pravilom odluke se dodaje klasi za taj potpis.



Slika 1. Dijagram toka klasifikacije

Erdas Imagine pruža sledeća pravila odluke :

- Neparametarska pravila
- Parametarska pravila

Neparametarska pravila:

- Paralelopiped
- Feature space

Parametarska pravila:

- Minimalna razdaljina
- Mahalanobis razdaljina
- Maksimalna verovatnoća

Osim ove standardne klasifikacije postoji i mogućnost fuzzy klasifikacije. Fuzzy klasifikacioni metodi uzimaju u obzir da postoje pikseli koji su pomešani, a to su pikseli koji se ne mogu dodati samo jednoj kategoriji. Fuzzy klasifikacija je napravljena tako da pomogne sa podacima koji ne mogu da upadnu u tačno jednu ili drugu kategoriju. Fuzzy klasifikacija funkcioniše korišćenjem članske

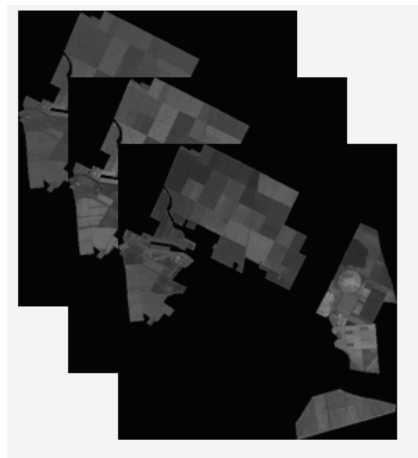
funkcije, u čemu je vrednost piksela određena po tome da li je bliža jednoj ili drugoj klasi. Fuzzy klasifikacija nema određene granice, i svaki piksel može pripasti nekolicini različitih klasa. Kao tradicionalna klasifikacija, fuzzy klasifikacija još koristi trening, ali najveća razlika je to "da je takođe moguće dobiti informacije o različitim sastojcima klase pronađenih u pomešanom pikselu.". Proces prikupljanja trening terena kod fuzzy klasifikacije nije toliko striktan kao kod tradicionalne klasifikacije. Kod fuzzy metoda, trening tereni ne moraju imati piksele koji su sasvim isti. Upotrebom višeslojne klasifikacije stvara se jedna nova izlazna klasa, sračunavajući ukupnu težinsku razdaljinu za sve klase u prozoru.

3. SUPERVIZORSKA KLASIFIKACIJA

Proces supervizorske klasifikacije slike je izvršen u programu Erdas Imagin-e. Slika koja je korišćena u ovoj proceduri snimljena je u multispektralnom modu sa LandSat 7 satelitom, rezolucije 30 m. Ova slika je analizirana u kombinaciji opsega 432 RGB, koja sadrži sledeće opsege:

- Opseg B1 koji pokriva 0.52-1.60 um (zelena)
- Opseg B2 koji pokriva 0.63-0.69 um (crvena)
- Opseg B3 koji pokriva 0.76-0.90 um (blizu-infra-crvena)

Da bi se ovi opsezi koristili dalje u drugim programima (Matlab), LandSat-ovi opsezi su konvertovani u *tif* format.



Slika 2. LandSat-ova slika konvertovana u tri različite slike

3.1. Definisanje trening oblasti

Trening faza je proces lociranja piksela koji predstavljaju primere svake klase koja će se klasifikovati ili detektovati. Ovi pikseli se odabiru na osnovu pređašnjeg znanja o oblasti od interesa ili nekog drugog izvora podataka. Svi ovi odabrani pikseli predstavljaju trening oblast za određenu klasu. Selektovane klase kultura su: repa, pšenica, kukuruz i soja. Za ove klase, trening oblasti su markirane na slici 3.

Pomoću funkcije *Signature separability* proračunata je statistička udaljenost između potpisa. Kao rezultat dobijena je kombinacija opsega u kom su potpisi najbolje razdvojivi. Opcija *Singanture editor* prikazuje listu koja sadrži sve klase, sa njihovim srednjim vrednostima i standardnim devijacijama za svaki opseg. Opcija *Histo-*

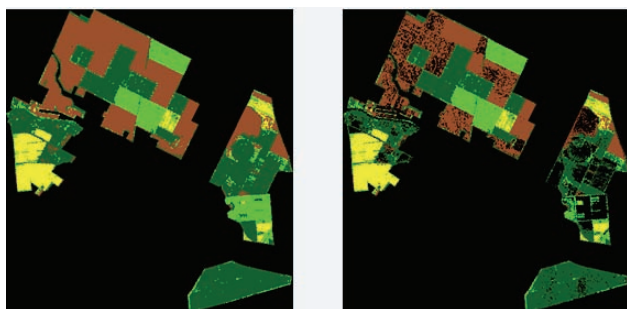
gram omogućava proveru da li su trening oblasti dobro prikazane. Ako histogram ima jedan vrh, tada je trening oblast određena i nema mešanja sa drugim trening oblastima.



Slika 3. Prikaz trening oblasti za četiri kulture

3.2. Proces klasifikacije

U procesu klasifikacije korišćen je Maximum likelihood klasifikator koji simulira Gaussian (normalnu) raspodelu. On procenjuje neslaganje i uzajamnu vezu spektralnih odziva obrazaca prilikom klasifikacije nepoznatog piksela. U slučaju preklapanja, koristi se metod koji je selektovan pre klasifikacije. Opcija *Unclassified Rule* odlučuje da li će svaki piksel biti klasifikovan. Ako je izabrana opcija *Unclassified*, u tom slučaju piksel ostaje neklasifikovan. U slučaju da je izabrana opcija *Parametric Rule*, piksel će biti klasifikovan metodom koja je odabrana pod opcijom *Parametric Rule*. Rezultat klasifikacije je prikazan na Slici 4.



Slika 4. Rezultati klasifikacije, svih piksela (levo) i slučaj kada nisu svi pikseli klasifikovani (desno)

4. FUZZY LOGIC KLASIFIKACIJA

4.1. Matlab Fuzzy Logic Toolbox

Sposobnost modelovanja kompleksnog ponašanja, kao kolekcija jednostavnih pravila, čini fuzzy logiku idealnim rešenjem za modelovanje i kontrolisanje kompleksnih, nelinearnih sistema. Fuzzy Logic Toolbox je kolekcija ugrađenih funkcija u Matlab-ovo okruženje. Toolbox se jako oslanja na GUI alate, iako se sve može raditi sa komandne linije. Toolbox pruža tri kategorije alata:

- funkcije sa komandne linije
- grafički interaktivni alati
- simulink blokovi i primeri

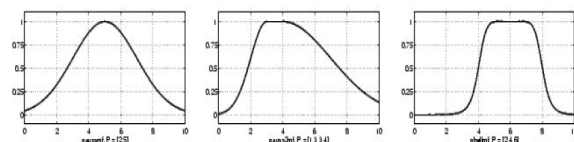
Toolbox pruža brojne interaktivne alate koji omogućavaju pristupanje funkcijama preko GUI-a. GUI u Fuzzy Logic Toolbox-u omogućava stvaranje dva tipa sistema: Fuzzy sistem zaključivanja (FIS) i Adaptivni Neuro-Fuzzy sistem zaključivanja (ANFIS).

4.2. Fuzzy sistem zaključivanja

Fuzzy zaključivanje je proces formulisanja mape od datog ulaza pa do izlaza koristeći fuzzy logiku. Mapiranje pruža osnovu od koje se prave odluke ili razlikuju obrasci. Proces fuzzy zaključivanja obuhvata: funkcije pripadnosti, fuzzy logic operatore i if-then pravila. Postoje dva tipa fuzzy sistema zaključivanja koji mogu da se implementiraju sa Fuzzy Logic Toolbox-om: Mamdani tip i Sugeno tip. Mamdani-tip zaključivanja očekuje da izlazne funkcije pripadnosti budu fuzzy skupovi. Posle procesa agregacije, za svaku izlaznu promenljivu postoji fuzzy skup kojoj treba defazifikacija. Sugeno tip sistema se može koristiti za modelovanje bilo kog sistema zaključivanja kod kojeg su izlazne funkcije pripadnosti linearne ili konstante.

4.3. Funkcija pripadnosti

Fuzzy Logic Toolbox sadrži 11 ugrađenih tipova funkcije pripadnosti. Ovih 11 funkcija su napravljeni od nekoliko osnovnih funkcija: deo po deo linearna funkcija, Gaussian distribuciona funkcija, sigmoidna kriva, kvadratna i kubna polinomna kriva. Dve funkcije pripadnosti su napravljene prema Gaussian raspodeli: obična Gaussian kriva i dvostrana kombinovana koja se sastoji od različitih Gaussian krivi.



Slika 5. Funkcije pripadnosti napravljene na osnovu Gaussian raspodele, gaussmf (levo), gauss2mf (u sredini) i gbellmf (desno)

4.4. Proces klasifikacije

Za fuzzy klasifikaciju se koriste tri opsega (Slika 2). FIS editor prikazuje glavne informacije o fuzzy sistema zaključivanja, imena svih ulaznih promenljivih (green, red, NIR opseg) i imena svih izlaznih promenljivih (repa, kukuruz, pšenica, soja). MFE je alat koji omogućava prikaz i menjanje svih funkcija pripadnosti koje su povezane sa svim ulaznim i izlaznim promenljivama celog fuzzy sistema zaključivanja. Funkcije pripadnosti određene su na osnovu vrednosti srednjih vrednosti i standardnih devijacija (Tabela 1.).

Pošto je ovo Sugeno tip zaključivanja, *constant tip* za izlazne promenljive najbolje odgovaraju datom setu izlaza. Date su u tabeli 2.

Nakon definisanja funkcija pripadnosti i izlaznih promenljivih, definišu se pravila za klasifikaciju:

```
IF (GREEN is mf1) AND (RED is mf1) AND (NIR is mf1)
THEN (class is repa)
IF (GREEN is mf2) AND (RED is mf2) AND (NIR is mf2)
THEN (class is kukuruz )
```


IF (GREEN is mf3) AND (RED is mf3) AND (NIR is mf3)
 THEN (class is psenica)
 IF (GREEN is mf4) AND (RED is mf4) AND (NIR is mf4)
 THEN (class is soja)

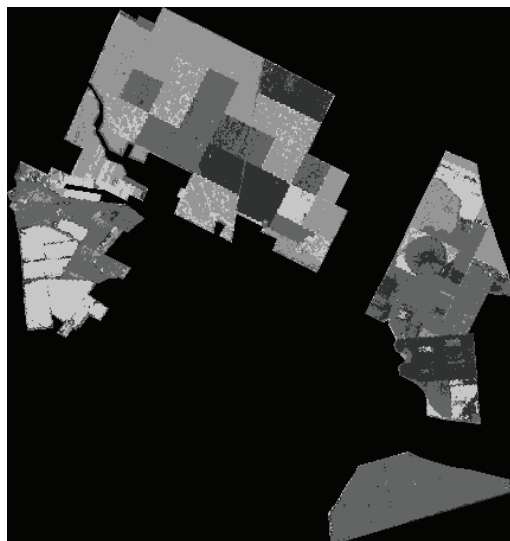
Tabela 1. Srednja vrednost i standarda devijacija trening uzoraka (vrednosti iz Erdas-a)

Channel	Mean	St. deviation
Repa (from 2389 samples)		
Green (mf1)	74.133	2.148/2
Red (mf1)	69.224	4.050/2
NIR (mf1)	95.961	5.358/2
Kukuruz (from 2185 samples)		
Green (mf1)	67.159	2.119/2
Red (mf1)	62.872	3.849/2
NIR (mf1)	77.747	6.296/2
Pšenica (from 1505 samples)		
Green (mf1)	77.925	2.585/2
Red (mf1)	90.223	4.296/2
NIR (mf1)	53.878	3.057/2
Soja (from 967 samples)		
Green (mf1)	82.164	2.345/2
Red (mf1)	103.811	6.068/2
NIR (mf1)	84.104	5.373/2

Tabela 2. Vrednosti parametara za izlazne promenljive

Class	Parameter/output variable
Repa	1
Kukuruz	2
Pšenica	3
Soja	4

Sa ovim kodom, fuzzy sistem zaključivanja je potpuno definisan. Klasifikacija se sprovodi pomoću Matlabovog m-fajla, a rezultat je prikazan na Slici 6.



Slika 6. Rezultat fuzzy klasifikacije

5. POREĐENJE REZULTATA

Dobijeni rezultati, supervizorske i fuzzy klasifikacije, se mogu porediti. Obe slike imaju iste digitalne vrednosti piksela za iste klase: repa (50), kukuruz (100), pšenica (150), soja (200). Ovo je osnova za poređenje slike. Procenat klasifikovanih piksela u obe metode date su u sledećoj tabeli (ukupan broj piksela 786380).

Tabela 3. Procenat klasifikovanih piksela u Erdas-u i Matlab-u

Metoda	Fuzzy	Erdas (svi pikseli)	Erdas (ne svi pikseli)
Repa	13.82	13.93	13.76
Kukuruz	41.18	43.20	43.98
Pšenica	30.27	33.79	31.08
Soja	14.70	9.06	11.15

6. ZAKLJUČAK

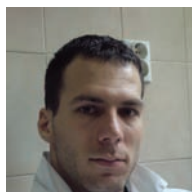
Na osnovu prethodno iznetih analiza može se zaključiti da su se najtačniji rezultati dobili sa Erdas Imagine alatima. Pod najtačnijim se podrazumeva da su rezultati jako bliski sa dobijenim tj. poznatim vrednostima sa terena. Klasifikacijom u Erdas Imagine-u dobijene su vrednosti površina za 4 kulture (repa, kukuruz, pšenica i soja). Iz dobijenih rezultata se vidi da je najtačnija površina dobijena površina za soju, jer soja ima potpis koji se jasno razlikuje od ostalih kultura koje su prisutne na zadatom području. U cilju smanjivanja grešaka trebalo bi uraditi sledeće:

- vršiti češća snimanja područja od interesa, koja bi omogućila jasnije prepoznavanje određenih kultura.
- uzimati veći broj trening uzoraka (u smislu što više različitih potpisa različitih kultura)
- u slučaju velikog preklapanja potpisa kultura, vrednosti standardne devijacije treba podeliti sa dva i tako je koristiti u fuzzy klasifikaciji. Cilj ovoga jeste da potpisi budu što više razdvojeni i samim tim klasifikacija će biti bolja.

7. LITERATURA

- [1] <http://ccrs.nrcan.gc.ca/>
- [2] www.microimages.com/documentation/Tutorials
- [3] <http://www.satimagingcorp.com/characterization-of-satellite-remote-sensing-systems.html>
- [4] <http://rst.gsfc.nasa.gov/>
- [5] http://www.crisp.nus.edu.sg/~research/tutorial/opt_int.htm
- [6] http://dali.feld.cvut.cz/ucebna/matlab/pdf_doc

Kratka biografija:



Ferenc Šarkanj rođen je u Beogradu 01.06.1984. godine. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva-Automatika i upravljanje sistemima odbranio je 2010. god.

PRIMENA JMATTER OKRUŽENJA NA RAZVOJ APLIKACIJA

USE OF JMATTER FRAMEWORK FOR APPLICATION DEVELOPMENT

Ninoslav Žmukić, Branko Milosavljević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U okviru rada opisano je JMatter razvojno okruženje, analizirana njegova arhitektura i način rukovanja podacima, prezentovana aplikacija nastala uz korišćenje JMatter-a i analizirane prednosti i mane korišćenja JMatter okruženja.

Abstract – The paper describes JMatter framework, analyzing its architecture and way of handling data, presents an application created using JMatter and finally given the advantages and disadvantages of using JMatter framework.

Ključne reči: JMatter, Naked Objects

1. UVOD

JMatter je open-source JAVA razvojno okruženje koje je zasnovano na Naked Objects Architectural [1] paternu.

1.1. Naked Objects

Naked Objects (goli objekti) patern se zasniva na tri principa:

1. Sva poslovna logika treba da bude enkapsulirana u domain objects (domen objekte). Ovaj princip nije jedinstven za naked objects već je samo jaka privrženost enkapsulaciji.
2. Korisnički interfejs treba da bude direktna reprezentacija domen objekata i sva korisnička aktivnost treba da se sastoji od kreiranja i dobavljanja domen objekata i/ili pokretanja metoda nad tim objektima. Ovaj princip takođe nije jedinstven za gole objekte već je samo specifična interpretacija objektno-orijentisanog korisničkog interfejsa.
3. Korisnički interfejs bi trebao biti potpuno automatski kreiran iz definicija domen objekata. Ovo se može postići korišćenjem nekoliko različitih tehnologija uključujući i generisanje source koda.

2. JMATTER RAZVOJNO OKRUŽENJE

JMatter omogućava brzu izradu poslovnih aplikacija. JMatter smanjuje broj linija koda potrebnih za izradu poslovne aplikacije i na taj način drastično povećava brzinu izrade iste. Sve aplikacije imaju mnogo zajedničkih karakteristika odnosno uobičajenih elemenata kao što je Login dijalog. JMatter pruža te elemente tako da programeri ne moraju da pišu svoje programe od nule. Neki od tih elemenata su sledeći:

NAPOMENA:

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

- **Korisnički interfejs:** prozor, mogućnost pravljenja (dodavanja) novog korisnika, promena lozinke, mogućnost pravljenja novog kontakta, promenu adrese postojećeg kontakta, brisanje starog kontakta. Znači Create (kreiranje), Read (čitavanje i prikaz), Update (izmena), Delete (brisanje) podataka odnosno CRUD. Za svaki objekat koji se pojavljuje u aplikaciji forma njegovog prikaza će biti drugačija jer se razlikuju atributi, ali je mehanizam isti.
- **Query servisi:** osnovna potreba za filtriranjem informacija. Na primer, mogućnost da se postavi upit, „Prikaži mi sve osobe koje žive u Senti“.
- **Validacija:** mogućnost da specificira koja su polja obavezna, koja su opcionalna, kako izgleda validan broj telefona, datum, itd. Ova validacija se koristi kod unosa podataka u formu.
- **Persistence (trajnost podataka):** mogućnost trajnog čuvanja podataka, veza između objekata, itd.
- **Calendaring (rukovanje informacijama vezanim za kalendar):** mnoge aplikacije imaju potrebu da rukuju sa vremenom – planiranje aktivnosti, pretraživanje i manipulisanje događajima na kalendaru, itd.
- **Osnovno znanje o jednostavnim tipovima informacija:** Mnoge poslovne aplikacije imaju potrebu da rukuju datumima, brojevima telefona, slikama, lozinkama, procentima, valutama, imenima, adresama, beleškama, itd. Velika pažnja je bila posvećena pisanju i prepravljanju koda za parsiranje, validaciju i formatiranje ovih osnovnih informacija.
- **Logging (praćenje rada aplikacije):** praćenje aktivnosti u sistemu, ko se kad logovao, ko je obrisao određeni entitet, itd.
- **Autorizacija:** specificiranje kome je dopušteno koje aktivnosti da izvršava u sistemu.
- **Pravljenje izveštaja:** mogućnost pravljenja izveštaja od informacija kojima rukuje aplikacija
- **Wizards (Čarobnjaci):** komponenta konstrukcije korisničkog interfejsa koja se obično koristi za razbijanje kompleksnih zadataka u seriju povezanih koraka.

Današnji softver je baziran na principu MVC (Model-View-Controller). JMatter pruža kompletnu i generičku implementaciju View i Controller dela, tako da programeri treba samo da rade na Model delu.

3. ARHITEKTURA

JMatter i aplikacije napravljene sa JMatter-om se zasnivaju na JAVA programskom jeziku tako da se ove aplikacije mogu koristiti u raznim operativnim sistemima.

Podaci se kod aplikacija napravljenih uz pomoć JMatter trajno čuvaju u relacionim bazama podataka. JMatter koristi Hibernate framework za komunikaciju sa pozadinskom bazom podataka. JMatter aplikacije su kompatibilne sa brojnim bazama podataka kao što su PostgreSQL, MySQL, Oracle kao i novijim sistemima kao što su H2 i hsqldb.

Na klijentskoj strani JMatter se oslanja na Swing Toolkit da proizvede bogatu klijentsku aplikaciju. Korisnički interfejsi su nezavisni od platforme.

Globalna arhitektura ima dva sloja: klijentska aplikacija komunicira preko mreže sa pozadinskom bazom podataka. Više klijenata se instalira na više radnih stanica i svi mogu konkurentno da koriste sistem.

Za automatizaciju procesa instaliranja klijenata na više radnih stanica kao i za održavanje up-to-date ovih instalacija JMatter se oslanja na JAVA WebStart.

4. KORIŠĆENJE JMATTER OKRUŽENJA

Distribucija JMatter razvojnog okruženja sastoji se iz četiri foldera: <demo-apps>, <jmatter>, <modules>, <AppBrowser> [2].

U folderu <demo-apps> se nalaze JMatter tutorial aplikacije (aplikacije za primer korišćenja). Folder <jmatter> sadrži jezgro JMatter okruženja. Zatim sledi folder <modules> u kome se nalaze razni moduli na koje se okruženje oslanja.

U folderu <AppBrowser> nalazi se JMatter Application Browser.

Upravljanje JMatter-om i aplikacijama stvorenim uz pomoć JMatter-a se vrši preko ant *target*-a iz *build.xml* fajla. Po jedan *build.xml* fajl imaju i JMatter i aplikacije napravljene uz pomoć njega.

Dve najvažnije komande su *schema-export* i *default* komanda *run*. *Schema-export* služi prvenstveno za generisanje šeme baze podataka. Pri prvom pokretanju ovog *target*-a izvršavaju se sledeći koraci:

1. kompajlira se okruženje (u slučaju da se radi o *dependent* aplikaciji)
2. kompajlira se aplikacija
3. pravi se H2 baza podataka koja se smešta u folder <db>
4. generišu se potrebni fajlovi za o/r mapiranje
5. generiše stvarna šema baze podataka

Target *run* služi za pokretanje aplikacije u toku njenog razvoja.

5. MODEL PODATAKA I MOGUĆNOSTI

Kao smerinice u izradi ovog poglavlja poslužile su stavke [3] i [4] iz literature.

JMatter se oslanja na konvencije da bi mogao da izvuče informacije o nekom tipu podatka. Neke od osnovnih konvencija su: svaka klasa mora da nasledi bazičnu klasu *AbstractComplexEObject*, svaki tip mora da implementira metodu za naslov, anotacija *@Entity* naglašava da objekti klase moraju biti sačuvani u bazu podataka, a anotacija...

U JMatter-u postoje dve vrste polja: atomička polja koja imaju samo jednu vrednost i kompleksna polja koja se sastoje od atomičkih i/ili drugih kompleksnih polja. Pored ove podele postoji i podela po vlasništvu. Kompozitna ili agregirana polja su ona polja koja su u potpunosti pod vlasništvom njihovog parent (roditeljskog) objekta. Sva atomička polja su agregirana. S druge strane asocijacije su polja koja reprezentuju vezu ka drugim objektima ili entitetima; ove veze mogu biti postavljene ili prekinute. Vlasništvo nad poljem utiče na operacije. Na primer, ako se izbriše roditeljski objekat asocijacije se prekida, ali objekat s druge strane asocijacije se ne briše odnosno operacija brisanja ne kaskaduje ka asocicijama.

Komande su metode klase koje su vidljive u interfejsu u obliku dugmadi. Ne postoji neka velika razlika u odnosu na definisanje metode. Glavne razlike su: postavljanje anotacije *@Cmd* čini je vidljivom u interfejsu i prvi argument metode je neka informacija o pokretanju komande koja se retko koristi. U slučaju da metoda odnosno komanda ima povratnu vrednost String, ta vrednost se prikazuje kao poruka korisniku.

Uz pomoć meta-podataka u JMatter-u se može: navesti ime klase u množini, kodirati boja, odrediti redosled polja i komandi, napraviti tabularni prikazi, odrediti polja za identifikaciju, postaviti podrazumevana putanja pretrage, itd. Takođe, anotacije kao što su *@Fld*, koja se koristi za polja, i *@Cmd*, koja se koristi za komande, mogu imati parametre kojima se utiče na izgled i funkcionalnost polja odnosno komandi.

U JMatter okruženju postoji više aspekata validacije. Svako atomičko polje vrši svoju validaciju koja se u prikazu objekta klase manifestuje kao nevidljivo polje koja se pojavljuje sa porukom o grešci ukoliko validacija nije bila uspešna. Osim toga za svaku klasu je moguće napraviti validaciju implemetacijom metode *validate()* koja će se pozvati kada korisnik zatraži snimanje objekta u bazu.

JMatter ima ugrađene servise za autentikaciju i autorizaciju. Prilikom pokretanja aplikacije napravljene uz pomoć JMatter-a pojavljuje se *login* dijalog. Lozinke se hash-iraju uz pomoć MD5 algoritma i taj hash se smešta u bazu podataka. JMatter pruža i mogućnost da se *login* dijalog isključi. Što se tiče autentikacije JMatter se oslanja na klasu *roles* u kojoj se nalaze vrste korisnika i njihove moguće akcije nad objektima.

JMatter integriše mogućnosti pretraživanja direktno u korisnički interfejs. Svi prikazi listi u JMatter-u imaju jednostavan panel za upit kroz koji korisnici mogu da vrše filtriranje listi prema željenom zahtevu.

JMatter podržava izradu čarobnjaka, čuvanje podataka u CSV, kao i prikaz izveštaja u PDF formatu.

JMatter omogućava pisanje višejezičnih aplikacija, tako da istu aplikaciju mogu da koriste na primer korisnici sa engleskog govornog područja, korisnici sa španskog govornog područja, korisnici koji govore francuski, itd. JMatter to postiže korišćenjem više *property* fajlova koji prate određenu konvenciju. Imena *property* fajlova se sastoje od osnove i sufiksa koji označava jezik i područje.

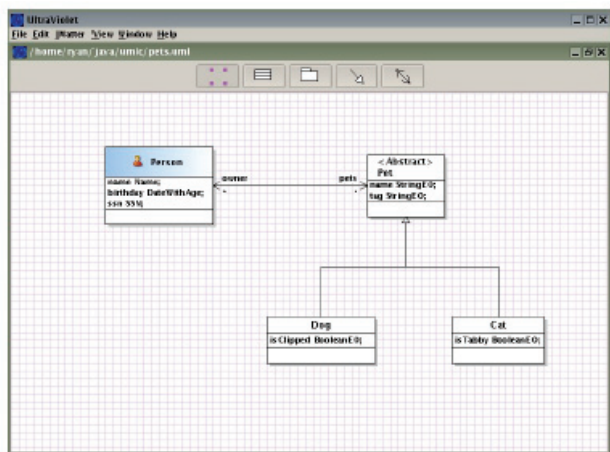
Za stilizovanje korisničkog interfejsa JMatter se oslanja na CSS mehanizam. Po *default*-u JMatter će prilikom startovanja aplikacije učitati fajl *styles.css* iz foldera *resources* i primeniti pravila iz tog fajla.

Za distribuciju aplikacije JMatter se oslanja na JAVA Web Start tehnologiju. Osnovna ideja JAVA Web Start-a je distribucija aplikacije preko world wide web-a. Sve što krajnji korisnik treba da uradi je da klikne na link koji pokreće automatsko skidanje i instaliranje aplikacije na računar korisnika. Pored toga svaki put kad korisnik pokrene aplikaciju JAVA Web Start proverava da li postoji novi *update* aplikacije i ako postoji pokreće skidanje *update*-a i njegovo instaliranje pre pokretanja same aplikacije. Na taj način je i distribucija i održavanje aplikacije automatizovano.

6. DODATNI ALATI

Autor okruženja, Eitan Suez, napravio je i alat u vidu templejta koji se može povezati sa nekim od IDE okruženja i još više ubrzati razvoj aplikacije.

Uz JMatter dolazi još jedan *open source* alat koji se naziva Ultraviolet, a čiji je kreator Ryan Ramage. Ultraviolet je UML editor klasa. Uz pomoć ovog alata se grafički može dizajnirati budući sistem. Moguće je definisati entitete, njihova svojstva, asocijacije među entitetima, komande nad entitetima, itd. Na slici 1 preuzetoj iz [2] može videti izgled Ultraviolet alata.



Slika 1. Pravljenje aplikacije uz pomoć Ultraviolet

7. APLIKACIJA ZA FINANSIJSKO KNJIGOVODSTVO

Uz pomoć JMatter razvojnog okruženja realizovana je poslovna aplikacija za finansijsko knjigovodstvo. Aplikacija se sastoji iz tri paketa: kontnog okvira,

organizacione strukture i podsistema finansijskog knjigovodstva. Svaka od klasa iz ovih paketa nasleđuje klasu *AbstractComplexEObject*. Svaka klasa osim svojih polja sadrži deo koda koji je povezuje sa nekom drugom klasom. Taj deo koda predstavlja asocijaciju i sastoji se iz dva dela pri čemu se jedan deo nalazi u jednoj, a drugi deo u drugoj klasi. Pored toga svaka klasa sadrži metodu za validaciju, zatim svaka klasa ima definisan ključ, redosled polja, ime u množini i naslova.

Ova aplikacija koristi MySQL bazu podataka, što je postignuto jednostavnim izmenama fajla *resources/hibernate-properties* u kom se JMatter-u navode parametri za bazu podataka koju treba da koristi.

Polja objekata koja moraju biti unešena su posebno naznačena što je postignuto navođenjem tih polja u fajlu *resources/model-metadata.properties*.

`Drzava.nazivDrzave.required=true`

`Drzava.vazecaDrzava.required=true`

Aplikacija je prilagođena na srpski jezik uz pomoć fajla *resources/locale-metadata_sr.properties* u kom se nalaze odgovarajući prevodi na srpski jezik.

`# JMatter Global Localization Entries`

`# =====`

`Command.Save=Sacuvaj`

`Command.Cancel=Odbaci`

Aplikacija nudi mogućnost unosa, brisanja i ažuriranja objekata. Osim toga nudi mogućnost pretrage postojećih objekata. Izvršavanje specijalnih funkcija potrebnih za finansijsko knjigovodstvo. Zatim nudi i opciju štampanja izveštaja, kao i pregledanje stavki putem kalendara.

Osim toga aplikacija je nezavisna od platforme jer je bazirana na JAVA, a distribucija aplikacije je postignuta jednostavno putem JAVA Web Start.

8. MANE JMATTER OKRUŽENJA I DALJA POBOLJŠANJA

Svaka aplikacija napravljena uz pomoć JMatter-a može da ima ili nema *login* dijalog, a u slučaju da ga poseduje on daje samo opciju za unos *login* podataka. Opcija za registraciju novog korisnika ne postoji. Ovo znači da administrator mora „ručno“ da unese svakog novog korisnika, što u slučaju jednog preduzeća ne predstavlja problem. Problem bi bio kod aplikacije predviđene za globalnu upotrebu preko svetske mreže jer bi svaki novi korisnik morao da kontaktira administratora.

Problem koji je usko povezan sa prethodnim je i automatsko kreiranje tabele *user* unutar baze podataka koja se pretražuje prilikom *login*-a. Ova opcija na prvi pogled predstavlja olakšanje, ali većina sistema ima podatke o svojim korisnicima koje želi da čuva u tabeli koja nema ista obeležja kao i *default* tabela *user* i da pretragu vrši po toj tabeli.

Sledeći problem koji se tiče baze podataka je nepostojanje složenih ključeva odnosno aplikacije zasnovane na

JMatter okruženju ne mogu posedovati tebele sa složenim ključevima.

8.1. Dalja poboljšanja

Dalji razvoj bi mogao da bude u smeru njihovog otklanjanja. Tu se najpre misli na podršku za složene ključeve. Osim toga potrebno je omogućiti globalno korišćenje aplikacije, te samim tim omogućiti lakši način registrovanja novih korisnika. Radi još fleksibilnije izrade aplikacija trebao bi da se omogući način za definisanje tabele korisnika na način koji aplikacija želi i da se pretraga priliko login-a korisnika vrši nad tom tabelom.

9. ZAKLJUČAK

JMatter je okruženje za pravljenje aplikacija koje podržavaju pojam domain-driven design (domenski usmerenog dizajna) koji potencira da je suština aplikacije prevođenje znanja o domenu u softverski kod odnosno modelovanje domena u skup povezanih entiteta. S toga se ceo postupak implementacije aplikacije za finansijsko knjigovodstvo sveo se na definisanja modela podataka, odnosno povezanih entiteta, implementacije specijalnih komandi potrebnih za finansijsko knjigovodstvo, kreiranje izveštaja i dodavanje ikonica za entitete.

JMatter izvorni kod sačinjava robusnu i generičku implementaciju svih slojeva aplikacije koja treba da podrži dati domen. Ovo je jedno veoma agilno rešenje koje nudi: uštedu vremena, smanjenja koda aplikacije, konzistentnost i visok kvalitet aplikacije.

Način razvoja aplikacije koju nudi JMatter menja do sad uobičajeno pravilo u programiranju [5]:

„troškovi vršenja promena na sistemu u njegovom kasnijem radu su mnogo veći odnosno mnogo je jeftinije implementirati promene ranije kada je maje softvera napravljeno za promenljive zahteve.“

Gornje pravilo ide uz pretpostvaku da je većina koda aplikacije povezana sa zahtevima, tako da kad se zahtevi promene velik deo koda će morati da se prepravlja:

- Moraće da se uradi revizija GUI formi da bi podržala nova polja
- Najčešće će biti i promena nad šemom baze podataka
- Upiti će takođe pretrpeti reviziju da bi podržali novo polje
- Autorizacioni sistem će morati da se promeni da bi podržao novu akciju

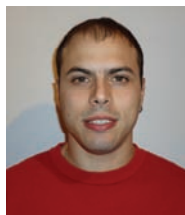
Cela aplikacija mora da pretrpi promene da bi podržala nove zahteve.

Međutim u JMatter-u najveći deo posla se svodi na definisanje domen modela, te je ovo pravilo svedeno na minimum: šema baze podataka proizilazi iz domen modela, kao i korisnički interfejs, autorizacioni sistem, sistem za pretrživanje, itd... Sve se svodi na domen model.

10. LITERATURA

- [1] *Naked objects Pattern*,
http://en.wikipedia.org/wiki/Naked_objects
- [2] Eitan Suez. „*Building Software Applications with JMatter*“, 1st edition. 2009. ISBN: This publication is not yet registered with an ISBN Agency
- [3] *What's the Matter in JMatter*,
<http://onjava.com/pub/a/onjava/2007/08/16/whats-the-matter-with-jmatter.html>
- [4] *JMatter google group*,
<http://groups.google.com/group/jmatter>
- [5] *Why JMatter matters - a wake-up call for programmers*,
http://weblogs.java.net/blog/johnreynolds/archive/2006/06/_why_jmatter_ma_1.html

Kratka biografija:



Ninoslav Žmukić rođen je u Senti 1983. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarskih nauka i informatike, odbranio je 2010.god.



Branko Milosavljević rođen je u Novom Sadu 1973. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2003. godine, a od 2004 je zvanju docenta. Oblast interesovanja su elektronsko poslovanje i upravljanje dokumentima.

PODEŠLJIVI STABILISANI IZVOR JEDNOSMERNE STRUJE

ADJUSTABLE STABILIZED DC CURRENT SOURCE

Dejan Mavrović, Slobodan Milovančev, Dragan Pejić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Konstruisan je laboratorijski izvor jednosmerne struje jačine do 50A. Izvor mora dati konstantnu struju na svom izlazu, bez obzira na snagu potrošača. Sadrži četiri strujna opsega, a vrednost jednosmerne struje mu se zadaje promenljivim otpornikom.

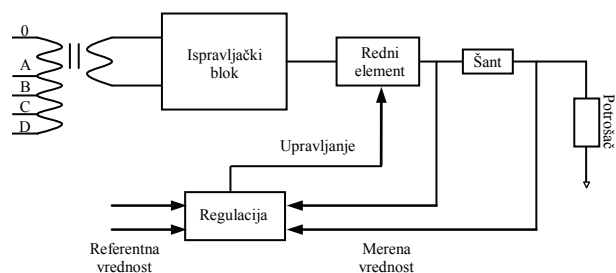
Abstract – A laboratory source of DC current with the value of 50A is constructed. Current source must provide constant current at its output, regardless of the size of the feeder. It consists of four current ranges and the value of DC current is proposed by varistor.

Ključne reči: Grečov ispravljač, Redni element, Šant, Instrumentacioni pojačavač, Operacioni pojačavač, NPN tranzistor, PNP tranzistor

1. UVOD

Laboratorijski izvor velike jednosmerne struje je neophodan pri ispitivanju šantova. Praksa je pokazala da nema smisla praviti ovakav izvor u linearnom režimu za struje veće od nekoliko desetina ampera.

Za veće struje, reda stotine ampera, izvor mora biti realizovan u prekidačkom (čopperskom) režimu. U linearnom režimu se dobija bolja regulacija i manje su smetnje, ali je problem velika disipacija snage. Na slici 1. prikazana je blok šema ovog izvora jednosmerne struje.



Slika 1. Blok šema izvora jednosmerne struje

Sa slike se vidi da izvor sadrži nekoliko celina: transformator, ispravljački deo, redni element, šant i regulacioni blok.

1.1. Transformator

Osnovni deo ovog podešljivog strujnog izvora predstavlja transformator. Transformator je torusnog tipa, jezgro mu je napravljeno od trafo lima tipa M2.

Ima četiri izvoda na primaru i jedan izvod na sekundaru. Nominalni podaci transformatora su $U' = 220V$, $I'' = 50A$, $P_n = 1000W$.

Četiri izvoda na primarnoj strani su konstruisani da bi se njima regulisala struja opterećenja, zavisno od potreba potrošača. Oni su povezani na petopoložajnu grebenastu sklopku. Zavisno od položaja preklopnika sklopke, vrednosti napona na sekundaru transformatora date su u tabeli 1.

Tabela 1. Vrednosti napona u zavisnosti od položaja preklopnika grebenaste sklopke

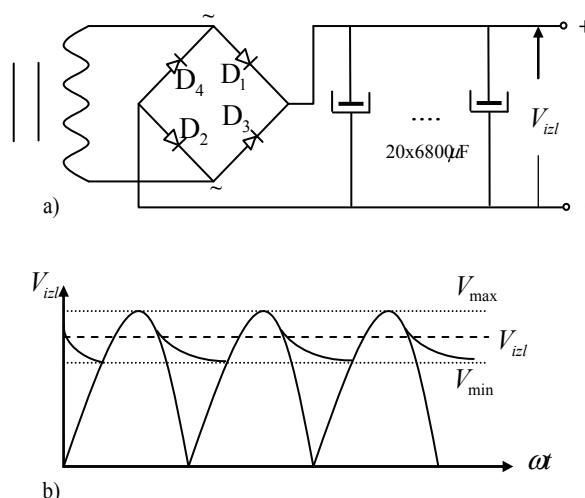
Položaj sklopke	$U'' (V)$
1	6
2	7
3	9
4	12

1.2. Ispravljački blok

Ispravljački deo ovog strujnog izvora se sastoji od Grečovog ispravljača i dvadeset paralelno vezanih elektrolitskih kondenzatora na njegov izlaz.

Ispravljačem se naizmenični napon na sekundaru transformatora ispravi u jednosmerni, a zatim se kondenzatorima maksimalno „pegla“ taj ispravljeni napon. Cilj je da se dobije signal sa što manje talasnosti na ulazu u redni elemenat.

Na slikama 2a) i 2b) dat je prikaz konstrukcije Grečovog ispravljača [1] sa kondenzatorima na izlazu i izgled napona nakon kondenzatora.

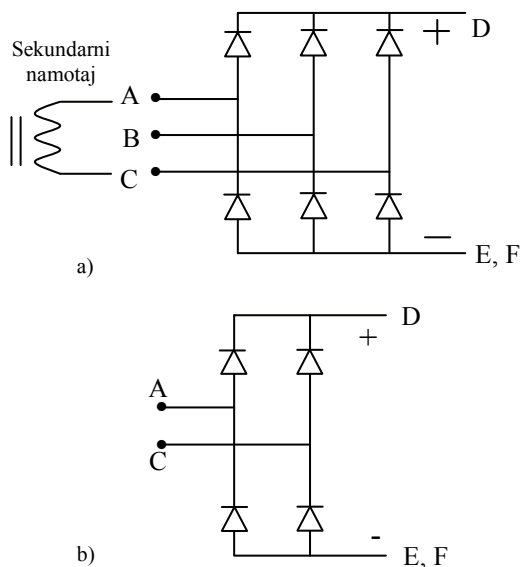


Slika 2. Grečov ispravljač sa kondenzatorima na izlazu a) i talasni oblik napona nakon ispravljanja b)

NAPOMENA:

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

Nabavljen je trofazni Grecov ispravljač umesto monofaznog, pa ga je trebalo prevezati da radi kao monofazni. Prevezivanje ispravljača je prikazano na slikama 3a) i 3b).



Slika 3. Predstavljanje trofaznog Grecovog ispravljača korišćenog u izvoru a) i njegovo prespajanje da radi kao monofazni b)

Grecov ispravljač GR90MT160KB-PBF, predviđen je za struje do 90A i napone do 1600V. Da bi radio kao monofazni, moraju se izabrati dva od tri moguća ulazna kraja. Za ovaj izvor su izabrani A i C, „+“ kraj na izlazu mu je D, a „-“ kraj su mu E i F, koji su već u konstrukciji kratko spojeni. Kako je izvor predviđen za struje do 50A, korišćenje Grecovog ispravljača od 90A daje i značajnu rezervu. Vrednost napona za koji su predviđeni kondenzatori data je izrazom (1).

$$U_{\min} = U'' \cdot \sqrt{2} - 2 \cdot V_{PN} = 12V \cdot \sqrt{2} - 2 \cdot 1 = 14,97V \quad (1)$$

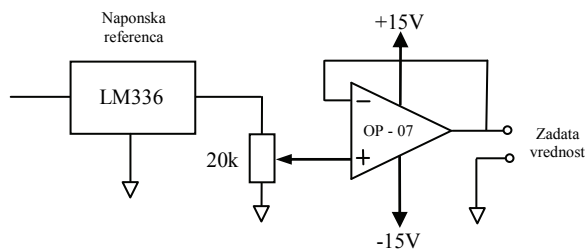
$U_{\min}$ je minimalna vrednost napona za koju moraju biti predviđeni kondenzatori, U'' je napon na sekundaru transformatora, dok je V_{PN} napon PN spoja jedne diode.

U Grecovom spoju istovremeno provode dve diode, zato je u izrazu (1) dvostruka vrednost napona PN spoja. Račun daje napon od 16V. Zbog rezerve su izabrani kondenzatori za napon od 25V i kapacitivnosti 6800 μ F.

1.3. Regulacija

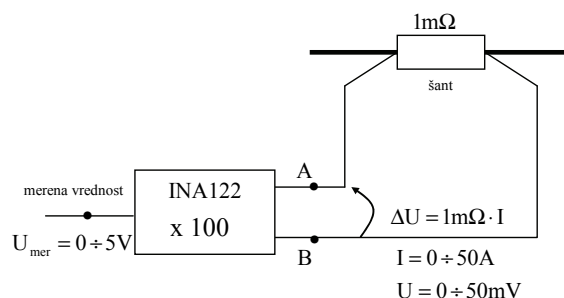
Regulacioni blok predstavlja linearno kolo sa negativnom povratnom spregom. Ima zadatak da poredi merenu vrednost sa referentnom (zadatom), i na osnovu njihove razlike upravlja rednim elementom. Kolo koje obezbeđuje referentnu vrednost prikazano je na slici 4.

LM336 je precizna niskonaponska referenca koja na svom izlazu mora dati stabilnih 5V. Potenciometar 20k je deo kola kojim se definiše napon, a preko njega zadata vrednost struje. Operacioni pojačavač OP-07 radi u baferskom režimu i signal sa ulaza prenosi na svoj izlaz. Taj signal se dovodi na jedan od dva ulaza komparatora koji poredi zadatu sa merenom vrednošću.



Slika 4. Izvor referentnog napona od 5V

Merena vrednost se dobija sa naponskih krajeva šanta. Ovi krajevi se dovode na ulaz instrumentacionog pojačavača INA122 koji množi ovu vrednost sa 100, kao što je prikazano na slici 5.



Slika 5. Blok šema pojačavača napona sa šanta

Merena vrednost se dovodi na drugi ulaz komparatora i data je izrazom (2).

$$U_{\text{mer}} = 100 \cdot (V_A - V_B) \quad (2)$$

Komparator je drugi instrumentacioni pojačavač INA 122 čije pojačanje iznosi 10. Sa ovog instrumentacionog pojačavača signal dolazi na ulaz novog operacionog pojačavača OP-07, koji radi kao integrator i na njegovom izlazu se dobija signal greške.

Na slici 5. podebljanom linijom je prikazano kuda protiče velika struja (u ovom strujnom izvoru do 50A). Vrednost pojačanja G se kod instrumentacionih pojačavača podešava pomoću otpornika R_g vezanog u kolo ovih pojačavača [4]. Pojačanje je dato izrazom (3).

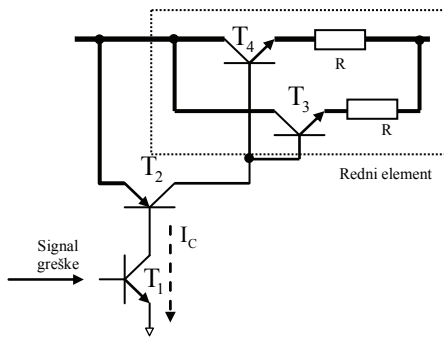
$$G = 5 + \frac{200k\Omega}{R_g} \quad (3)$$

Za izbor linearnog regulatora najvažnija karakteristika je pad napona kroz regulator, koji se definiše kao minimalan pad napona potreban za održavanje regulacije izlaznog napona. Pored toga, značajne su i sledeće karakteristike:

- maksimalna struja opterećenja,
- vrsta izvora ulaznog napona (baterija ili AC napajanje),
- preciznost izlaznog napona (tolerancija),
- struja mirovanja.
- posebne karakteristike (isključenje, zaštita od ulaznog napona obrnutog polariteta itd.)

1.5. Redni element

Na slici 6. prikazan je linearni regulator, gde je tačkasto uokviren deo koji predstavlja redni element



Slika 6. Redni element u sklopu linearnog regulatora

Signal greške sa izlaza komparatora dolazi na bazu tranzistora T_1 . Ovaj tranzistor mora biti NPN tipa da bi proveo, pa struja baze ovog tranzistora pomnožena njegovim pojačanjem daje struju kolektora I_C .

Struja kolektora se odvodi sa baze tranzistora T_2 i zato je on PNP tipa. Kada ovaj tranzistor provede struju sa njegove baze (I_C) pomnožena njegovim pojačanjem daje struju koja se dovodi na baze tranzistora T_3 i T_4 . Ova dva tranzistora su vezana paralelno, NPN tipa su i istih karakteristika, a zadatak im je da zajedno provedu struju opterećenja.

Vrednost struje se od ulaza u regulator, baza tranzistora T_1 , do izlaza tj. struje opterećenja postepeno povećava kroz svaki naredni tranzistor. Zato je na slici 6. različitim debljinama linije ilustrovano kolika struja kuda prolazi. Namena rednog elementa je da se malom strujom baze tranzistora T_1 upravlja strujom opterećenja.

1.6. Šant

Šant u ovom strujnom izvoru je četvorožični otpornik. Kroz strujne krajeve ovog otpornika (slika 5.) protiče struja opterećenja, dok je razlika napona na njegovim naponskim krajevima data izrazom (4).

$$\Delta U = 1\text{m}\Omega \cdot I \quad (4)$$

Za jačinu struje opterećenja od 50A dobija se:

$$\Delta U = 1\text{m}\Omega \cdot I = 1\text{m}\Omega \cdot 50\text{A} = 50\text{mV} \quad (5)$$

pa vrednost merenog napona na izlazu instrumentacionog pojačavača, zbog njegovog pojačanja 100, ima vrednost

$$U_{\text{mer}} = \Delta U \cdot 100 = 50\text{mV} \cdot 100 = 5\text{V} \quad (6)$$

U_{mer} je napon srazmeran merenoj struji.

2. PROBLEMI U RADU IZVORA

Osnovni problem ovog izvora jednosmerne struje jeste disipacija snage, odnosno veliki gubici. Ti gubici se

manifestuju velikim zagrevanjem elemenata i ako nema adekvatnog hlađenja dolazi do njihovog pregrevanja.

2.1. Maksimalna struja

Redni element se ponaša kao „promenljiva otpornost“ kojom komanduje upravljački deo, kako bi se obezbedila zadata struja kroz šant. Maksimalna struja opterećenja sa priključenim potrošačem data je izrazom (7)

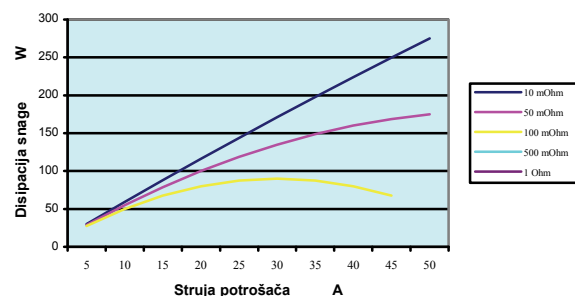
$$I_{\text{max}} = \frac{12\text{V} - \Delta U_{\text{min}}}{1\text{m}\Omega + R_{\text{pot}}} \quad (7)$$

ΔU_{min} je pad napona na rednom elementu. Ako je na izlaz strujnog izvora priključen potrošač od 1Ω , a pad napona na rednom elementu jednak nuli, maksimalna struja kroz izvor je 12A. Gubici snage dati izrazom (8)

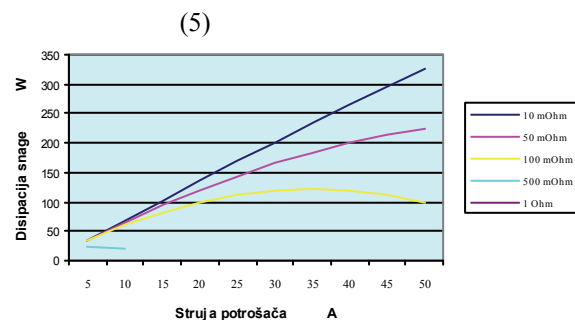
$$P_g = R \cdot I_{\text{opterećenja}} \quad (8)$$

iznose 144W i disipacija snage se javlja na otporniku koji je priključen na izvor. Ako se vrednost potrošača smanji i iznosi na primer $10\text{m}\Omega$, gubici snage na otporniku sada iznose 1,44W.

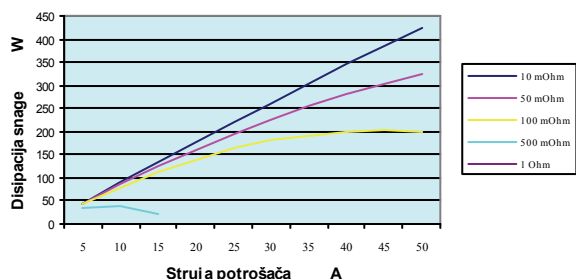
Strujni zvor mora dati na svom izlazu istu vrednost struje bez obzira kolika je vrednost potrošača priključena na izvor. Kako je otpor u drugom slučaju mali, kompletna disipacija snage se sada prenosi na redni element pa se tranzistori pregrevaju i mogu pregoreti. Na slikama 7., 8., 9. i 10. prikazane su zavisnosti disipacije snage od struje opterećenja i položaja grebenaste sklopke (GS).



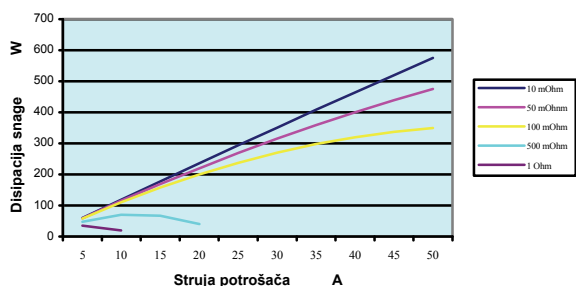
Slika 7. Disipacija snage u zavisnosti od struje potrošača za položaj 1 GS (6V)



Slika 8. Disipacija snage u zavisnosti od struje potrošača za položaj 2 GS (7V)



Slika 9. Disipacija snage u zavisnosti od struje potrošača za položaj 3 GS (9V)



Slika 10. Disipacija snage u zavisnosti od struje za položaj 4 GS (12V)

Na ovim slikama se vidi da u određenom trenutku krive zavisnosti počinju da opadaju. Tačka u kojoj kriva prelazi iz rastuće u opadajuću krivu predstavlja vrednost struje u kojoj je izjednačena disipacija na rednom elementu i potrošaču, za tu vrednost potrošača (prilagođenje po snazi).

2.2. Smanjenje snage disipacije

Gubici u ovom strujnom izvoru se mogu smanjiti na nekoliko načina.

Prva mogućnost urađena je već u konstrukciji transformatora. U tabeli 1. date su vrednosti napona na sekundaru u zavisnosti od položaja preklopnika grebenaste sklopke. Zavisno od toga kakav je potrošač na izlazu izvora, izborom položaja preklopnika se može izabrati i niži napon na sekundaru. Izbor napona na sekundaru ne otklanja u potpunosti problem.

Druga mogućnost smanjenja snage disipacije je da se strujni izvor ne priključuje direktno na gradsku mrežu. Ako se izvor priključi na gradsku mrežu preko autotransformatora može se smanjiti napon na primaru transformatora koji je u sklopu izvora. To opet dovodi do više naponskih opsega na sekundaru ovog transformatora, ali sa nižim vrednostima napona sekundara u odnosu na tabelu 1.

Treća mogućnost je urađena tako da je stavljen indikator koji meri pad napona na rednom elementu. Kada se taj pad napona približi kritičnoj vrednosti, indikator signalizira korisniku ili da smanji struju ili da privremeno isključi izvor.

Kod rednog elementa postoji još jedan problem. On je realizovan sa dva NPN tranzistora, oznake 2N3055 koji su istih karakteristika. Oni su vezani u paralelu i ono što može predstavljati problem u njihovom radu je različito zagrevanje tranzistora.

Oba tranzistora moraju da provode istu struju i da se isto greju. Ako iz nekog razloga, jedan od tranzistora provede 51% struje, a drugi 49%, tranzistor sa većom strujom će se više grejati i sve veću struju propuštati dok ne preuzme kompletnu struju koja treba da se provede kroz redni element.

U takvom radu, tranzistor sa većom strujom će se pregrijati i stradaće, dok će drugi ostati neopterećen. Da se ovo ne bi desilo, u emitorsko kolo oba tranzistora se redno veže otpornik koji sprečava da jedan od tranzistora provede prvi, kao što je i prikazano na slici 6. Različito grejanje tranzistora je sprečeno i tako što se oba tranzistora montiraju na isti hladnjak od aluminijuma koji kao dobar provodnik toplote izjednačava temperature oba tranzistora.

3. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada je bio da se konstruiše izvor velike jednosmerne struje, koji radi u linearnom režimu sa mogućnošću regulacije. Osnovni problem, disipacija snage nije rešen u potpunosti, već je maksimalno ublažen optimizovanjem provodnika i izborom vrednosti napona na sekundaru transformatora.

Talasnost izlazne struje je trebala biti što manja, a to je postignuto stavljanjem elektrolitskih kondenzatora ukupne kapacitivnosti od 0,136F. Kompletно napajanje elektronike od $\pm 12V$ urađeno je interno, nalazi se unutar samog uređaja. U strujnom izvoru postoje termičko, strujno i naponsko ograničenje koja imaju zadatak da spreče nastanak štete prilikom nepravilnog rukovanja.

4. LITERATURA

- [1] Branko L. Dokić, "Energetska elektronika – pretvarači i regulatori", Elektrotehnički fakultet Banjaluka, 2000.
- [2] Vladimir A. Katić, "Energetska elektronika - Zbirka rešenih zadataka", Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu 1998.
- [3] Vojislav Bego, "Mjerenja u elektrotehnici", Tehnička knjiga Zagreb, 1986.
- [4] <http://www.datasheetcatalog.com>

Kratka biografija:



Dejan Mavrović rođen je u Loznici 1979. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetski sistemi, brani u oktobru 2010. godine kod profesora Slobodana Milovančeva



Slobodan Milovančev rođen je u Vršcu 1950. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu 1996. godine. Oblast interesovanja su električna merenja.

Dragan Pejić je rođen u Trnovu 1968. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu 2010. godine. Oblast interesovanja su precizna i tačna električna merenja.

Modeli održavanja elektromotora

S. J. Gušavac, D. M. Bogičević, B. S. Močević

Departman za energetiku, elektroniku i telekomunikacije
Fakultet tehničkih nauka
Novi Sad, Srbija
straki@uns.ac.rs

S. D. Đukić

Sektor za razvoj naučnoistraživačkih kadrova
Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Srbije
Beograd, Srbija

Sadržaj—U radu je prezentovan metod održavanja elektromotora zasnovan na pouzdanosti. Rangiranje elektromotora u svrhu određivanja redosleda izvođenja akcija održavanja prema ovoj metodi zasniva se na dve veličine, i to : oceni stanja i oceni značaja elektromotora. Stanje elektromotora određuje se kombinacijom dostupnih dijagnostičkih tehnika, a značaj elektromotora određuje se finansijskim kvantifikovanjem nastalih šteta kao posledica njegovog mogućeg kvara. U radu su predložena dva načina određivanja štete kao posledica otkaza elektromotora, jedan za nezavisne tehnološke celine (najčešće na osnovu rezultata dobijenih anketom), a drugi koji se primenjuje za međusobno zavisne tehnološke između kojih postoji neki vid akumulacije materijala koji se proizvodi u tehnološkoj celini.

Ključne reči—elektromotor; održavanje zasnovano na pouzdanosti; ocena stanja; ocena značaja.

I. UVOD

Početni koncept održavanja opreme u industriji bilo je korektivno održavanje. Primena periodičnog preventivnog održavanja umesto korektivnog, dovela je do povećanja raspoloživosti opreme. U novije vreme u industriji postoji tendencija prelaska sa periodičnog preventivnog održavanja na tehnike održavanja kojima se predviđa stanje opreme. Izvori mogućeg kvara se detektuju i otklanjaju, čime se sprečavaju ispadi i na taj način ograničavaju moguće posledice. Uvažavanjem značaja pojedinačnog elektromotora pri njihovom održavanju obezbeđuje se optimalan finansijski izbor tehnologija koje se koriste za monitoring stanja. Održavanje kojim se kombinuju stanje i značaj opreme koja se održava zove se održavanje zasnovano na pouzdanosti (Reliability Centered Maintenance - RCM). Održavanje zasnovano na pouzdanosti pomaže u izboru optimalnog pristupa izvođenju odgovarajućeg održavanja na dotičnom elektromotoru u odgovarajuće vreme iz pravih razloga.

II. STRATEGIJE ODRŽAVANJA

Strategijom održavanja se definiše koncept održavanja kojim se optimiziraju : pouzdanost, eksploatacioni troškovi i nivo održavanja. Na Sl. 1 je grafički prikazana klasifikacija strategija održavanja prema tome koje se informacije uzimaju u obzir pri održavanju (stanje i/ili značaj). Stanje i značaj nekog sistema mogu se definisati na različite načine, zavisno od željenog nivoa detaljnosti i raspoloživih podataka. Faktori koji se uobičajeno uvažavaju pri određivanju strategije održavanja elektromotora, pored stanja i značaja, su : istorija rada elektromotora, raspoloživost rezervnih elektromotora,

konstrukcija, karakteristike i veličina motora, dostupnost i troškovi popravke elektromotora, vrsta radnog režima, rezervna oprema i drugi [1].

Korektivno održavanje (CM - corrective maintenance) se sprovodi posle nastanka kvara, i najmanje od svih je zasnovano na planiranju, a često je jedini ispravan pristup za elemente koje nisu od velikog značaja. Za elemente čiji otkaz rezultuje visokim troškovima opravke i velikim gubicima u proizvodnji ovo nije podesna tehnika već treba primeniti tehniku održavanja koja omogućuje da utrošena sredstva u održavanje budu manja od posledica izazvanih otkazom. Za opremu kod koje je nastajanje kvara slučajno, korektivno održavanje je praktično jedina primenjiva tehnika održavanja. Osnovne mane ove tehnike održavanja su visoki troškovi opravke i često potreba za boljom pouzdanošću.

Periodično preventivno održavanje (TBM - Time-based maintenance) podrazumeva periodične intervencije po prethodno utvrđenim datumima, koji su određeni na osnovu unapred usvojenih pretpostavki o stanju sistema i njegovih delova. Ovaj tip održavanja, ekonomski gledano, nije dobro rešenje, jer se intervencije na opremi preduzimaju prerano ili prekasno u odnosu na stvarno stanje elementa.

Pri ovoj tehnici održavanja polazna pretpostavka je da je stanje opreme i potreba za održavanjem u korelaciji sa proteklom vremenom eksploatacije između termina planiranih održavanja. Proizvođači opreme obično daju listu aktivnosti i njihovu učestanost kojom se vrši prevencija kvara opreme, pri čemu je ovaj interval zasnovan na najgorem mogućem scenariju. Ova vrsta održavanja može biti efikasna kada su životni vek i mehanizmi nastanka kvara dobro poznati i konzistentni, a verovatnoća nastajanja ranih kvarova mala.

STANJE	Uzima se u obzir	ODRŽAVANJE BAZIRANO NA STANJU (CBM - Condition-based maintenance) - kontinualan monitoring ili monitoring u jednakim vremenskim intervalima - održavanje ili dodatna ispitivanja po potrebi, u skladu sa rezultatima dijagnostike	ODRŽAVANJE BAZIRANO NA POUZDANOSTI (RCM - Reliability Centered Maintenance) - prioritet održavanja baziran na dobiti baziranoj na poboljšanju pouzdanosti - uzimaju se u obzir posledice kvara - upravljanje rizikom
	Ne uzima se u obzir	KOREKTIVNO ODRŽAVANJE (CM - Corrective Maintenance) Bez inspekcija do nastanka kvara.	ODRŽAVANJE ZASNOVANO NA FIKSNIM VREMENSKIM INTERVAL. (TBM - Time-Based Maintenance) Fiksni vremenski intervali za inspekcije, ispitivanja i održavanje.
		Ne uzima se u obzir	Uzima se u obzir
ZNAČAJ			

Slika 1. Klasifikacija strategija za upravljanje održavanjem

NAPOMENA:

- Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada Danice Bogičević. Mentor je bio prof. dr Ljubomir Gerić.
- Rad je prethodno publikovan na konferenciji INDEL 2010, Banja Luka, novembar 2010.

Periodu održavanja predlažu proizvođači opreme ili su zasnovani na iskustvu iz eksploatacije, a često su bile takve da je učestanost održavanja bila na strani sigurnosti i da mnoge izvedene inspekcije nisu otkrile nikakve značajne simptome mogućeg kvara. Stoga se postavlja pitanje koliko se mogu produžiti vremenski intervali između uzastopnih akcija održavanja, a da se problemi blagovremeno detektuju. Da bi se dobio odgovor na ovo pitanje potrebni su dodatni podaci koji se pribavljaju kroz koncept održavanja zasnovan na stanju i/ili pouzdanosti.

Jedna od mana preventivnog održavanja je i to što kvarovi mogu nastati kao posledica grešaka napravljenih za vreme izvođenja održavanja.

Održavanje zasnovano na stanju (CBM - condition-based maintenance) je takođe preventivna aktivnost, ali je inicirana poznavanjem stanja sistema ili njegovih delova u toku procesa eksploatacije. Izvođenje ovog održavanja se planira prema stepenu dotrajlosti opreme. Prednosti održavanja po stanju su : smanjenje direktnih troškova održavanja, povećanje raspoloživosti opreme, povećanje pouzdanosti opreme, smanjenje zastoja uzrokovanih kvarovima, smanjenje neplaniranih intervencija, smanjenje zaliha rezervnih delova i produženje radnog veka elementa.

Pretpostavke o stanju sistema se formiraju na osnovu: informacija o periodičnosti otkaza delova sistema, preporuka proizvođača delova sistema o periodičnosti zamene, i zahtevima o stanju sistema.

Ovaj model održavanja se još zove i dijagnostičko održavanje, jer se zasniva na dijagnostičkim kontrolama koje mogu biti:

- periodične dijagnostičke kontrole „po konstantnom datumu“,
- dijagnostičke kontrole sa optimizacijom troškova, i
- kontinualne dijagnostičke kontrole parametara.

Održavanje zasnovano na pouzdanosti (RCM - Reliability centered maintenance) je metoda zasnovana na oceni tehničkog stanja opreme koja uzima u obzir i posledice ispada iste. Proces održavanja zasniva se na tri stavke :

- proceni stanja opreme,
- proceni značaja opreme (na osnovu štete koju prouzrokuje odsustvo te opreme iz sistema) i
- kombinovanju dve prethodne procene u cilju određivanja prioriteta održavanja.

III. STANJE ELEKTROMOTORA

Elektromotori su projektovani da rade pod određenim uslovima, a životni vek i njegovo stanje su promenjivi u skladu sa promenama tih uslova. Promene u stanju elektromotora su izazvane različitim radnim naprezanjima. Ključne vrste naprezanja koje utiču na stanje motora su električna, mehanička, termička i naprezanja koja nastaju kao rezultat uslova u kojima radi elektromotor. Prema [2], najveći broj ispada elektromotora su posledica kvara na ležajevima (51%), na namotaju statora (16%) i rotora (5%) te na vratilu i

spojnim elementima (2%). Previsoki naponi i preopterećenja uzrokuju 16% otkaza, a 10% otkaza su posledica delovanja nepoznatih uzroka.

Električna naprezanja (polazne struje i prenaponi) primarno deluju na delove elektromotora kroz koje protiče struja. Stoga, za očekivati je da problemi nastaju, pre svega, na statoru i rotoru. Ipak i mehanički delovi elektromotora mogu biti oštećeni, kao posledica delovanja električnih naprezanja (protok struje po vratilu elektromotora).

U mehanička naprezanja spadaju vibracije, asimetričnost mehaničkih delova elektromotora u odnosu na vazdušni zazor i polazne struje elektromotora. Vibracije nastaju kao rezultat električnih ili mehaničkih problema (asimetričnost, oštećeni ležajevi i slično), a sami dovode pre svega do oštećenja ležajeva. Polazne struje generišu magnetno polje koje mehanički napreže namotaje statora.

Termička naprezanja posledica su toplote koja se oslobađa pri proticanju struje kroz namotaje statora i rotora, te trenja koje nastaje na ležajevima. Povišene temperature nastaju kao rezultat električnih ili mehaničkih uzročnika (na primer nesimetričnost napona, preopterećenje, zaprljanost namotaja).

U naprezanja koja nastaju kao rezultat uslova u kojima elektromotor radi uvrštavaju se korozija, vlaga i prljavštine.

U dodatne uzroke otkaza elektromotora spadaju neadekvatno podmazivanje, oštećenja nastala u toku izrade ili održavanja, nepravilno korišćenje elektromotora, starost, loše hlađenje i slično.

Izbor elektromotora koji će biti uključeni u program praćenja stanja uobičajeno se bazira na kombinaciji više faktora. Osnovni faktor koji treba da se uvaži jeste uticaj elektromotora na bezbedan rad i proizvodnju. Takođe ukoliko su opravka ili zamena (korektivno održavanje) elektromotora skupi, isto treba uzeti u obzir pri izboru. Dodatno se mogu uvažiti i istorija održavanja elektromotora, starost, kao i uslovi u kojima elektromotor radi [4].

Izbor dijagnostičkih tehnika koje će se koristiti zavisi od [3]: tipa elektromotora, vrste industrije, preovlađujućih uzroka ispada, sredstava sa kojima se raspolaže, stručnosti onih koji se bave održavanjem elektromotora i slično. Sledeća ispitivanja elektromotora se koriste od strane velikog broja organizacija koje se bave održavanjem elektromotora [1] : merenje napona napajanja, struje i brzine obrtanja, merenje temperature ležajeva i namotaja, merenje otpornosti izolacije i indeksa polarizacije, analiza struje, ispitivanje jednosmernim naponom, praćenje vibracija, termografija, analize maziva, merenje otpornosti i induktivnosti namotaja i merenje parcijalnih pražnjenja.

Većina gore navedenih ispitivanja se izvode off-line, odnosno, zahteva se da komponenta koja se testira ne radi da bi se izvelo testiranje. Izuzetak predstavljaju praćenje vibracija, termografija i analiza maziva. Korišćenjem on-line dijagnostičkih metoda utvrđivanja stanja elektromotora ne utiče se na njegovu raspoloživost i raspoloživost tehnološke celine kojoj pripada, a rezultati su realniji i pouzdaniji, jer se ispitivanja vrše dok motor radi. Korišćenjem on-line

dijagnostičkih tehnika postiže se veća verovatnoća otkrivanja problema pre nego dođe do ispada elektromotora [3].

Termografija ili inspekcija infracrvenom kamerom je relativno nov alat koji se koristi kad god razlike u temperaturi mogu dati kvalitetnu informaciju o stanju elektromotora. Ovaj alat se koristi za identifikaciju i električnih i mehaničkih problema elektromotora. Temperaturni profil može obezbediti dobro indikaciju stanja mnogih komponenti elektromotora, kao i samog elektromotora kao celine. Koristi se nekoliko metoda detekcije nedozvoljenog stanja komponenti elektromotora, a uobičajeni metod je komparativna termografija. Poređenjem temperaturnog profila sa temperaturnim profilom ispravne komponente mogu se izvesti zaključci o težini problema, odnosno o verovatnoći fizičkog oštećenja komponenti i hitnosti preduzimanja odgovarajućih akcija [4].

Analiza maziva je korisna za otkrivanje prekomernog habanja ležajeva. Analizom uzorka maziva može se dobiti kvalitetna informacija o stanju elektromotora. Ključan momenat je određivanje vrednosti : viskoznosti, nivoa pucketanja, oksidacije, prisustva čestica metala, vlage, nitrata, sulfata, čađi i slično. Za svaki od parametara definišu se granične vrednosti istih kojima se određuje pripadnost maziva i komponenti određenom stanju, te potreba za preduzimanjem odgovarajućih akcija održavanja [5].

Pri merenju i analizi struje elektromotora u svrhu ocene njegova stanja uobičajeno se koristi odnos amplitude struje na frekvencijama različitim od osnovne i amplitude struje na osnovnoj frekvenciji [4].

Merenje vibracija predstavlja univerzalan alat prediktivnog održavanja, koji se može koristiti za praćenje stanja i uvid u hitnost preduzimanja akcija na otklanjanju poremećaja. Obično se koristi za dijagnozu stanja motora sa mehaničkog aspekta, ali je vrlo koristan i za otkrivanje električnih kvarova, poput polomljenih provodnika namotaja rotora. Zbog svega navedenog, u nastavku će biti više reči o ovoj dijagnostičkoj tehnici, a na bazi nje će se dati i primer određivanja ocene stanja elektromotora na bazi izmerene vrednosti efektivne brzine vibracija. Efektivna brzina vibracija je brzina kojom se na mestu merenja kreće električna mašina oko položaja mirovanja, a meri se obično u mm/s. Ova veličina kombinuje intenzitet (amplitudu) i učestanost vibracija.

Za vreme rada električne mašine zbog nepotpuno izbalansiranih delova i delovanja elektromagnetnih sila nastaju vibracije onih delova električne mašine koji se ne obrću. Mehanička naprezanja tih delova, te spojnih elemenata i temelja, uzrokovana vibracijama, ne smeju preći dopuštene granice i uticati na kvalitet rada radnih mašina.

Za ocenu stanja elektromotora merenjem vrednosti efektivne brzine vibracija uobičajeno se koriste dijagrami kojima se opisuje zavisnost stanja elektromotora od vrednosti te veličine (Sl. 2). Pored toga, dodatno se vrše i analize signala korišćenjem Brze Furijeove transformacije ("Fast Fourier Transform"), te na taj način otkrivaju mogući uzročnici takvog stanja [4].

Granične vrednosti vibracija elektromotora visina vratila od 80 -315 mm (za snage do 200 kW) određeni su na primer standardom DIN 45 665. U skladu sa ovim standardom,

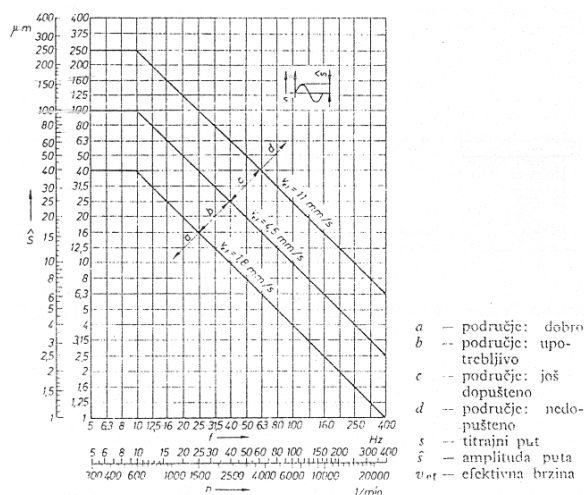
električne mašine se projektuju tako da odgovaraju jednom od tri nivoa vibracija : normalni nivo redukovani nivo i S specijalni nivo vibracija.

Za svaki od tri gore navedena stepena definišu se granične vrednosti efektivne brzine vibracija na osnovu kojih se stanje električne mašine može svrstati u dopušteno ili nedopušteno.

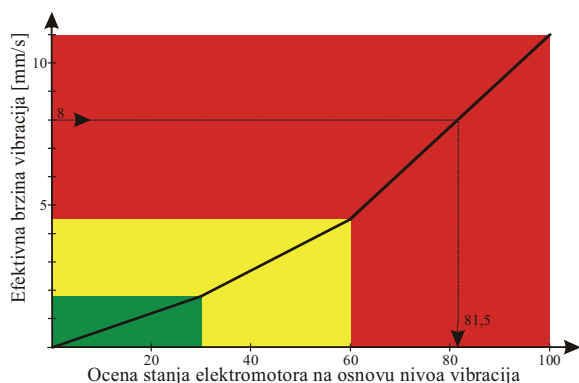
Pri oceni nivoa vibracija električnih mašina većih snaga mogu se na primer koristiti preporuke VDE 2056. Te preporuke sadrže krive koje razgraničavaju četiri područja vibracija, odnosno stanja električne mašine, i to : dobro, upotrebljivo, još dopušteno, i nedopušteno. Za velike mašine s rotirajućim masama, postavljene na visokopodešene krute ili teške temelje, kao preporuka koriste se krive za mašine grupe G (vidi Sl. 2). Za veće pogonske i nepouzdanog rada rotirajućim masama, postavljene na niskopodešene temelje koriste se krive za grupu mašina T.

U ovom delu rada kao primer daće se ocena stanja elektromotora na bazi izmerene vrednosti efektivne brzine vibracija, u skladu sa Sl. 2. Sa slike se mogu uočiti tri karakteristične vrednosti vibracija, i to : 0; 1,8; 4,5 i 11 mm/s. Za vrednost ocene stanja usvojen je interval [0, 100]. U ovom primeru izabran je princip preslikavanja vrednosti vibracija na ocenu stanja u skladu sa Sl. 3, pri čemu su za granične vrednosti pouzdanog, pogoršanog i nepouzdanog rada elektromotora usvojene vrednosti ocene stanja 30 i 60. Pri određivanju ocene stanja usvojeni su sledeći principi :

- Stanje pouzdanog rada karakterisano je numeričkom ocenom u intervalu [0, 30) i ono ukazuje na zadovoljavajuću vrednost razmatranog pokazatelja stanja.
- Stanje pogoršanog rada karakterisano je numeričkom ocenom u intervalu [30, 60) i ono ukazuje na započet proces pogoršavanja razmatranog pokazatelja stanja.
- Stanje nepouzdanog rada karakterisano je numeričkom ocenom u intervalu [60, 100] i ono ukazuje na nezadovoljavajuću vrednost razmatranog pokazatelja stanja.



Slika 2. Oцена vrednosti vibracija prema preporuci VDE 2056 za mašine grupe G



Slika 3. Funkcija preslikavanja izmernih vrednosti vibracija na usvojeni interval ocena stanja

Obzirom da dijagnostičke metode služe za otkrivanje različitih simptoma otkaza, uobičajeno se u svrhu pouzdanog određivanja stanja elektromotora koriste dve ili više dijagnostičkih metoda [5]. Ukoliko se koristi više dijagnostičkih metoda, u svrhu određivanja jedinstvene ocene stanja elektromotora, rezultate istih je neophodno nekim od matematičkih aparata objediniti. Kao najpogodniji načini za generisanje jedinstvene ocene stanja elektromotora nameću se: korišćenje težinskih koeficijenata i korišćenje fazi sistema za zaključivanje.

Prema prvom načinu za svaku od dostupnih dijagnostičkih metoda određuje se parcijalna ocena stanja elektromotora. Nakon merenja i analize proračunava se vrednost odgovarajućeg parametra kojim se može opisati stanje elektromotora korišćenjem rezultata date dijagnostičke metode (na primer : efektivne brzine vibracija ili faktora harmonijskog izobličenja struje elektromotora). Parcijalna ocena stanja elektromotora se dobija tako što se vrednost parametra tog elektromotora deli sa vrednošću parametra elektromotora sa najvećom vrednosti istog i množi sa 100. Na taj način se za svaki od elektromotora dobija parcijalna ocena sa vrednostima od 0 do 100. Svaka od parcijalnih ocena učestvuje u ukupnoj oceni u skladu sa značajem te ocene (značajem dijagnostičke metode za određivanje stanja elektromotora) koji se iskazuje preko težinskog koeficijenata, pri čemu je zbir istih jednak 1. Sumiranjem proizvoda parcijalnih ocena stanja i težinskih koeficijenata za svaki od elektromotora dobija se preliminarna vrednost ocene njegovog stanja. Na kraju se vrši normalizacija preliminarnih ocena stanja na opseg od 0 do 100 tako da onaj elektromotor koji je imao najvišu preliminarnu ocenu stanja dobija konačnu ocenu stanja jednaku 100.

Prema drugom načinu za svaku od dostupnih dijagnostičkih metoda definišu se oblici funkcija pripadnosti pojedinim stanjima (na primer odličnom, dobrom, lošem i vrlo lošem stanju). Nakon toga definišu se funkcije pripadnosti stanju izlaza. Svaka funkcija pripadnosti stanju izlaza odgovara jednoj kombinaciji stanja elektromotora svake od dijagnostičkih metoda. Vrednost izlaza (konačne ocene stanja elektromotora) može biti između 0 i 100, pri čemu se pravila za kombinovanje stanja ulaza mogu zasnivati na sledećem :

- vrednost ocene stanja je u intervalu $[0, 30)$ ako stanje elektromotora ni prema jednoj od korišćenih dijagnostičkih metoda nije pogoršano,
- vrednost u intervalu $[30, 60)$ ako je stanje elektromotora bar prema jednoj od korišćenih dijagnostičkih metoda pogoršano, ali ne i nepouzdan (postoji potreba za pojačanim održavanjem), i
- vrednost u intervalu $[60, 100]$, ako je stanje elektromotora bar prema jednoj od korišćenih dijagnostičkih metodologija nepouzdan, odnosno kritično (pri ovakvim stanjima preporučuje se da se razmotre potrebe za proaktivnim akcijama održavanja odnosno akcijama kojima se značajno popravlja zatečeno stanje).

IV. ZNAČAJ ELEKTROMOTORA

Ocena značaja elektromotora može se na primer zasnivati na štetama koju uzrokuje ispad tehnološke celine kojoj pripada. Šteta usled otkaza neke tehnološke celine u industrijskom procesu može se svrstati u dve grupe, i to: direktne i indirektne štete.

Direktna šteta predstavlja novčane izdatke zbog razgradnje tehnološkog procesa, pogoršanja tehničko-ekonomskih parametara procesa proizvodnje, kvara (propale) sirovine i materijala, skraćenja veka trajanja opreme i uređaja, te novčane izdatke na uspostavljanju tehnološkog procesa do nominalnog režima nakon otklanjanja kvara.

Indirektna šteta predstavlja smanjenje dobiti usled neproizvođenja tehnološke celine za vreme otkaza do trenutka početka normalne proizvodnje.

U nastavku su razmotrena dva načina određivanja štete usled ispada tehnološke celine, i to :

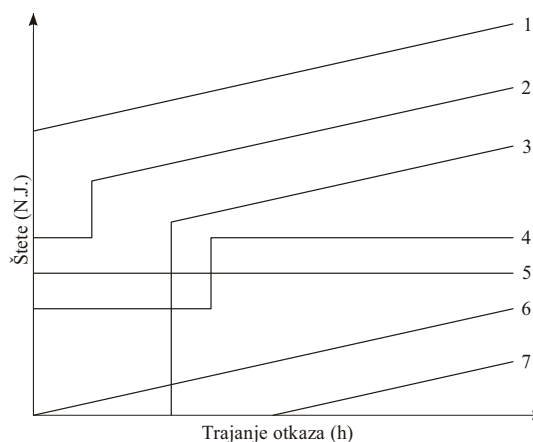
- prvi za nezavisne tehnološke celine na osnovu rezultata dobijenih anketom, i
- drugi za zavisne tehnološke celine primenom metoda simulacije.

A. Određivanje štete usled ispada nezavisne tehnološke celine na osnovu rezultata dobijenih anketom

U velikom broju referenci [6] vršena je analiza šteta za razne vrste industrija i za razna vremena trajanja ispada na osnovu popunjavanja upitnika od strane eksperata. Rezultati ovih anketa se često dele u nekoliko osnovnih grupa u skladu sa tipovima potrošača i svode na jedinične vrednosti. Osnovni pokazatelji koji se iz njih izvode su štete po jedinici energije, snage ili vremena. Karakteristični oblici funkcija šteta ($i=1, 2, 3, \dots, 7$) za pojedine vrste industrije odnosno za pojedine vrste tehnoloških linija u industriji su prikazane na Sl. 4. Na osnovu izgleda funkcija prikazanih na Sl. 4 može se zaključiti da pri ispadu određene tehnološke celine šteta :

- ne zavisi od trajanja ispada,
- linearno raste sa trajanjem ispada,
- diskretno menja vrednost u određenim vremenskim trenucima u toku trajanja ispada,

- nastaje usled samog ispada tehnološke celine,
- ne nastaje usled samog ispada tehnološke celine,
- ne nastaje ukoliko je trajanje otkaza kraće od određene vrednosti.



Slika 4. Neki od oblika funkcija šteta usled ispada pojedinih tipova industrija (tehnoloških celina)

B. Određivanje štete usled ispada zavisne tehnološke celine primenom metode simulacije

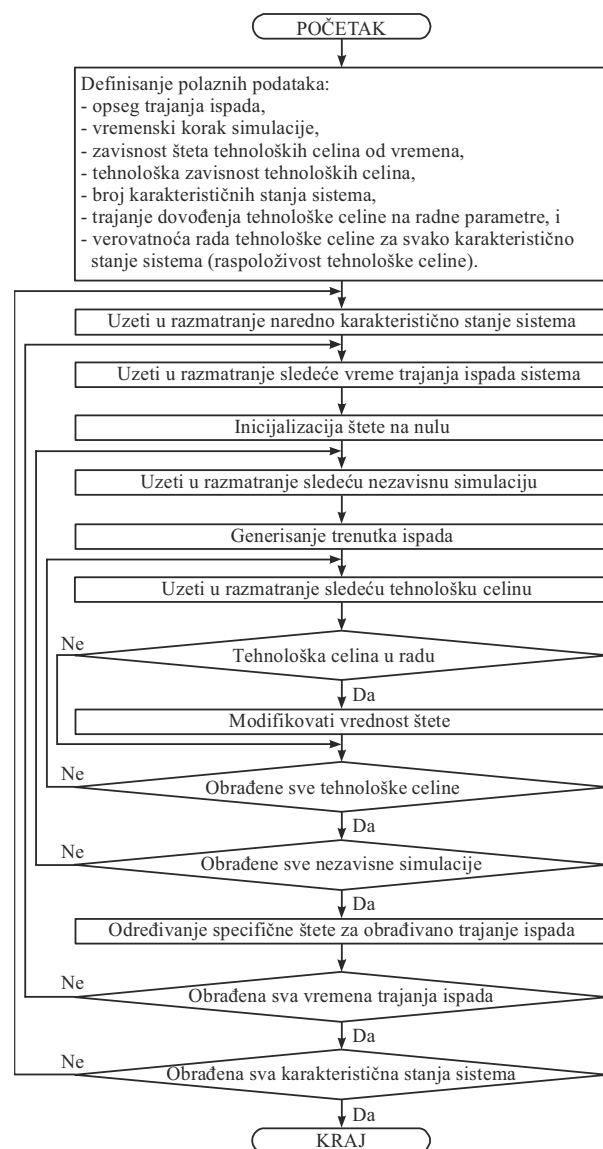
Kod složenih industrijskih procesa pri određivanju šteta treba uvažiti međusobnu zavisnost između pojedinih tehnoloških celina, kao i verovatnoću rada svake tehnološke celine. U nastavku je za određivanje štete usled ispada tehnološke celine predložena metoda simulacije karakterističnih stanja tehnološkog procesa. Predložena metoda se može primeniti za ocenu šteta usled otkaza bilo kog industrijskog potrošača ili grupe industrijskih potrošača.

Zbog neizvesnosti u pogledu raspoloživosti pojedinih tehnoloških celina, koje su u tehnološkom smislu međusobno povezane sa drugim tehnološkim celinama, za vrednovanje šteta usled ispada određene tehnološke celine korišćena je pseudo-statistička simulacija rada. Ove vrste simulacija se baziraju na Monte Karlo proceduri, koja se sastoji od relativno velikog broja proračuna koji se ponavljaju u okviru međusobno nezavisnih simulacija. Primenjeni algoritam za određivanje ukupnih šteta (ili razdvojeno prikazanih direktnih i indirektnih šteta) prikazan je na Sl. 5. Ovim algoritmom mogu se odrediti i štete po jedinici ispale snage, energije ili vremena.

Prvi korak predloženog algoritma (Sl. 5) je određivanje polaznih podataka i to :

- vremenskog opsega razmatranih trajanja ispada,
- vremenskog koraka simulacije,
- zavisnosti štete pojedinih tehnoloških celina od vremena,
- međusobne tehnološke zavisnosti pojedinih tehnoloških celina,

- broja karakterističnih stanja sistema (karakteristični radni režimi za koje se međusobno značajno razlikuju verovatnoće rada, na primer to može biti noćni i dnevni režim rada),
- trajanja dovođenja funkcionalne celine na nominalne radne parametere, i
- verovatnoća rada (raspoloživosti) funkcionalne celine za svako karakteristično stanje sistema.



Slika 5. Algoritam za određivanje štete usled ispada tehnološke celine na bazi Monte Karlo simulacione procedure

U narednim koracima procedure proračuna razmatra se svako karakteristično stanje sistema, u vremenskom opsegu za koje se vrši simulacija.

Industrijski potrošač predstavlja jednu složenu tehnološku celinu koja može da se nađe u nizu karakterističnih stanja u

zavisnosti od opterećenosti ili doba dana. Simulaciona procedura započinje generisanjem slučajnog trenutka ispada u okviru karakterističnog stanja sistema. Slučajno stanje sistema u tom trenutku dobija se tako što se za tehnološke celine za koje je to moguće vrši nezavisno razmatranje. Stanje funkcionalne celine određuje se na bazi tehnike proporcionalnog dodeljivanja vrednosti, koja se sastoji u dodeljivanju vrednosti slučajnog broja različitim slučajne promenljive u direktnoj proporciji sa verovatnoćom rada funkcionalne celine.

Za svaku tehnološku celinu određuje se verovatnoća da se nalazi u stanju proizvodnje na bazi analize vremena koje ona provede u tom stanju za određeni vremenski period. Ako se na primer tehnološka celina sa verovatnoćom p_1 nalazi u stanju proizvodnje i verovatnoćom $(1-p_1)$ u stanju neproizvodnje (bilo zbog kvara, bilo zbog toga što u određenim situacijama njen rad nije nužan) tada se za generisani slučajni broj u opsegu $[0, p_1]$ uzima da je tehnološka celina u stanju proizvodnje, odnosno u stanju neproizvodnje kada je generisani slučajni broj u opsegu $[p_1, 1]$.

Ako u tehnološkom procesu postoji akumulacija materijala ona značajno može da smanji posledice ispada tehnološke celine koja proizvodi materijal koji se u njoj skladišti. Zbog toga je potrebno adekvatno uvažiti i postojanje akumulacije materijala u tehnološkom procesu.

Stanje akumulacije materijala određuje se pretpostavljajući određenu vrstu statističke raspodele. Generisanjem slučajnog broja određuje se stanje akumulacije u trenutku u kome dolazi do ispada tehnološke celine koja materijalom puni tu akumulaciju. Izabrani opseg akumulacije u kome se vrši generisanje slučajnog nivoa popunjenosti zavisi od načina korišćenja akumulacije i tehnološke "politike" rada tehnološke celine koja materijalom puni razmatranu akumulaciju.

Neka se posmatra akumulacija sirovine određenog kapaciteta (npr. 80 t). Pod pretpostavkom da tehnološka celina koja materijalom puni akumulaciju sa radom započinje kada je nivo popunjenosti akumulacije jednak p_2 r.j. (npr. 0,6) njenog kapaciteta, i da se po popunjavanju akumulacije ta tehnološka celina zaustavlja, pri ispada razmatrane tehnološke celine stanje akumulacije može imati vrednosti iz opsega $[p_2, 1]$ r.j. njenog kapaciteta.

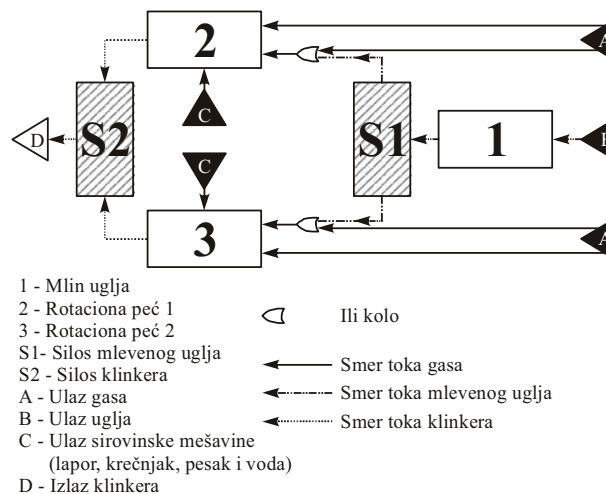
Generisanjem slučajnog broja određuje se stanje akumulacije u trenutku otkaza tehnološke celine. Ako su sva stanja u opsegu $[p_2, 1]$ jednako verovatna, tada se generisanjem slučajnog broja p_3 (npr. 0,5) dobija slučajno stanje akumulacije u trenutku otkaza. Nivo popunjenosti akumulacije u trenutku otkaza će biti jednak $p_2 + p_3 \cdot (1 - p_2)$ (za razmatrane vrednosti $0,6 + 0,5 \cdot (1 - 0,6) = 0,8$ r.j. odnosno 64 t) njenog kapaciteta. Na ovaj način je određeno slučajno stanje akumulacije za posmatrani trenutak ispada tehnološke celine.

Izloženi algoritam će se primeniti na jedan karakteristični slučaj, i to : otkaz jedne tehnološke celine (mlin za ugalj, instalisane snage motora 310 kW) koja svoju proizvodnju smešta u akumulaciju sirovine. Ova tehnološka celina je tehnološki povezana sa drugim tehnološkim celinama (dve peći za proizvodnju klinkera). Tehnološka zavisnost razmatranih tehnoloških celina prikazana je na Sl. 6.

Namena mlina uglja (oznaka 1 na Sl. 6) je mlevenje uglja koji snabdeva skladište uglja (oznaka S1 na Sl. 6). Odatle se mleveni ugalj transportuje u ložišta dve peći (oznake 2 i 3 na Sl. 6), koje proizvode klinker.

Rotacione peći za proizvodnju klinkera u ovom tehnološkom procesu su projektovane tako da mogu, za svoje zagrevanje, alternativno da koriste ugalj, ali i kombinaciju uglja i gasa radi smanjenja troškova eksploatacije. Rotacione peći troše svaka po $3\ 600 - 3\ 800\ \text{m}^3/\text{h}$ gasa pri čemu proizvode po 21 - 23 tone klinkera na sat. Ako se zajedno sa gasom troši i ugalj tada se potrošnja gasa može smanjiti na $2\ 100 - 2\ 500\ \text{m}^3/\text{h}$ dok se za preostali deo troši ugalj. Pri tome se približno $1\ 000\ \text{m}^3$ gasa može zameniti sa oko 1,3 tone uglja. Uzimajući u obzir cene gasa i uglja¹ dobijaju se funkcije specifičnih šteta od vremena. Šteta koja nastaje ne zavisi samo od trajanja otkaza već i od stanja akumulacije uglja te koja je od rotacionih peći za proizvodnju klinkera u pogonu. Ako je akumulacija uglja puna, i ako se otkaz mlina uglja otkloni za manje od 18 sati, štete usled ispada mlina uglja sigurno neće biti. Kod zastoja sa dužim trajanjem specifična šteta ima konstantnu vrednost.

Izgled funkcije štete po jedinici vremena u zavisnosti od vremena trajanja otkaza mlina uglja prikazan je na Sl. 7. Funkcija šteta sa Sl. 7 odgovara situaciji kada do prekida rada mlina uglja dođe pri punoj akumulaciji uglja i ako su u radu obe rotacione peći. Što je akumulacija uglja praznija u trenutku otkaza mlina uglja to se i funkcija štete po jedinici vremena više pomera u levo.

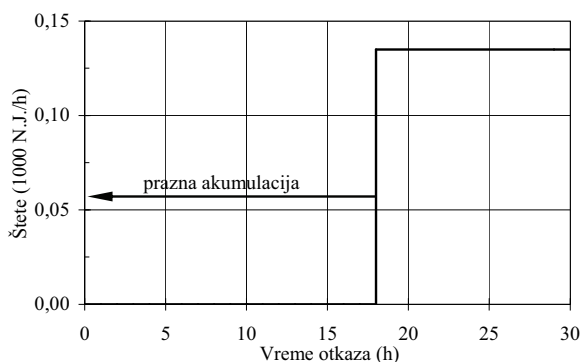


Slika 6. Tehnološka zavisnost mlina uglja i rotacionih peći za proizvodnju klinkera u industriji cementa

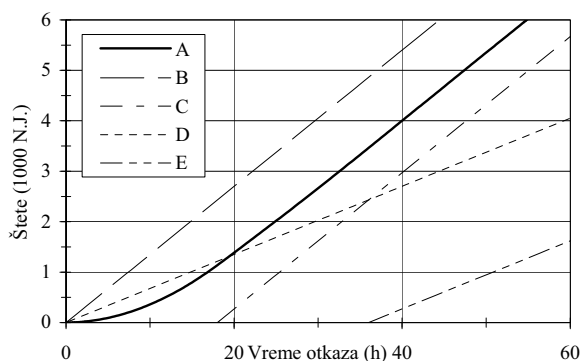
Šteta koja nastaje zavisi od toga koje tehnološke celine su u pogonu. Moguća stanja su :

- rade obe rotacione peći i mlin uglja,
- radi jedna rotaciona peć i mlin uglja, i
- ne radi ni jedna rotaciona peć, a mlin uglja radi.

¹ Cene gasa i uglja usvojene su iz [7], te su merodavne za godinu u kojoj je dotična referenca objavljena.



Slika 7. Izled funkcije štete po jedinici vremena ako do ispada mlina uglja dođe pri punoj akumulaciji uglja i ako su u pogonu obe rotacione peći



Slika 8. Zavisnost ukupnih šteta od vremena trajanja ispada mlina uglja

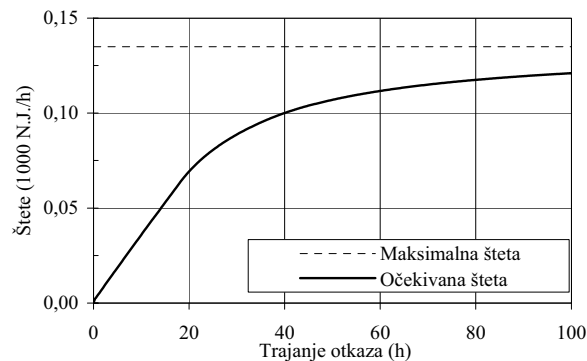
Svako od ovih stanja ima svoju verovatnoću događanja, a ako se uvaži i neizvesnost veličine akumulacije uglja u trenutku ispada, neizvesno je kolika će šteta nastati pri otkazu mlina uglja.

U nastavku je primenom Monte Karlo simulacione procedure određena očekivana vrednost štete pri ispadu mlina uglja, pod pretpostavkom da su sva stanja akumulacije između 0 i 80 t jednako verovatna (uniformna raspodela na intervalu 0-80) i da su verovatnoće rada rotacionih peći 0,9 (Bernulijeva raspodela sa parametrom $p=0,9$). Zavisnost ukupne očekivane štete od vremena trajanja ispada prikazana je linijom A na Sl. 8. Pored funkcije očekivanih vrednosti štete na Sl. 8 su prikazane i funkcije štete od trajanja ispada za sledeće slučaje:

- obe rotacione peći rade, a u trenutku otkaza mlina uglja akumulacija je prazna (linija B),
- obe rotacione peći rade, a u trenutku otkaza mlina uglja akumulacija je puna (linija C),
- jedna rotaciona peći radi, a u trenutku otkaza mlina uglja akumulacija je prazna (linija D) i
- jedna rotaciona peći radi, a u trenutku otkaza mlina uglja akumulacija je puna (linija E).

Što su vrednosti mogućih stanja akumulacije veće i što su verovatnoće rada rotacionih peći manje to će funkcija očekivanih vrednosti štete imati manje vrednosti.

Na Sl. 8 prikazana je zavisnost štete po jedinici vremena od dužine trajanja otkaza mlina uglja. Isprekidanom linijom naznačena je funkcija maksimalne moguće štete po jedinici vremena (ako rade obe rotacione peći a akumulacija uglja je prazna u trenutku nastanka otkaza mlina uglja), a punom linijom funkcija očekivane vrednosti štete po jedinici vremena.



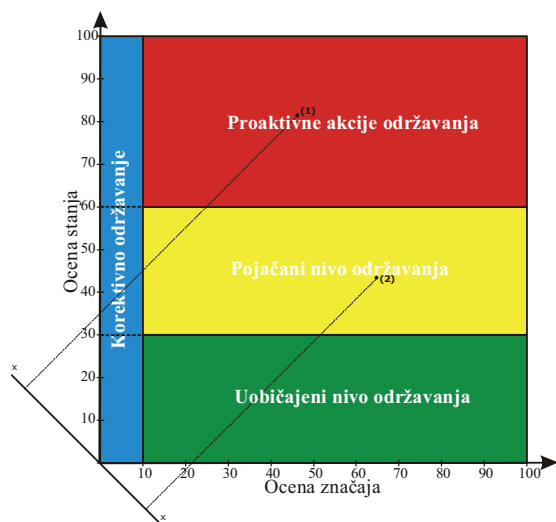
Slika 9. Zavisnost vrednosti šteta po jedinici vremena o dužini trajanja otkaza mlina uglja

V. OBJEDINJAVANJE OCENA STANJA I ZNAČAJA U SVRHU ODREĐIVANJA REDOSLEDA AKCIJA ODRŽAVANJA

Rangiranje elektromotora u svrhu redosleda njihovog održavanja po metodi zasnovanoj na pouzdanosti ilustrovana je Sl. 10. Na ovoj slici ordinata predstavlja ocenu stanja, a apscisa ocenu značaja elektromotora. Normalna rastojanja pojedinih tačaka određenih ocenom značaja i stanja u odnosu na osu x (koja je pod nagibom od 45° u odnosu na apscisu i ordinatu) određuje prioritet održavanja. Veća dužina ukazuje da je dotični elektromotor prioriterniji sa aspekta preduzimanja akcija održavanja u odnosu na elektromotore za koje je ova dužina manja. Ordinatatama u intervalu $[0, 30]$ definisana je oblast kojoj pripadaju elektromotori za koje ne treba preduzimati nikakve dodatne akcije održavanja. Intervalom $[30, 60]$ definisana je oblast kojoj pripadaju elektromotori za koje je potrebno preduzeti intenzivnije akcije održavanja (detajne dijagnostike i razmatranje potrebe izvođenja preventivnih opravki), a intervalom $[60, 100]$ oblast kojoj pripadaju elektromotori za koje je potrebno preduzeti proaktivne akcije održavanja (zamena nekih komponenti ili kompletnog elektromotora). Intervalom $[0, 10]$ apscise definisana je oblast kojoj pripadaju elektromotori malog značaja za koje je korektivno održavanje praktično jedini ispravan pristup održavanja sa aspekta troškova.

Kao ilustracija predložene metodologije na Sl. 10 označene su dve tačke određene ocenama stanja i značaja dva elektromotora. Tačka (1) odgovara elektromotoru mlina uglja za koji je pretpostavljena vrednost efektivne brzine vibracija 8 mm/s, za koju se dobija ocena stanja jednaka 81,5 (u skladu sa Sl. 3). Značaj tog elektromotora je određen proračunom očekivane vrednosti šteta, koja je funkcija tehnološke celine kojoj elektromotor pripada i očekivanog vremena neraspoloživosti tehnološke celine. Obzirom da je predloženim algoritmom za očekivanu vrednost štete

razmatranog elektromotora dobijena vrednost od 3 400 N.J., a očekivana vrednost štete najznačajnijeg elektromotora u toj industriji iznosi 7500 N.J., za ocenu značaja elektromotora mlina uglja dobija se vrednost 45,3 (vrednost ocene značaja elektromotora dobija se tako što se vrednost štete za razmatrani elektromotor deli sa vrednošću štete za elektromotor sa najvećom vrednosti štete i množi sa 100). Za drugi razmatrani elektromotor (tačka (2) na Sl. 10) za ocenu stanja i značaja dobijene su vrednosti 44,1 i 64,5. Obzirom da je normalno rastojanje tačke (1) od ose x veće od normalnog rastojanja tačke (2) elektromotor mlina uglja ima veći prioritet održavanja u odnosu na elektromotor koji odgovara tački (2).



Slika 10. Rangiranje elektromotora u svrhu njihovog održavanja po metodi zasnovanoj na pouzdanosti

VI. ZAKLJUČAK

U radu je predložen metod primene održavanja zasnovanog na pouzdanosti na elektromotore. Rangiranje elektromotora u svrhu određivanja strategije izvođenja akcija održavanja prema ovoj metodi zasniva se na dve veličine, i to : oceni stanja i oceni značaja elektromotora. U radu je predložen način određivanja stanja elektromotora kombinovanjem rezultata dostupnih dijagnostičkih tehnologija. Za određivanje konačne ocene stanja elektromotora predloženo je korišćenje težinskih koeficijenata ili fazi sistema za zaključivanje. Ocena značaja elektromotora određuje se kvantifikacijom uticaja ispada tehnološke celine kojoj elektromotor pripada, usled otkaza istog, na nastale štete. U radu su predložena dva načina određivanja štete, jedan za nezavisne tehnološke celine na osnovu rezultata dobijenih

anketom, a drugi za zavisne tehnološke celine primenom metode simulacije. Za određivanje štete usled ispada tehnološke celine primenom metode simulacije predloženi algoritam uvažava različita moguća stanja sistema, postojanje akumulacija u sistemu kao i tehnološku zavisnosti pojedinačnih tehnoloških celina sistema. Predloženom metodologijom, kombinacijom određenih ocena stanja i značaja elektromotora, utvrđuje se strategija koja se primenjuje na održavanja pojedinih elektromotora u datoj industriji.

LITERATURA

- [1] Electric Motor Tiered Maintenance Program, EPRI, Palo Alto, CA: 2002. 1003095.
- [2] Electric Motor Predictive and Preventive Maintenance Guide, EPRI, Palo Alto, CA: 1992. NP-7502.
- [3] Advanced Electric Motor Predictive Maintenance Project, EPRI, Palo Alto, CA: 2003. 1008377.
- [4] Electric Motor Predictive Maintenance, Draft Guidelines, EPRI, Palo Alto, CA: 1997. TR-108773-V1.
- [5] Electric Motor Predictive Maintenance Program, EPRI, Palo Alto, CA: 1999. TR-108773-V2.
- [6] G. Wacker, E. Wojczynski, R. Billinton : Cost/Benefit Consideration in Providing an Adequate Electric Energy Supply, *Proceedings of the IASTED Symposium on Modelling Policy and Economics of Energy and power Systems*, May 1981, San Francisco.
- [7] S. Gušavac, "Tehnička analiza eksploatacione pouzdanosti elektroenergetskih postrojenja industrije cementa", magistarski rad, Elektrotehnički fakultet, Beograd, 1999.

Abstract— The paper presents a method of reliability centered maintenance of electric motors. Ranking of electric motors in order to determine the order of execution of maintenance actions according to this method is based on two parameters, namely : condition index and importance index. The condition of electric motor is determined by a combination of available diagnostic techniques, while the importance is determined by the financial quantification of damages caused as a result of its possible failure. The paper proposed two methods of determining damages as a result of failure of electric motor, one for independent technological subsystems (usually based on the results obtained through the questionnaire), and other applicable for mutually dependent technological subsystems between which there is some form of accumulation of material that is produced in the technology subsystem.

Keywords—electric motor; reliability centered maintenance; condition index; importance index.

Maintenance models of electric motor

IRIS CROSSBOW BEŽIČNA SENZORSKA MREŽA I MOTEWORKS OKRUŽENJE**IRIS CROSSBOW WIRELESS SENSOR NETWORK AND MOTEWORKS ENVIRONMENT**

Nikola Janićijević, Ivan Mezei, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Oblast bežičnih senzorskih mreža je jedna od najinteresantnijih naučnih oblasti danas koja privlači sve veći broj naučnika širom sveta. Osnovne osobine bežičnih mreža su što mogu biti postavljene bilo gde i što njihova arhitektura zavisi od aplikacije za koju je mreža namenjena. U ovom radu predstavljena je bežična senzorska mreža firme Crossbow koja se sastoji od 30 nodova tipa IRIS. Autori su predstavili različite delove mreže, topologije koje mreža podržava, način programiranja nodova, hardver nodova i softver koji se koristi pri programiranju i monitoringu. Prilikom testiranja i proučavanja korišćene su različite topologije i različite površine koje mreža pokriva.

Abstract – *Wireless Sensor Networks is one of the most promising research areas today, which attracts more and more scientists around the world. Basic features of wireless sensor networks are easy deployment and the network architecture depends on the application for which the network is used. In this paper will be presented wireless sensor network which consists 30 Crossbow IRIS nodes. The authors give short overview of different parts of the networks, different topologies solutions, different protocols, nodes programming, nodes hardware description and descriptions of programming and monitoring software. During testing phase and exploring of networks, the authors used different topologies and sizes of covered area.*

KLjučne reči: *Wireless Sensor Network, Crossbow IRIS nesC, MoteWork, XMesh.*

1. UVOD

Oblast bežičnih senzorskih mreža je jedna od najinteresantnijih naučnih oblasti danas, koja zaokuplja sve veći broj naučnika. Kao što samo ime kaže, bežična senzorska mreža se sastoji od većeg broja baterijski napajanih uređaja (čvorova) koji imaju mogućnost komunikacije bežičnim putem. Cilj nodova je da uz pomoć adekvatnih senzora stvore digitalnu sliku svoga okruženja. Zbog toga su opremljeni odgovarajućim sensorima kao što su senzori za temperaturu, osvetljaj, vlažnost, buku.... Pored nadgledanja terena bežične senzorske mreže mogu biti kombinovane sa robotima ili nekim vrstama aktuatora u cilju kreiranja autonomnijeg sistema.

Razlog zbog kojeg je ova oblast sve interesantnija jeste sve veći broj komercijalnih i naučnih aplikacija u kojima se bežične senzorske mreže koriste (nadgledanje terena, praćenje životinja, protivpožarna zaštita, medicinske aplikacije, nadgledanje useva, vojne aplikacije...)

Velika prednost koju bežične senzorske mreže imaju u odnosu na žične mreže je to što nema ožičavanja, tako da čvorovi sa sensorima mogu biti postavljeni praktično svuda, čak i u nepristupačnim predelima kao što su kanjoni, močvare, visoke planine...Pošto se radi o baterijski napajanim uređajima, veoma je bitno da se dragoceno napajanje koristi što je moguće racionalnije, posebno ako se čvorovi postavljaju na nepristupačnim terenima.

Katedra za mikroračunarsku elektroniku poseduje bežičnu senzorsku mrežu firme Crossbow koju čine 30 nodova tipa IRIS [1]. Svi čvorovi su opremljeni sensorima za temperaturu i osvetljaj. Pored ovih senzora IRIS nodovi imaju mogućnost dodavanja nekih drugih senzora ili aktuatora. Za izradu ovog rada, autori su odabrali Crossbow mrežu iz razloga što je to samokofigurišuća, ad-hoc, multihop mreža koja ima mogućnost OTAP (*Over the Air Programming*) programiranja, te je zbog toga pogodna za različite eksperimente.

Postoji nekoliko različitih arhitektura bežičnih senzorskih mreža. Tri se mogu izdvojiti kao osnovne: topologija zvezde, topologija *mesh* mreže i hibridna topologija. U ovom radu biće objašnjene sve tri topologije, kao i njihova namena.

2. PREGLED LITERATURE

Postoji veliki broj komercijalnih aplikacija koje podrazumevaju upotrebu manje ili veće bežične senzorske mreže. Arhitektura mreže određuje se na osnovu aplikacije za koju se mreža koristi i zavisi od broja sinkova (baznih stanica) i nodova u mreži, kao i od kompromisa u potrošnji energije, potrebne tačnosti prikupljenih podataka i vremena potrošenog za prikupljanje podataka i donošenje odluka [2]. Većina sistema koji rade sa bežičnim senzorskim mrežama sastoje se od četiri komponente: listova (čvorovi koji nemaju naslednika u stablu mreže), rutera (*routera*, svaki čvor koji ima još neki čvor iza sebe u stablu mreže), baze (*sink* ili *gateway* koji podatke koje mreža prikuplja prosleđuje korisničkoj aplikaciji) i korisničke aplikacije (koja obrađuje podatke koje je sink prikupio).

Baza je uvek u direktnoj vezi sa korisničkom aplikacijom, ali postoji nekoliko načina kako baza može biti u sprezi sa ruterima i listovima, tj. nekoliko topologija mreže. To su

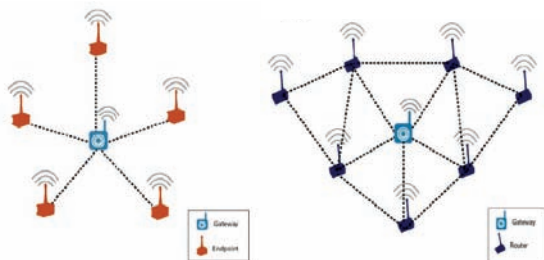
NAPOMENA:

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

topologija zvezde (prikazana na slici 1, levo), gde svaki list ima direktnu spregu sa bazom i ne postoje ruteri, topologija *mesh* mreže (prikazana na slici 1, desno), gde ruteri predstavljaju vezu između listova i baze i kombinovana (hibridna) topologija, gde svaki ruter listove oko sebe organizuje kao zvezda, a onda su routeri međusobno povezani u mesh mrežu [3].

Mreže koje koriste topologiju zvezde su mreže sa centralizovanim odlučivanjem i uglavnom se koriste kod manjih bežičnih mreža, gde količina poslatih poruka nije toliko velika, a bitno je da korisnička aplikacija prikupi tačne podatke sa svih senzora. Nedostatak ove topologije je što sa povećanjem broja čvorova raste broj poruka i potrošnja baterija, tako da je lokalizovano odlučivanje mnogo ekonomičnije nego centralizovano. Pored toga potrebno je dosta vremena da se sve informacije dostave na baznu stanicu i tamo obrade.

Kada u mreži postoji veći broj čvorova uglavnom se koristi mesh topologija, dok se hibridna topologija koristi u mrežama koje imaju veći broj baznih stanica. Osnovna prednost mesh topologije u odnosu na topologiju zvezde je u tome što je to samokonfigurabilna topologija. Svaki čvor može da komunicira sa susednim čvorovima i na taj način odluči koja je najbolja putanja za slanje poruke do baze. Ukoliko iz nekog razloga dođe do prekida tog puta, čvor će biti u mogućnosti da odredi novi najbolji put kojim će poslati poruku i na taj način će nastaviti da komunicira sa bazom. Pored toga, mesh topologija omogućava lokalizovano odlučivanje, tako da se štedi vreme koje je potrebno da se donese odluka o tome šta se zapravo dogodilo i štedi se energija, tj. manji je broj poruka koje se šalju.



Slika 1 Topologije bežične senzorske mreže

Prilikom izrade ovog rada, autori su koristili bežičnu senzorsku mrežu firme Crossbow koja se sastoji od 30 IRIS čvorova. Crossbow je razvio XMesh protokol koji organizuje čvorove u mesh topologiju. Radi se o multihop, ad-hoc mreži gde svi čvorovi mogu da šalju poruke preko bežičnog medijuma u nekoliko koraka [3]. Pod pojmom „slanje poruka u nekoliko koraka“ se podrazumeva da svaki čvor pošalje poruku samo do svog sused koji će nakon toga da prosledi poruku svom susedu i tako sve do bazne stanice. Na ovaj način svaka poruka se prenosi u nekoliko koraka tako da svaki čvor minimalno troši bateriju i povećava se krajnji (prostorni) domet poruke. Poruka može biti poslata sa jednog čvora i biti dostavljena drugom, a da pri tome ne postoji direktna veza između ova dva čvora.

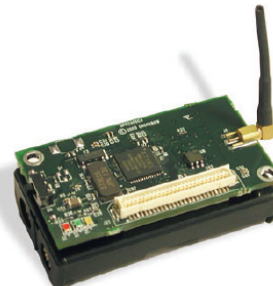
XMesh protokol omogućava tri vida komunikacije: od čvora ka susednom čvoru (npr. u slučaju lokalizovanog odlučivanja), od čvora ka baznoj stanici (kada se prenose

očitanja sa senzora ili rezultat lokalizovanog odlučivanja) i od bazne stanice ka čvoru (uglavnom kada se prenose naredbe). Poruka takođe može biti dostavljena samo jednom čvoru, sa tačno određenom identifikacijom, ili većem broju čvorova (delimična poplava podataka, ograničena na određeni broj koraka od pošaljioca, *k-flooding*), pa i celoj mreži (kada se koristi potpuna poplava podataka - *flooding*). XMesh omogućava i TrueMesh servis, koji omogućava samopodešavanja i samo organizovanje nodova u slučaju ispadanja ili promene kvaliteta veze između dva čvora.

XMesh protokol (kao i svaka bežična senzorska mreža) se može podeliti u tri celine: deo koji čini mesh mreža čvorova sa senzorskim pločama (ovaj deo će biti predmet ovog rada), serverski deo (koji ima zadatak da primljenu poruku od baze razdeli na polja i formira parove imenovrednosti koji se dalje šalju na obradu) i klijentska aplikacija koja obrađuje podatke sa servera.

2.1. Hardware

Korišćena bežična senzorska mreža se sastoji od 30 čvorova IRIS tipa (XM2110) koju je proizvela firma Crossbow. IRIS čvorovi (slika 2) na sebi poseduju Atmel 1281 mikrokontroler kao i Atmel RF230 predajnik. Predajnik radi na 2,4GHz i ima 11 kanala za emitovanje sa međusobnim razmakom od 5MHz. Snaga poslatog signala se može menjati u rasponu od -17,2dBm do 3 dBm. Čvorovi se napajaju pomoću dve AA baterije od 1,5V. Kada napon na baterijama postane manji od 2,7V nodovi više nisu u mogućnosti da koriste OTAP opciju [1].



Slika 2 Crossbow IRIS nod

Svaki čvor ima na sebi senzorsku pločicu MDA100CB koja ima senzore za osvetljaj i temperaturu. Pored toga na pločici postoji mogućnost da bude priključen bilo koji drugi senzor ili aktuator na čvor. Jedino ograničenje je da napon na senzorskoj pločici mora da bude do 3V [4].

Za programiranje čvorova koristi se programatorska pločica MIB520 koja se pomoću USB priključka spaja sa računarom. Ova ista pločica služi i za spajanje bazne stanice sa serverom, kao i za spajanje *sniffer* čvorova sa računarom. *Sniffer* čvorovi su takozvani špijunski čvorovi, posebno programirani čvorovi, kako bi omogućili posmatranje kompletnog bežičnog saobraćaja. Vrlo su korisni za monitoring stanja mreže, posebno u fazi programiranja i uspostavljanja.

Svaki čvor ima tri režima rada HP (*High Power*), LP (*Low Power*) i ELP (*Extended Low Power*). Razlika ova tri režima je u: potrošnji baterija, vremenu očitavanja senzora kao i vremenu odziva. HP je režim u kome je čvor stalno uključen i baterije se najbrže troše. U LP režimu čvor osluškuje kanal 8 puta u sekundi da vidi da li

se nešto desilo što zahteva njegovu intervenciju, a slanje svojih podataka vrši na svaka 3 minuta. U ELP režimu baterije se najmanje troše i 95% vremena čvor provodi u stanju spavanja. Budi se na svakih 20 sekundi kako bi poslao svoje podatke, a kanal osluškuje svakih 230 milisekundi. Zbog toga se u ELP režimu programiraju isključivo listovi, pošto oni nemaju zahtev za povremenim rutiranjem poruka ostalih nodova.

Prilikom komuniciranja kroz kanal svaki od čvorova šalje nekoliko vrsta poruka. Dužina poruke je promenljiva i definiše je korisnik mreže. Definiciono je postavljena na 29 bajtova. Svaka poruka mora da ima nekoliko zaglavlja: TinyOS zaglavlje (5 bajtova) koje govori koji je tip poruke koja se šalje, koja je destinacija i dužinu poruke, potom XMesh zaglavlje (7 bajtova) gde su informacije ko šalje poruku, ko je formirao poruku i koja je to poruka po redu. Zatim sledi XSensor zaglavlje (4 bajta) gde se nalazi oznaka senzorske ploče koja se koristi. Nakon ovog dela se nalazi korisnički deo poruke i dužina ovog dela zavisi od količine informacija koje treba da budu prosleđene do baze. Na kraju, poslednja dva bajta su CRC polja služe za proveru ispravnosti poruke.

Kada baza primi poruku od nekog čvora, ona je prosleđuje serverskom delu koji treba da kreira parove ime-vrednost i da tako formirane parove prosledi korisničkoj aplikaciji na dalju obradu. Unutar serverskog dela se nalazi parser koji deli poruku na delove. Dužina pojedinih polja u poruci je definisana u konfiguracionom XML fajlu koji se nalazi na serverskom delu. Parser prilikom pokretanja učitava celu biblioteku konfiguracionih fajlova i na osnovu podataka koji se isčitavaju iz XSensor zaglavlja, parser dobija informaciju o tome koja se senzorska pločica koristi i koji je odgovarajući konfiguracioni fajl, tj kako da podeli poruku na parove ime-vrednost.

Najbitnije poruke koje se šalju su informacione poruke i statusne poruke kao što su *route update* poruka (na osnovu koje se formira mreža), *health* poruka (koja sadrži informacije o statusu baterije, kvalitetu veze prema roditelju i slično) i *ack* poruka (kojom prijemna strana obaveštava pošaljioca da je uspešno primila poruku). *Route update* poruka je svakako najbitnija statusna poruka koju šalje svaki čvor. U njoj se nalaze informacije pomoću kojih se XMesh mreža formira, a to su ID roditeljskog noda, cena slanja poruke do baze, broj hopova do baze i procena kvaliteta linka prema susedima. U svakoj poruci je moguće poslati informacije o maksimalno 5 suseda. Ukoliko nod ima više od suseda, informacije će poslati kroz nekoliko uzastopnih poruka. *Route update* poruka se u HP režimu šalje svakih 36 sekundi, dok se u LP i ELP režimu šalje svakih 360 sekundi. Interval između dve *route update* poruke se naziva RTI (*route update interval*) i korisnik može da ga podešava po želji. Mreža se formira nakon 3 RTI, mada ustaljeno stanje mreža dostigne tek nakon 8 RTI.

Postoje dve vrste *health* poruka koje svaki čvor šalje naizmenično. Statistički *health* paket sadrži informacije o bateriji, broju poruka koje su poslate sa tog čvora, o roditelju i kvalitetu linka, dok susedski *health* paket sadrži informacije o susedima pomenutog čvora i kvalitetu linka prema njima. U susedskom *health* paketu ima mesta za maksimalno 5 suseda, a ako čvor ima više od 5 suseda, onda će u prvoj poruci poslati informacije o prvih 5

suseda, potom kada opet bude slao susedski *health* paket će poslati informacije o narednih 5 suseda i tako redom.

2.2. Programaska podrška

Za potrebe programiranja, konfigurisanja i monitoringa bežične senzorske mreže Crossbow je razvio programski paket pod imenom MoteWorks. MoteWorks se sastoji od aplikacija pod nazivom Programmer's Notepad 2, MoteConfig, XSniffer, MoteView i nesC kompajler.

Za programiranje čvorova koristi se jezik pod nazivom nesC (*Network Embedded System C*). NesC je jezik koji je vrlo sličan C jeziku, ali je prilagođen tako da podržava struktuirano programiranje i povezivanje softverskih komponenti u jednu celinu. Mogli bi se reći da je nesC kombinacija C i C++ jezika. Cilj je da se sa jednostavnom sintaksom, kakvu ima C jezik, mogu kreirati moduli (celine), koji se kasnije kao gotovi delovi mogu kombinovati u jedinstveni, konkurentni sistem. Kod pisanja programa u C-u, ceo kod se nalazi unutar jednog fajla unutar koga su uključeni svi heder fajlovi i na kraju koda se nalazi funkcija *main* koja ima ulogu da pokrene izvršavanje programa. Kod nesC jezika, potrebno je napisati dva fajla. Ulogu *main* funkcije ima takozvani *scheduler* koji je zaseban fajl, zadužen samo za opis povezivanja svih komponenti koje čine program. Pored ovog fajla neophodno je napraviti i fajl **M.nc* (fajl istog imena sa dodatkom M na kraju imena) koji predstavlja modulska fajl i koji opisuje realizaciju datog modula. Ovaj fajl je zapravo ono što je **.c* fajl kod C jezika, bez *main* funkcije na kraju. Tu su uključeni svi heder fajlovi i tu je opisano ponašanje sistema.

Programerski kod može biti pisan u bilo kom tekst editoru. Za te potrebe firma Crossbow je ponudila aplikaciju Programmer's Notepad 2 koji ima integrisane kompajlere za nesC jezik za sve platforme koje Crossbow nudi (IRIS, MICA, MICA2 i MICA2DOT).

Kada je kod jednom kompajliran i kreiran fajl *main.exe* pomoću MoteConfig programa se *main.exe* prebacuje u memoriju čvora. Svi čvorovi su opremljeni sa 4Mbitnom flash memorijom koja je podeljena na 4 segmenta. Jedan od načina programiranja čvorova je da se programiranje vrši pomoću MIB520 pločice, dok je druga opcija programiranje kroz bežični kanal. Programski kod se smešta u zadnja tri memorijska segmenta dok je prvi segment rezervisan za OTAP. OTAP (*Over the Air Programming*) je mogućnost IRIS čvorova da se programiraju kada su već raspoređeni po terenu, koristeći isključivo bežičnu komunikaciju. Jedini uslov da bi se OTAP koristio je da su baterije na naponu većem od 2.7V. MoteConfig je aplikacija koja je pogodna i za utvrđivanje trenutne konfiguracije čvorova na terenu (kao što pokazuje slika 2.). Pored toga MoteConfig omogućava izmenu ID-a mreže, jačine signala koji se šalje, ID-a svakog čvora ponaosob kao i kanala koji aplikacija koristi. Jedna od velikih prednosti mreže koju je razvila firma Crossbow je to što unutar istog geografskog područja može da postoji nekoliko bežičnih senzorskih mreža koje će nesmetano raditi, ukoliko imaju različite ID-eve.

XSniffer je deo programskog paketa MoteWorks koji je namenjen posmatranju saobraćaja (tzv. monitoringu). Za korišćenje ove aplikacije je potrebno da se preko MIB520 pločice sa računarom poveže poseban čvor koji je programiran kao *sniffer* (špijun). *Sniffer* prikuplja veliku

količinu informacija o svakom čvoru, kao i njegovom najbližem okruženju. Većina informacija koje mogu da se vide pomoću *sniffera* dobijaju se iz statusnih poruka (*route update* i *health* poruke). Slika 3 pokazuje izgled jednog od tabova XSniffer prozora. Na slici se vidi, da pored osnovnih informacija o tome ko je roditelj, koliko koraka od baze se nalazi nod i koji je redni broj poruke koja se šalje, XSniffer omogućava posmatranje svih senzorskih očitavanja koja se u poruci šalju, kao i ostalih statusnih polja (polja koja su označena rednim brojevima većim od 5) *Sniffer* pokazuje polja veličine bajta (8 bita).

ElapsedTime	Addr	RF	Type	Op	Len	SeqNo	Hops	Appld	1	2	3	4	5	6
0:34:47.187	Bcast	DatUp	125	27	1	654	51	132	4	255	255	161	1	
0:34:48.156	Bcast	DatUp	125	27	1	655	51	132	4	255	255	161	1	
0:34:49.140	Bcast	DatUp	125	27	1	656	51	132	4	255	255	161	1	
0:34:50.125	Bcast	DatUp	125	27	1	657	51	132	4	255	255	161	1	
0:34:51.083	Bcast	DatUp	125	27	1	658	51	132	4	255	255	161	1	
0:34:52.078	Bcast	DatUp	125	27	1	659	51	132	4	255	255	161	1	
0:34:53.046	Bcast	DatUp	125	27	1	660	51	132	4	255	255	161	1	
0:34:53.562	Bcast	Rte	125	15	0	2	0	126	0	0	0	1	1	
0:34:53.718	Bcast	Rte	125	15	1	661	1	0	0	4	0	1	0	
0:34:54.031	Base	DatUp	125	27	1	662	51	132	4	0	0	161	1	
0:34:55.000	Base	DatUp	125	27	1	663	51	132	4	0	0	161	1	
0:34:55.968	Base	DatUp	125	27	1	664	51	132	4	0	0	161	1	
0:34:56.953	Base	DatUp	125	27	1	665	51	132	4	0	0	161	1	
0:34:57.921	Base	DatUp	125	27	1	666	51	132	4	0	0	161	1	

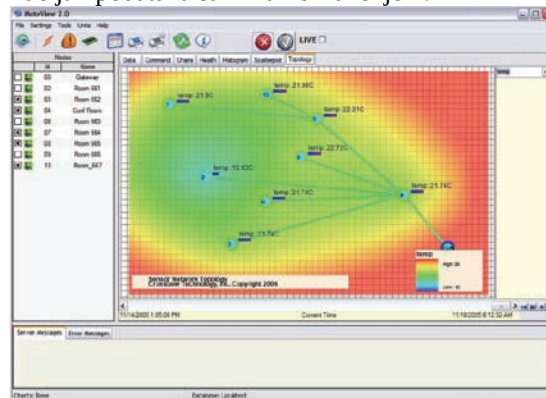
Slika 3. XSniffer prozor

MoteView je aplikacija koja je vrlo korisna prilikom prezentacija postavljene mreže. Pomoću MoteView-a se lako može poslati određena komanda na čvor, iščitati vrednosti koje su očitali senzori na određenom čvoru ili analizirati stanje na svim čvorovima u isto vreme (temperatura, svetlost, stanje baterija itd.). Jedan od tabova MoteView-a je prikazan na slici 4. Jedna od glavnih odlika je da se u MoteView može učitati slika terena na kojem su čvorovi raspoređeni (šema prostorije, zgrade ili šume koja se nadgleda), fizički se raporediti čvorovi tako da se položaj u realnom svetu poklapa sa položajem na slici i na taj način se jednostavnije može vršiti geografsko lociranje regiona gde se određene promene dešavaju. Pored toga može se sa lakoćom utvrditi struktura mreže.

„Operativni sistem“ koji podržava nesC kodove se naziva TinyOs i njegov nastanak je vezan za univerzitet Barkley u Kaliforniji. Radi se o *open source* rešenju koje je za potrebe bežične senzorske mreže sa limitiranim resursima razvio ovaj poznati univerzitet. Možda nije najpravičnije reći „operativni sistem“ pošto je TinyOS zapravo skup biblioteka koje se na adekvatan način povezuju u trenutku kompajliranja [5]. TinyOS je baziran na modelu događaja, čime je smanjena upotreba procesorskih i memorijskih resursa. Svaki deo programa koji se izvršava ili deo hardvera koji obavlja neki posao (npr. čitanje sa senzora), na kraju svog izvršavanja se *scheduler*-u javlja kao događaj i *scheduler* treba da odredi kako će se taj događaj tretirati i kome treba da se proslede rezultati. Zbog ovakve organizacije, TinyOs nema mogućnost multi-taskinga ili upravljanja dinamičkom memorijom kao što je to slučaj kod ostalih mobilnih ili PDA uređaja. Razlog za ovo je što je TinyOS razvijen za uređaje sa limitiranim resursima i za obradu događaja koji se asinhrono pojavljuju.

Kako je TinyOS *open source* rešenje, pa je zbog toga razvijen samo za Linux okruženje. Za potrebe Windows korisnika, Crossbow je uz MoteWorks obezbedio instalaciju Cygwin-a. Cygwin je emulacija Linux-a na

Windows mašinama i omogućava integraciju Windows aplikacija i podataka sa Linux okruženjem.



Slika 4 Izgled MoteView prozora

3. ZAKLJUČAK

Crossbow bežična senzorska mreža koja je opisana u ovom radu predstavlja idealnu mrežu za početna istraživanja i upoznavanje sa režimima rada, različitim topologijama, načinom programiranja i monitoringa bežičnih senzorskih mreža. 30 čvorova je sasvim dovoljno da pruži osnovne informacije i viziju o tome kako radi senzorska mreža i koje su prednosti rada bežičnih mreža u odnosu na žičnu. Programsko okruženje Moteworks je skup vrlo korisnih aplikacija koje omogućavaju jednostavnije programiranje nodova i monitoring postavljene mreže.

4. 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 istaživanje vode, nafte i gasa“, ev. br. projekat TR11006/projekat TR11006

5. LITERATURA

- [1] “MPR/MIB Series User’s Manual”, Crossbow 2007
- [2] I.Stojmenović “Handbook of Sensor Networks, Algorithms and Architectures”, Wiley-Intersciences, New Jersey, 2005
- [3] “Xmesh User Manual”, Crossbow 2007.
- [4] “MTS/MDA Series User’s Manual”, Crossbow 2007
- [5] R. Matischek, “A TinyOS-Based Ad Hoc Wireless Sensor Network”, Milton Keynes, 2009.

Kratka biografija:

Nikola Janićijević rođen je u Beogradu, 1982. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva odbranio je 2010.god

Ivan Mezei je rođen u Novom Sadu 1975. god gde je završio dosadašnje školovanje. Zaposlen je kao asistent na Fakultetu tehničkih nauka. Trenutno završava rad na doktorskoj tezi iz oblasti bežičnih senzorskih, aktuatorskih i robotskih mreža.

SIMULACIJA JEDNOSTAVNOG OFDM SISTEMA POMOĆU PROGRAMSKOG JEZIKA MATLAB

SIMULATING A SIMPLE OFDM SYSTEM IN MATLAB

Ognjen Bjeković, Željen Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu opisana je simulacija jednostavnog OFDM sistema. Dat je kratak teorijski osvrt na samu OFDM tehniku, a zatim i opis urađene simulacije. Simulacija je izvršena u programskom jeziku Matlab. Svrha simulacije jeste da na jasan način predstave osobine i prednosti OFDM prenosa digitalnog signala u odnosu na sisteme sa jednim nosiocem.

Abstract – This work represents description of a simplified OFDM system simulation. There is a short theoretical overview on OFDM topic, followed by description of the simulation. Purpose of modeling and simulating a simple OFDM system in Matlab, is to show properties and advantages of OFDM digital transmission over single carrier systems.

Cljučne reči: OFDM, Matlab, Simulink

1. UVOD

Jedan od izazova današnjih bežičnih komunikacija jeste razvoj bežičnog sistema koji će obezbediti dobre performanse, uz pružanje velike brzine prenosa podataka u različitim topografskim i reljefnim oblastima. Prirodne, kao i prepreke koje je čovek izgradio, utiču na funkcionalnost bežičnih sistema. Problem operaterima u bežičnim komunikacijama predstavljaju nepostojanje optičke vidljivosti i višestruke putanje elektromagnetskih talasa. Jedna od tehnika koje omogućavaju prevazilaženje ovih problema jeste OFDM.

Ortogonalno frekvencijsko multipleksiranje (engleski *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* - OFDM) je modulaciona tehnika sa više podnosilaca. Ona pruža mogućnost prenosa podataka velikim brzinama bez pojave intersimbolske interferencije (ISI). Takođe, omogućava bežičnu komunikaciju u područjima u kojima ne postoji linija optičke vidljivosti između predajnika i prijemnika.

OFDM nije nova tehnologija, ali predstavlja inovativnu tehniku koja je postala komercijalno dostupna poslednjih godina. Predstavlja solidnu osnovu u bežičnim komunikacijama, ali sve više se uopotrebljava i u drugim oblastima telekomunikacija, kao što su ADSL, VDSL, DVB-C2 itd.

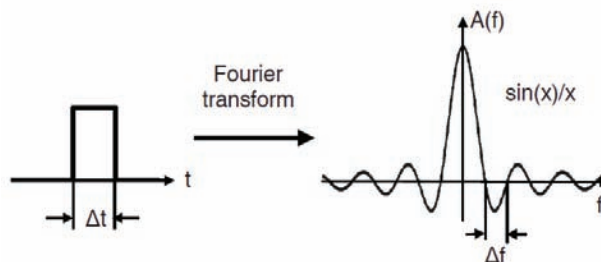
2. OPIS OFDM PRENOSA

Ortogonalno frekvencijsko multipleksiranje (engleski

Orthogonal Frequency Division Multiplexing) smatra se kombinacijom modulacije i multipleksiranja. Kako samo ime kaže, to je frekvencijski multipleks u kome su podnosioci ortogonalni.

Podnosioci su vremenski ortogonalni, pa se omogućava bolja efikasnost spektra za prenos, jer spektar podnosilaca može da se preklapa. Koncept ortogonalnosti u telekomunikacijama, generalno označava signale između kojih ne postoji interferencija.

Objašnjenje za ortogonalnost počinje od jednog pravougaonog impulsa i njegove Furijeove transformacije. Pravougaoni impuls dužine Δt u frekvencijskom domenu ima talasni oblik $\sin(x)/x$, sa razmakom nula od $\Delta f = 1/\Delta t$. Na slici 1. prikazan je pravougaoni impuls i njegova Furijeova transformacija.



Slika 1. Pravougaoni impuls i njegova Furijeova transformacija (spektar)

Signali podnosioci su sinusoidalnog oblika (sinusni ili kosinusni talasi). Ovakvi talasi periode T_s , nakon prebacivanja u frekvencijski domen (FT), imaju spektar oblika dva delta impulsa na učestanostima $-f_s$ i f_s ($f_s = 1/T_s$). Signal podataka obično predstavlja povorka pravougaonih impulsa (digitalni signal sastavljen od nula i jedinica). Množenje signala u vremenskom domenu, odgovara konvoluciji njihovih spektara u frekvencijskom domenu. Kako je delta impuls neutralni element za konvoluciju, konvolucija sa pomerenim delta impulsom samo će translirati spektar signala podataka na učestanost delta impulsa ($-f_s$ i f_s).

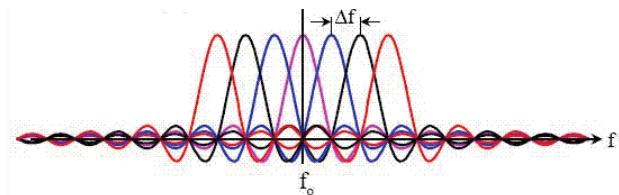
To znači da je rezultat konvolucije, signal talasnog oblika $\sin(x)/x$ na učestanostima $-f_s$ i f_s . Postupak se ponavlja za svaki deo informacije, a krajnji rezultat je povorka talasa, oblika $\sin(x)/x$.

Slika 2. ilustruje rezultat konvolucije spektara signala podataka (povorka pravougaonih impulsa) i sinusoidalnih podnosilaca u OFDM sistemu. Ako je ispunjen uslov ortogonalnosti, neće doći do intersimbolske interferencije na prijemu signala.

NAPOMENA:

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

Uslov ortogonalnosti u OFDM sistemu zadovoljen je, ako važi $\Delta f = 1/\Delta t$, gde je Δf - razmak između podnosilaca, a Δt - dužina trajanja signala u vremenu.



Slika 2. Rezultat konvolucije spektara povorke pravougaonih impulsa i sinusoidalnih podnosilaca različitih učestanosti (spektar OFDM signala)

U bežičnom prenosu signala, jedan od glavnih problema je velika intersimbolska interferencija, koja nastaje kao posledica uticaja višestrukih kopija poslatog signala. Ove kopije javljaju se usled refleksije, refrakcije i difrakcije elektromagnetnog talasa (signala).

Kako bi se rešio ovaj problem, u OFDM sistemu se primenjuje ideja o dovoljno sporom slanju simbola. Simboli poruke šalju se takvom brzinom, da je kašnjenje kopija poruke samo mali deo vremena između koga se šalju dva simbola.

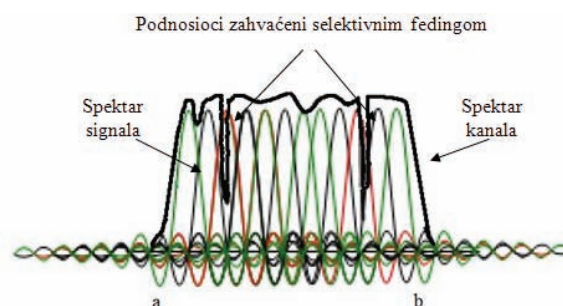
Na ovaj način, brzina slanja simbola manja je nego što bi to želeli, pa se istovremeno (paralelno) šalje veliki broj podnosilaca sa malom simbolskom brzinom. Na mestu prijema vrši se kombinacija podnosilaca, tako da izgleda kao da se dobila jedna poruka sa velikom simbolskom brzinom. Paralelno slanje podataka omogućeno je korišćenjem modulacije sa većim brojem podnosilaca.

Pored uspešne eliminacije intersimbolske interferencije, velika prednost OFDM-a jeste i pouzdanost prenosa. U radio-prenosu, spektar kanala nije ravan. Postoje određene rupe u spektru koje su posledica negativne pojave koja se naziva frekvencijski selektivni feding. Refleksija talasa od nekog bliskog objekta (zgrade, drveća, zemlje i sl.) neće ga poništiti, već će dati signale slične energije kao i

talas koji direktnom putanjom dolazi na mesto prijema. Tu, zbog negativne interferencije signala, može doći do velikog slabljenja energije signala na određenim učestanostima. Refleksije talasa mogu da izazovu i potpuno poništavanje određenih učestanosti na mestu prijema. Kako se prenos podataka ostvaruje pomoću velikog broja podnosilaca, svaki od njih nosi mali deo celokupne informacije.

Može da se desi da neki od podnosilaca padne pod uticaj frekvencijski selektivnog fedinga ili neke druge smetnje. Ukoliko do ovoga dođe, verovatnoća da je napadnut veliki broj podnosilaca veoma je mala, tako da praktično ne može da dođe do gubljenja značajnog dela informacije.

Značajan deo informacije ostaće sačuvan, pa pomoću dovoljnog zaštitnog kodovanja signala, podnosioci pogodeni ovakvim smetnjama ipak se mogu primiti. Uticaj frekvencijski selektivnog fedinga prikazan je na slici 3.

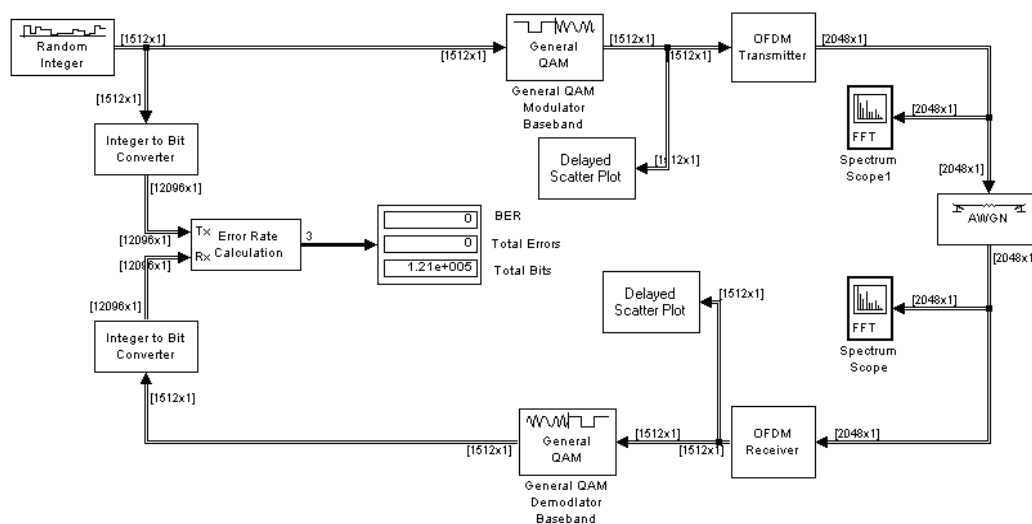


Slika 3. Uticaj frekvencijski selektivnog fedinga na OFDM signal

3. SIMULACIJA JEDNOSTAVNOG OFDM SISTEMA

OFDM sistemi veoma su interesantni za simuliranje. U ovom radu simulacija je izvršena u programskom jeziku Matlab, odnosno njegovom podsistemu za grafičke simulacije Simulink (korišćen je Matlab 7.0. - R14). Modeliran je najjednostavniji mogući OFDM sistem, prikazan na slici 4.

OFDM Modulation



Slika 4. Model korišćen za simulaciju

Za potrebe simulacije korišćene su ugrađene Matlabove funkcije iz Simulink biblioteke.

Prilikom izrade simulacije pretpostavljeno je da su predajnik i prijemnik nepokretni (može se zanemariti uticaj vremenske selektivnosti) i da rade u savršenom sinhronizmu (zanemaruje se frekvencijska selektivnost i fazni šum). Ovako napravljena simulacija teži da predstavi prednosti OFDM-a u odnosu na sisteme sa jednim nosiocem. Akcenat je stavljen na pouzdanost OFDM prenosa. U nastavku teksta biće više reči o blokovima upotrebljenim u modelu kao i rezultatima dobijenim na osnovu modela.

Za izradu modela simulacije korišćeni su sledeći blokovi:

1. Generisanje informacije za prenos:

- *Random Integer Generator* - generiše slučajne celobrojne vrednosti uniformno raspoređene u intervalu $[0, M-1]$, gde je M kodni alfabet.

2. Predajnik:

- *General QAM modulator Baseband* - Moduliše ulazni signal koristeći kvadraturnu amplitudsku modulaciju - QAM. Moguće je postaviti željenu konstelaciju signala.
- *OFDM Transmitter* - nakon ovog bloka signal se šalje u kanal. Pre toga vrši se širenje dimenzija signala umetanjem odgovarajućeg broja nula. Poslednja operacija koja se vrši u ovom bloku jeste IFFT signala.

3. Kanal kroz koji putuje signal:

- *AWGN Channel* - dodaje beli Gausov šum signalu na ulazu. U konkretnom primeru radi u modu SNR, ima mogućnost promene vrednosti SNR-a u dB.

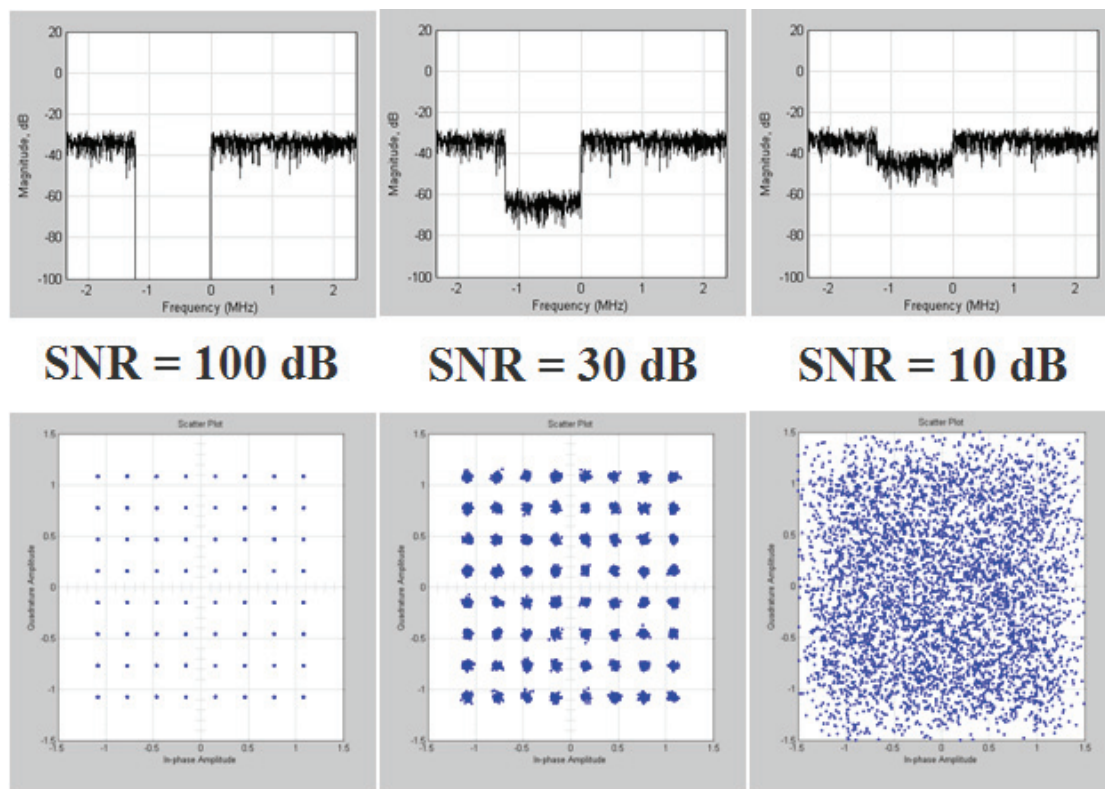
4. Prijemnik:

- *OFDM Receiver* - prvi blok u koji signal ulazi na mestu prijema. U njemu se vrši FFT signala, konverzija u frejmove i uklanjanje nula.
- *General QAM demodulator Baseband* - Demoduliše ulazni signal koristeći kvadraturnu amplitudsku modulaciju - QAM. Kao i na predajnoj strani, moguće je postaviti odgovarajuću konstelaciju signala.

5. Ostali blokovi u modelu:

- *Integer to Bit Converter* - pretvara niz celobrojnih vrednosti u niz bita.
- *Error Rate Calculation* - ima zadatak da izračuna BER primljenih podataka tako što ih poredi sa zakasnelom verzijom poslatih podataka. Na izlazu formira vektor koji se sastoji iz tri elementa: BER, broj pogrešno primljenih bita i ukupan broj upoređenih simbola.
- *Display* - prikazuje izlazne vrednosti prethodnog bloka.
- *Delayed Scatter Plot* - ima zadatak da prikaže konstelaciju modulisanog signala tako što crta komponentu u fazi u odnosu na komponentu u kvadraturi.
- *Spectrum Scope (FFT)* - ima zadatak da računa i prikazuje brzu Furijeovu transformaciju svakog signala na ulazu.

Na osnovu modela sa slike 4. dobijeni su rezultati prikazani u tabeli 1. Spektar signala na prijemu i njegova konstelacija prikazani su na slici 5.



Slika 5. Rezultati dobijeni na osnovu simulacije za različite vrednosti SNR-a: a) spektar signala i b) konstelacioni dijagram

Simuliran je OFDM sistem u 2K modu (2048 podnosilaca) u nehijerarhijskom prenosu. Broj poslatih simbola je 1512, konstelacija je podešena kao *qam_64*, što odgovara primeni 64QAM modulacije.

Gornji deo slike, pod a), prikazuje spektar OFDM signala, a deo slike pod b) konstelacioni dijagram primljenog signala za različite vrednosti SNR-a [dB].

Repovi na spektru signala počinju sa formiranjem oko vrednosti SNR=70 dB.

Vidljiva pogoršanja konstelacije se mogu uočiti tek na vrednosti SNR=30 dB, iako ni tada nema opasnosti od greške u prijemu. Prva greška koja se registruje u modelu dobija se kada je vrednost SNR=25.2 dB, javlja se ukupno jedna greška, a $BER=1.102 \cdot 10^{-5}$.

U ekstremnom slučaju, kada je odnos snage signala i snage šuma jednak (SNR=10 dB), verovatnoća greške na mestu prijema približno je jednaka 15%.

Posmatrajući spektar signala na mestu prijema, kvarenje odnosa signal šum za posledicu ima formiranje repova čija amplituda teži da se izjednači sa amplitudom signala i na taj način onemogućuje prijem signala.

Sa druge strane, konstelacija signala teži ka slučajnom rasipanju tačaka, što dodatno povećava broj pogrešno primljenih bita.

Tabela 4.1. *Dobijeni rezultati simulacije na kalkulatornom displeju u zavisnosti od odnosa SNR [dB] za $9.072 \cdot 10^4$ prenetih bita*

SNR [dB]	BER	Ukupno grešaka
100	0	0
80	0	0
60	0	0
40	0	0
30	0	0
25	$3.307 \cdot 10^{-5}$	3
20	0.008829	801
15	0.06371	5780
10	0.1504	$1.365 \cdot 10^4$

4. ZAKLJUČAK

OFDM je tehnika namenjena za prenos signala u širokom opsegu učestanosti koja obezbeđuje brz i pouzdan prenos podataka.

Najviše se primenjuje u bežičnim tehnologijama (WLAN, WMAN, DAB, DVB-T, 3G i sl.), ali je po svojim osobinama konkurentna i u drugim oblastima u kojima se neretko koristi (ADSL, VDSL, DVB-C2, MoCA, ITU-T G.hn i sl.).

Programski jezik Matlab sa svojim podsistemom za grafičke simulacije Simulink-om predstavlja moćan alat za simulaciju telekomunikacionih sistema. OFDM sistemi su prilično interesantni i ni malo jednostavni za simuliranje.

Na osnovu dobro projektovane simulacije može se videti koliko je OFDM tehnika značajna u prenosu digitalnih signala. Model i rezultati izloženi u ovom radu jasno pokazuju veliku održivost organizovane konstelacije i otpornost na šum, što predstavlja glavnu prednost OFDM sistema u odnosu na sisteme sa jednim nosiocem.

5. LITERATURA

- [1] W. Fischer, Digital Video and Audio Broadcasting Technology, Signals and Communication Technology, Second Edition, 2008.
- [2] P. Rethnakaran and H. Dawid, Orthogonal Frequency Division Multiplexing, Digital Communication Solutions, November 2003.
- [3] A. L. Intini, Orthogonal Frequency Division Multiplexing for Wireless Networks, Standard IEEE 802.11a, University of California, Santa Barbara, December 2000.
- [4] Alvarion, OFDM Overview, Version 1.0, September 2003.
- [5] C. Langton, OFDM tutorial, Intuitive Guide to Principles of Communications, 2004.

Kratka biografija:



Ognjen Bjeković rođen je u Zrenjaninu 1984. god. Apsolvent je Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu, odseka energetika, elektronika i telekomunikacije, smer telekomunikacije.



Željko Trpovski rođen je u Rijeci 1957. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1998. god., a od 2004 je u zvanju vanredni profesor. Oblasti interesovanja su televizija i digitalna obrada slike i optičke komunikacije..

Jedno rješenje realizacije hibridne emittersko-širokopojasne televizije (HbbTV)

Mario Radonjić, Tomislav Maruna, Željko Lukač, Branislav Veriš, Boris Mlikota, Tatjana Samardžić

Sadržaj — Ovaj rad predstavlja opis HbbTV standarda [1], funkcionalnosti hibridnog TV prijemnika koju standard propisuje i jedno rješenje realizacije programske podrške hibridnog TV prijemnika koja obezbjeđuje predviđenu funkcionalnost.

Ključne reči — HbbTV, hibridna emittersko-širokopojasna televizija, DVB, AIT, internet pregledač.

I. UVOD

Internet kao masovni medijum zauzima sve veću ulogu u svakodnevnom životu čovjeka. Usled toga u procesu razvoja interneta jedan od pravaca razvoja je doveo do povezivanja sa drugim masovnim medijem, televizijom. Hibridna emittersko-širokopojasna televizija (eng. *Hybrid Broadcast Broadband TV*, u daljem tekstu HbbTV) predstavlja evropsku inicijativu koja ima za cilj usklađivanje dostave sadržaja krajnjem korisniku istovremeno putem emitterskog kanala (eng. *broadcast*) i širokopojasne mreže (eng. *broadband*) [2]. HbbTV standard predviđa korištenje interaktivnih aplikacija u cilju obogaćivanja televizijskog programa. Za razliku od standardnog televizijskog programa u kojem je korisnik pasivan posmatrač, u hibridnoj televiziji korisnik može da koristi interaktivne aplikacije, bilo u cilju zabave bilo u cilju dobijanja korisnih informacija. Putem aplikacija i emiter može da dobije informacije od korisnika koje mogu da doprinesu poboljšanju kvaliteta usluga.

Ideja o hibridnom televizijskom prijemniku nije nova. Prvi hibridni prijemnici su se pojavili još prije 10 godina. Većina proizvođača TV prijemnika ima u ponudi barem jedan model koji se svrstava u hibridni. Za iskorištavanje potencijala ovih sistema bilo je neophodno povećanje

dostupnosti interneta u domaćinstvima, kao i povećanje propusne moći.

Postoji nekoliko osnovnih problema koji su onemogućili veći značaj hibridnih TV prijemnika u oblasti televizije. Internet sadržaj nije prilagođen TV prijemnicima, tj. Web stranice su pisane za prikaz na personalnim računarima. Odnos između udaljenosti posmatranja i veličine ekrana je značajno veći kod gledanja televizije u odnosu na personalni računar, što uzrokuje da slova na televizoru budu sitna, odnosno tekst nečitljiv. Sledeći problem se odnosi na navigaciju internet stranicama za koju je predviđeno korištenje miša i tastature, dok je korisniku TV prijemnika na raspolaganju samo daljinski upravljač. Karakteristike fizičke arhitekture televizora su lošije u odnosu na računare. Stoga je manja i količina internet sadržaja koja može biti kvalitetno prikazana.

Različite tehničke karakteristike TV prijemnika različitih proizvođača, npr. kodovi za tastere na daljinskom upravljaču su karakteristični za određenog proizvođača, uzrokovale su problem pravljenja sadržaja koji bi TV emiteri ponudili putem interneta. Date razlike su uslovljavale da se sadržaj stvara za svakog proizvođača posebno.

Iako hibridni TV prijemnik omogućava prijem podataka i sa emitterskih mreža i sa interneta, nije bilo moguće kombinovanje sadržaja dobijenog sa obe mreže u cjelokupnu uslugu. Neke od kompanija iz oblasti TV industrije, koje su najzastupljenije na evropskom tržištu, uključujući Sony, Philips i Samsung, su se udružile sa ciljem da riješe postojeće probleme. Kao rezultat njihovog rada nastao je HbbTV standard. Standard je primjenljiv na sve DVB (eng. *Digital Video Broadcast*) TV prijemnike nezavisno od načina prenosa digitalnog TV signala koji može da se prenosi zemaljskim putem, korištenjem satelita ili putem kabla.

II. TEHNIČKI OPIS

Osnovu HbbTV standarda čine već postojeći standardi. HbbTV standard profilise standarde na koje se odnosi i uvodi svega nekoliko novih tehničkih rješenja. Data činjenica je bitna jer postoje gotova rješenja koja podržavaju relevantne standarde. Korištenjem već gotovih rješenja smanjuju se troškovi razvoja HbbTV aplikacija i

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

Mario Radonjić, Fakultet tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića, 21000 Novi Sad, suxint@gmail.com

Branislav Veriš, RT-RK, Fruškogorska 11, Novi Sad, Branislav.Veris@rt-rk.com

Boris Mlikota, Fakultet tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića, 21000 Novi Sad, mlikota.boris@gmail.com

Tomislav Maruna, RT-RK, Fruškogorska 11, 21000 Novi Sad, Tomislav.Maruna@rt-rk.com

Željko Lukač, RT-RK, Fruškogorska 11, 21000 Novi Sad, Zeljko.Lukac@rt-rk.com

Tatjana Samardžić, RT-RK, Fruškogorska 11, 21000 Novi Sad, Tatjana.Samardzic@rt-rk.com

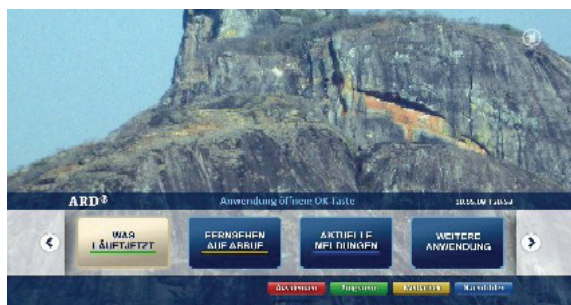
NAPOMENA:

- Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada Maria Radonjića. Mentor je bio prof. dr Željen Trpovski.
- Rad je prethodno publikovan na konferenciji TELFOR, Beograd, novembar 2010.

vrijeme izlaska na tržište.

HbbTV aplikacija je skup dokumenata koji su napravljeni korištenjem standardnih internet tehnologija i jezika, uključujući HTML, DOM, CSS i JavaScript. Osnovna razlika između HbbTV aplikacija i standardnih internet stranica je u životnom ciklusu. Aplikacije se pokreću, izvršavaju i uništavaju u pregledaču za razliku od standardnih internet stranica koje se učitavaju.

Definirane su dvije osnovne vrste aplikacija. Prvu grupu čine aplikacije logički vezane za uslugu koja se trenutno emituje (TV kanal). Standardni primjeri ovakvih aplikacija su digitalni teletext, elektronski programski vodič, mogućnost ponovnog gledanja emitovanih emisija i dr. Na slici 1. prikazana je početna aplikacija njemačkog TV emitera ARD. Svrha početne aplikacije je pokretanje ostalih aplikacija ponuđenih od strane emitera. Drugu grupu čine aplikacije nezavisne od trenutno emitovane usluge. Ovim aplikacijama se pristupa preko internet portala, ukoliko je takav dostupan.



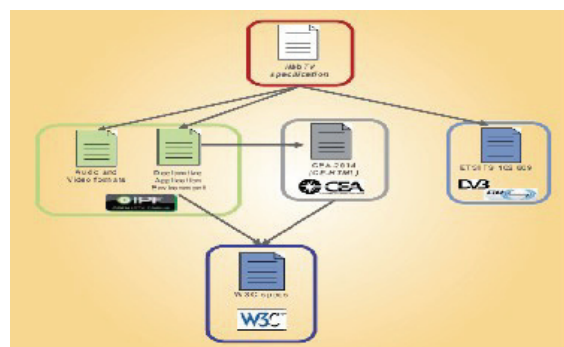
Sl. 1. ARD početna aplikacija

Zbog već pomenutog problema prikaza standardnih internet stranica na TV prijemnicima donesen je CE-HTML standard (eng. *Consumer Electronics HTML*) [3] od strane Asocijacije proizvođača elektronike široke potrošnje (eng. *Consumer Electronics Association*). Standard definiše osnovnu funkcionalnost internet pregledača neophodnu za ispravan prikaz HbbTV aplikacija. Profiliše već postojeće internet tehnike i jezike u cilju kvalitetnog prikaza internet stranica na TV prijemnicima. Definirani su i kodovi za tastere na daljinskom upravljaču čime je riješen problem različitosti kodova TV prijemnika i samim tim omogućeno stvaranje aplikacija nezavisno od modela TV prijemnika na kojem će se izvršavati.

Domen CE-HTML standarda je funkcionalnost samog pregledača i ne definiše programsku spregu sa ostalim dijelovima TV prijemnika koji je u skladu sa HbbTV standardom. Programska sprega je definisana DAE (eng. *Declaration Application Environment*) specifikacijom donesenom od strane *Open IPTV Forum* [4] organizacije. DAE specifikacija donosi dodatno profilisanje funkcionalnosti pregledača propisane u CE-HTML

standardu. Definirani su moduli HbbTV sistema i pravila integracije sadržaja dobijenog emiterkim i širokopojasnim putem u cjelokupnu uslugu. Primjer takve integracije prikazan je na slici 1. Definirana su i proširenja funkcionalnosti pregledača u obliku Javascript dodatka (eng. *Plug-in*). Osnovna namjena Javascript dodatka je razmjena podataka između aplikacije i TV prijemnika. Komunikacija obuhvata razmjenu kontrolnih informacija kao i reakciju na zahtjev korisnika. Primjer zahtjeva korisnika je mijenjanje jačine zvuka TV prijemnika ili promjena usluge koja se trenutno prikazuje (korisnik ima mogućnost upravljanja TV prijemnikom putem aplikacije).

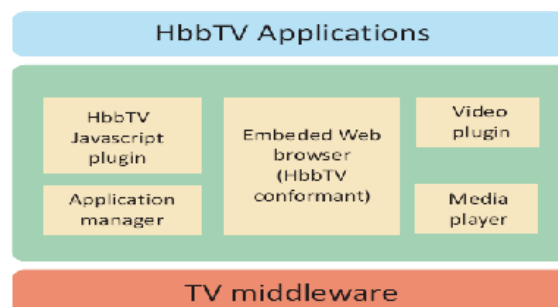
Koncepti interaktivnih aplikacija i digitalnog prenosa TV signala su spojeni u DVB standardu pod oznakom "ETSI TS 102 809" donesenom od strane Evropskog instituta za telekomunikacione standarde (eng. *European Telecommunications Standards Institute*) [5]. Datim dokumentom definisan je način prenošenja informacije o dostupnosti aplikacija putem sistema za digitalni prenos TV signala. Definirani su i načini prenošenja podataka koji sačinjavaju aplikaciju. Na slici 2. prikazan je odnos između HbbTV standarda i ostalih standarda pomenutih u ovom poglavlju.



Sl. 2. Odnos HbbTV standarda sa ostalim relevantnim standardima

III. OPIS FUNKCIONALNOSTI

Na slici 3. prikazane su osnovne komponente DVB TV prijemnika koji je u skladu sa HbbTV standardom.



Sl. 3. Osnovne funkcionalne komponente HbbTV sistema

Programska podrška u TV prijemniku je zadužena za analizu digitalnog prenosnog toka (eng. *Transport Stream*). Osim podataka koji sačinjavaju TV sliku i zvuk u prenosnom toku se nalaze i korisnički podaci, npr. lista usluga koje se prenose datim digitalnim prenosnim tokom. Sa stanovišta HbbTV-a najvažniji su podaci koji čine tabelu informacija o aplikacijama (eng. *Application Information Table*, u daljem tekstu AIT tabela). AIT tabela sadrži informacije neophodne za izvršavanje aplikacija.

Osnovna informacija koja se nalazi u AIT tabeli je informacija o aplikacijama koje su dostupne u datom trenutku. U tabeli se nalazi i informacija o lokaciji aplikacije, tj. na kojoj lokaciji se nalaze podaci neophodni za izvršavanje aplikacije.

Aplikacija se može prenositi na dva načina, širokopojanom mrežom ili u samom digitalnom prenosnom toku. Ukoliko se aplikacija nalazi na internetu, tj. prenosi se širokopojasnom mrežom, iz AIT tabele se isčitava lokacija početne stranice aplikacije (internet adresa) i sa date lokacije podaci se dobijaju HTTP protokolom. Ukoliko se aplikacija prenosi digitalnim prenosnim tokom podaci pristižu u obliku DSM-CC cikličnih objekata (eng. *Digital Storage Media – Command and Control object carousel*). Kanal kojim se prenosi digitalni prenosni tok nema povratnu spregu (jednosmjerna komunikacija), stoga se slanje podataka ponavlja u krug. Kao primjer jednog cikličnog prenosa podataka može se uzeti standardni teletekst. Dakle iako se HbbTV standard odnosi na hibridne TV prijemnike koji imaju i širokopojasnu vezu, internet veza nije neophodna za izvršavanje aplikacija. Ipak, internet veza je poželjna iz razloga većeg propusnog opsega što smanjuje kašnjenje dotoka podataka i omogućuje prenos većeg broja aplikacija.

Sledeći bitan parametar koji se prenosi AIT tabelom je kontrolni kod aplikacije. Ukoliko aplikacija posjeduje kontrolni kod sa vrijednošću „AUTOSTART“, aplikacija se pokreće automatski čim do rukovaoca aplikacijama dođe informacija o prisustvu takve aplikacije. Najčešće takve aplikacije kao početnu stranicu imaju iscrtan samo prikaz crvenog tastera daljinskog upravljača koji nakon izvjesnog vremena nestaje ukoliko korisnik ne pritisne crveni taster. Aplikacija nastavlja da se izvršava u pozadini i postaje vidljiva nakon što korisnik pritisne odgovarajući taster. Najčešće je to upravo crveni taster, pa se stoga ove aplikacije zovu i „Red button“ aplikacije.

Aplikacija može da posjeduje i kontrolni kod sa vrijednošću „PRESENT“. U tom slučaju podaci koji čine aplikaciju mogu da budu unaprijed učitani, ali aplikacija neće biti pokrenuta sve dok korisnik ne pritisne odgovarajući taster. Ukoliko se u AIT tabeli nalazi aplikacija sa kontrolnim kodom „DESTROY“, aktivna instanca date aplikacije će biti uništena. Preporučuje se da se u AIT tabeli nalazi samo jedna aplikacija sa kodom „AUTOSTART“. Interval u kojem će se slati AIT tabele zavisiti od pružaoca usluga.

IV. REALIZACIJA PROGRAMSKE PODRŠKE

U ovom radu je opisano jedno rješenje realizacije sledećih modula programske podrške: rukovalac aplikacijama, JavaScript dodaci internet pregledača kao i sam internet pregledač.

Rukovalac aplikacijama se realizuje kao centralni dio programske podrške. Dati modul, osim osnovne funkcije kontrole životnog ciklusa aplikacija, predstavlja i vezu između ostalih dijelova sistema, prvenstveno u komunikaciji između aplikacije i programske sprege hibridnog TV prijemnika.

Aplikacije se izvršavaju u internet pregledaču (eng. *web browser*). Pregledač je realizovan korištenjem programskog alata GTK+ sa Webkit-om kao dijelom zaduženim za iscrtavane internet sadržaja. Dodata je podrška za prepoznavanje CE-HTML-a kao jezika kojim je napisana aplikacija kao i za pravilnu interpretaciju CE-HTML jezika. Trenutno od najpoznatijih i najkorištenijih pregledača (Firefox, Chrome, Internet Explorer, Opera, Safari...) jedino Opera posjeduje podršku za CE-HTML stranice.

Izmijenjen je i način na koji Webkit iscrta sadržaj stranica, tačnije način na koji osvježava prikaz stranica. Prilikom faze ispitivanja pravilnog prikaza stranica koje čine HbbTV aplikaciju ispostavilo se da optimizacije, urađene u cilju bržeg rada pregledača u dijelu zaduženom za iscrtavane sadržaja internet stranica, uzrokuju probleme pri prikazivanju HbbTV aplikacija, dijelovi stranice su nestajali. Stoga su izvršene izmjene u samom načinu osvježavanja prikaza.

Pregledač je takođe proširen CSS atributima koji omogućavaju prostornu navigaciju koristeći daljinski upravljač.

Osim dodatnih funkcionalnosti samog pregledača i podrške za otvaranje i prikaz HbbTV aplikacija, potrebno je realizovati šest JavaScript dodataka pregledača. Aplikacije imaju mogućnost razmjene podatka sa ostalim dijelovima sistema (pregledač, rukovalac aplikacijama, programska sprega TV prijemnika). Komunicira se posredstvom JavaScript dodataka. Jedan od njih predstavlja simulaciju programske podrške TV prijemnika (*video/broadcast object*) i posredstvom njega aplikacija, odnosno korisnik koji koristi aplikaciju, ima mogućnost korištenja funkcija koje nudi TV prijemnik kao što su promjena jačine zvuka ili promjena usluge koja se prikazuje. Zatim tu je dodatak koji je zadužen za kontrolu i prikaz videa na zahtjev (*audio/video object*). Dalje, tu je i dodatak koji upravlja roditeljskim nadzorom (*oipfParentalControlManager object*) i u zavisnosti od podešavanja ima mogućnost da zabrani prikazivanje

određenih usluga ukoliko nije ispunjen uslov o minimalnom uzrastu kojem je dozvoljeno gledanje (slušanje) određenih usluga. Zatim postoji i dodatak koji ima mogućnost iščitavanja određenih podešavanja TV prijemnika (*oipfConfiguration object*) kao i dodatak koji omogućava razmjenu informacija o mogućnostima TV prijemnika (*oipfCapabilities object*) s ciljem da recimo, ukoliko postoji više verzija jedne te iste aplikacije, pružalac usluga može da izabere optimalnu za dati TV prijemnik. Poslednji dodatak predstavlja vezu između pregledača i aplikacije koja se trenutno izvršava (*oipfApplicationManager object*). JavaScript dodaci se realizuju programskim jezicima C/C++ korištenjem *npapi* programske sprege.

IV. ZAKLJUČAK

HbbTV standard predstavlja pokušaj regulisanja oblasti hibridne televizije na nivou Evrope. Hibridna televizija nije iskoristila potencijal koji posjeduje upravo zbog nedostatka propisa prihvaćenih na širem geografskom području. HbbTV se za sada pokazao kao najozbiljniji kandidat da bude osnovni standard u oblasti hibridne televizije. U prilog ovome govori i činjenica da na primjer najveće televizijske kuće Njemačke i Francuske kao što su ARD, ZDF ili francuska državna televizija u svojoj ponudi imaju i HbbTV aplikacije.

U ovom radu je opisano jedno rješenje realizacije programske podrške koja omogućuje osnovnu funkcionalnost propisanu HbbTV standardom. Dato rješenje je ispitivano na dostupnim HbbTV stranicama i omogućava ispravan prikaz stranica. Dalji razvoj bi obuhvatio potpunu implementaciju HbbTV standarda, uključujući i dodatne funkcionalnosti propisane standardom kao što su podrška za snimanje video sadržaja

(eng. *Personal Video Recorder*), podrška za preuzimanje sadržaja sa interneta (eng. *Download Manager*) i rukovalac pristupa sadržaju zaštićenim autorskim pravima (eng. *Digital Rights Management Agent*).

LITERATURA

- [1] http://www.hbbtv.org/pages/about_hbbtv/specification.php
- [2] Internet prezentacija [HbbTV](#) konzorcijuma
- [3] CEA-2014 revision A: Web-based Protocol and Framework for Remote User Interface on UPnP™ Networks and the Internet (Web4CE)
- [4] Open IPTV Forum Release 1 specification, volume 5: Declarative Application Environment v1.1 <http://www.oipf.tv/downloads.html>
- [5] ETSI TS 102 809: Digital Video Broadcasting (DVB); Signaling and carriage of interactive applications and services in hybrid broadcast / broadband environments; V1.1.1

ABSTRACT

The HbbTV consortium created an open standard for connected TVs and set-top-boxes for harmonizing broadcast and broadband delivery of entertainment to the end user. It enriches watching tv experience with interactive applications. Applications can be delivered either by broadcast or broadband channel. Applications are optimized to be seen on TV sets and all control is done with remote controller. This work represents description of HbbTV standard, description of functionality defined by standard and one solution of implementation of software which provides basic functionality defined by standard.

ONE SOLUTION OF IMPLEMENTATION OF HYBRID BROADCAST BROADBAND TV

Mario Radonjic, Tomislav Maruna, Zeljko Lukac, Branislav Veris, Boris Mlikota, Tatjana Samardzic

OPEN-SOURCE IPTV REŠENJE ZA MALE GRUPE KORISNIKA**OPEN-SOURCE SMALL-SCALE IPTV SOLUTION**Aleksandar Rudić, Željens Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – Ovaj rad opisuje jednostavno rešenje za realizaciju IPTV sistema, pogodno za zatvorene lokalno distribuirane mreže sa manjim brojem korisnika. Predloženo rešenje je zasnovano na Open-Source komponentama. Za njegovu implementaciju nisu potrebna posebna ulaganja niti visok stepen stručnosti. Rad opisuje minimalan sistem, realizovan prema predlogu, i daje kratko uputstvo za realizaciju sličnih sistema. Rad primerom dokazuje skalabilnost IPTV tehnologije, tojest njenu primenljivost, kako u širokim (WAN i MAN) okruženjima, sto je tržišna činjenica, tako i u užim, lokalnim okruženjima.

Abstract – This paper proposes a simple IPTV solution for relatively small user-groups, implemented using available Open-Source software components. Paper describes a minimal functional IPTV system created by autor of this paper, according to presented solution. The goal is to point to scalability of the IPTV technology, meaning to point to its applicability to both – wide environments, WAN & MAN (which is market-proven fact), and also comparably small, campus and bussines organisation networks.

Ključne reči: IPTV, Open-Source

1. UVOD

Internet Protokol televizija (IPTV) je najnoviji, trenutno aktuelan servis za distribuciju televizijskog i drugog video-sadržaja. Definisan je kao multimedijalni servis, koji obuhvata televiziju, video, audio, tekst, grafiku, podatke, koji se isporučuju preko mreže bazirane na IP protokolu, realizovane tako da omogućuje zahtevani nivo kvaliteta servisa i korisničkog iskustva, sigurnosti, interaktivnosti i pouzdanosti [1]. Da bi bilo moguće ispuniti navedene zahteve, potrebno je imati visok stepen kontrole nad mrežnom strukturom koja vrši prenos po IP protokolu. Slobodan, nekontrolisan prenos video-signala preko Interneta, iako može postići visok kvalitet, ne garantuje ispunjenje ovih zahteva [2].

Razlog tome treba tražiti u Internet protokolu, koji ne garantuje isporuku paketa, kao ni njihov ispravan poredak, malo konstantno kašnjenje, niti odsustvo greške [3]. Iz ovog razloga, zahtevani kvalitet servisa mora se obezbediti na nekom od nižih nivoa protokola, kontrolišući fizičke parametre prenosne strukture. Na taj način, mogući IPTV provajderi se svode na subjekte koji u svom vlasništvu imaju prenosnu i distribucionu mrežnu strukturu, ili je neposredno administriraju i kontrolišu.

NAPOMENA:

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

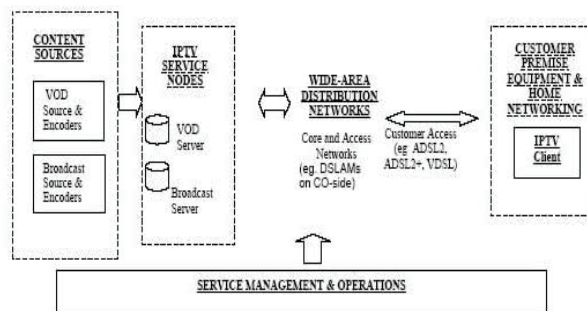
Telekom provajderi očigledno ispunjavaju ovaj uslov, te se oni pojavljuju kao primarni komercijalni provajderi IPTV servisa.

Postoje, međutim, manje organizacije, koje poseduju i održavaju svoje lokalne računarske IP mreže. Ove organizacije mogle bi, u principu, realizovati mali zatvoreni IPTV sistem u okvirima svoje lokalne mreže. Motivi za to bi mogli biti ostvarenje kvalitetnije komunikacije, interaktivna video nastava ili obuka, različita istraživanja vezana za IPTV ili video tehnologiju, i drugo.

Problem koji se pri tome javlja jeste ogromna cena namenski projektovanih IPTV sistema. U ovom radu izlaže se jedna jednostavna implementacija IPTV sistema, pogodna za takve organizacije, za čiju realizaciju nije potrebno izdvojiti materijalna sredstva veća od onih koje podrazumeva izgradnja i održavanje klasične lokalne računarske mreže.

2. IPTV ARHITEKTURA

IPTV sistem sastoji se iz sledećih funkcionalnih domena (slika 1): 1) Domen izvora sadržaja, 2) Domen provajdera servisa 3) Domen prenosne mreže i 4) Korisnički domen [4]. Domen izvora sadržaja je sačinjen od tzv. SVHE (Super Video Head End) čvora, ili više VHE (Video Head End) čvorova, sa linkovima i/ili gateway-ima prema drugim sistemima. Funkcija ovog domena je preuzimanje sadržaja (*content ingestion*), zatim transkodovanje, indeksiranje, formiranje kataloga, skladištenje, i generisanje dodatnih podataka (*metadata*). Domen provajdera servisa čine servisni čvorovi. U servisne čvorove ubrajaju se VoD i LinearTV broadcast serveri, kao i Web serveri za pristup servisima, autentikaciju i drugo. Domen prenosne mreže čine linkovi i čvorovi kontrolisane i zatvorene (*managed*) IP mreže, zajedno sa pristupnim čvorovima i korisničkim linijama. Korisnički domen može obuhvatati jedan ili više klijentskih uređaja sa ili bez korisničke lokalne mreže.



Slika 1. Arhitektura IPTV sistema na visokom nivou

Zbog specifičnosti implementacije, u ovom radu posebna pažnja je posvećena osnovnim servisnim čvorovima, kojima su pridodate neophodne SVHE komponente, odnosno funkcionalnost domena izvora.

2.1. Medija server

Medija server je servisni čvor IPTV sistema koji obrađuje korisničke zahteve i vrši emitovanje sadržaja. On definiše servise i mogućnosti IPTV sistema. U tekućem rešenju, zbog jednostavnosti, medija server je koncipiran kao strogo centralizovan. Svi servisi i kompletan podržan skup SVHE funkcionalnosti realizovani su na istoj fizičkoj platformi. Sledeće funkcije spadaju u domen medija servera: 1) prijem neobrađenog sadržaja 2) transkodovanje 3) multipleks 4) generisanje dodatnih podataka 5) definisanje servisa 6) obrada korisničkih zahteva, i 7) isporuka sadržaja u skladu sa definicijom servisa. Video sadržaj koji je potrebno preuzeti može biti video-signal u realnom vremenu ili video-datoteka. U oba slučaja, preuzeti sadržaj se u principu ne može proslediti korisnicima u originalnom obliku. De-facto standard, koji poštuju proizvođači IPTV opreme i projektanti IPTV rešenja jeste da kompletan video sadržaj koji se prenosi kroz IPTV sistem treba biti formatiran u MPEG2 TS pakete i prethodno komprimovan u skladu sa MPEG2, MPEG4 ili H.264 standardom. Postupak prevođenja video-zapisa iz prvobitnih u zahtevane formate naziva se transkodovanje.

Procedura pri transkodovanju je sledeća: Prvo se prepoznaje format datoteke ili toka podataka, nakon čega se primenjuje odgovarajući demultiplekser. Demultiplekser iz datoteke ili paketskog toka izdvaja video, audio, kontrolne i ostale elementarne tokove, koji se zatim prosleđuju odgovarajućim video, odnosno audio dekodernima. Dekodovanjem se dobija video i audio materijal u sirovom obliku koji se privremeno skladišti i zatim prosleđuje odgovarajućem (MPEG2, MPEG4, H.264, MP3, AAC...) koderu. Svi tokovi se simultano koduju i zatim multipleksiraju u MPEG TS pakete, odnosno TS datoteke. TS paketski tok ili TS datoteka su sada spremni za emitovanje u IPTV mrežu. Ovaj postupak je moguće primeniti neposredno po prijemu zahteva za emitovanjem od klijenta.

Važno je, međutim, napomenuti da je transkodovanje veoma zahtevno procesorski i memorijski, pa je povoljno i potrebno izvršiti ga pre samog prikazivanja, i to po mogućnosti u vremenu kada server ne procesira zahteve za emitovanjem, ili na posebnom računaru, rezervisanom u tu svrhu. Izuzetak su tokovi koji pristižu u realnom vremenu, u trenutku kada ih je potrebno emitovati. Tada je i samo transkodovanje neophodno izvesti u realnom vremenu. Noviji serverski i PC računari imaju dovoljnu procesorsku snagu i memoriju za transkodovanje jednog HD kanala u realnom vremenu. Ako je potrebno vršiti istovremeno preuzimanje, transkodovanje i reemitovanje više kanala u realnom vremenu, poželjno je dodeliti po jedan serverski računar svakom kanalu.

Glavna funkcija medija servera jeste isporuka paketskog toka sa kodovanim video zapisom u mrežu ka korisniku, odnosno korisnicima. Servisi koje u tom smislu pruža medija server mogu se generalno podeliti u dve klase: 1) *linear streaming* i 2) *on-demand streaming*.

Linear streaming se karakteriše jednosmernom komunikacijom od servera ka klijentu. Prijemnik pasivno prima signal i može ga reprodukovati, snimiti ili ignorisati. Realizacija *linear streaming*-a sa strane medija servera relativno je jednostavna. Operacije servera se svode na

pakovanje TS paketa u UDP pakete i prosleđivanje paketa IP protokolu na *unicast*, *multicast* ili *broadcast* adresu.

On-demand streaming uvek inicira klijent ispostavljajući zahtev za otvaranje sesije preko RTSP protokola, protokola specijalno namenjenog kontroli transporta paketa sa video-sadržajem. Da bi *on-demand streaming* bio moguć, medija server mora imati ugrađen RTSP server sa minimalno podržanim OPTIONS, SETUP, PLAY, i TEARDOWN metodama RTSP protokola [5]. Komplementarna funkcionalnost očekuje se na klijentskoj strani.

Sekvenca operacija je sledeća: 1) prijem zahteva za uspostavljanjem sesije, zahtev sadrži URL traženog video zapisa u obliku rtsp://mediaserver.domain:rtsp_port/mount_point/video.ts 2) odgovor na zahtev, dodela identifikatora sesije, uspostavljanje sesije 3) potvrda da je sesija uspešno uspostavljena, 4) izbor protokola transportnog nivoa (UDP, TCP, RTP), slanje paketa na isti način kao u linearnom slučaju. Opciono, medija server može uz video-datoteku sadržati pomoćnu datoteku u kojoj su indeksirane vremenske pozicije u video-zapisu radi omogućavanja naprednijih *Trick-Mode* funkcija (*seeking*, *fast forward*, *fast rewind*, *slow motion*, *slow revind*, *jump forward/backward*...).

2.2. Web server

Slično mnogim modernim distribuiranim softverskim sistemima, IPTV najčešće koristi Web user interfejs. IPTV EPG (*Electronic Program Guide*) i prateći meniji (autorizacija, upiti i pregledi VoD baza podataka i korisničkog naloga itd.) najčešće su realizovani kao Web aplikacije. Za postavljanje tih aplikacija, slično postavljanju klasičnog Web-sajta, potrebno je da postoji Web-server. Web server sa korisničkog interfejsa prima zahteve za servisom u formi standardnog HTTP zahteva. Primer URL-a HTTP zahteva je

http://webserver.domain/mount_point/metafile.xspf.

Procesiranjem HTTP zahteva ostvaruje se komunikacija između klijenta i medija servera. Tačnije, procesiranjem HTTP zahteva inicijalizuje se klijentska komponenta IPTV sistema i prosleđuju joj se parametri neophodni za uspostavljanje sesije ili drugog oblika komunikacije sa medija serverom, radi dobijanja željenog servisa. Web server komunicira sa klijentskim sistemom slanjem MIME poruka, pomoću kojih se reguliše način na koji klijent procesira preuzete podatke. Da bi komunikacija bila moguća, potrebno je izvršiti odgovarajuća MIME podešavanja na serveru i klijentu.

Komunikacija između klijenta i servera se odigrava na sledeći način: 1) Korisnik se konektuje na IPTV sistem, ispred sebe dobija meni u obliku HTML stranice. 2) Izborom linka na stranici, korisnik selektuje HTTP zahtev 3) Klijentska browser jedinica ispostavlja HTTP zahtev web serveru sa URL-om meta fajla u kom se nalaze instrukcije za klijentsku video-komponentu i/ili RTSP klijent. 4) Server preuzima zahtev i na njega odgovara slanjem traženog instrukcijskog meta fajla i MIME poruke. 5) Klijent na osnovi MIME poruke pokreće odgovarajuću komponentu i prosleđuje joj podatke pristigle sa Web servera 6) Klijentska video komponenta obrađuje podatke iz meta fajla i inicira komunikaciju opisanu u poglavlju 2.1.

2.3. Ostale komponente

U ostale delove sistema spadaju prenosna i pristupna mreža, zatim korisničke instalacije i prijemni uređaji. Prenosna mreža (*backbone*) povezuje međusobno VHE čvorove, servisne čvorove, i mrežne čvorove na trećem sloju OSI modela od kojih vode veze prema korisnicima. U praksi, arhitektura prenosne mreže može biti veoma složena. Složena arhitektura prenosne mreže je neophodna kako bi se ostvarilo kvalitetno funkcionisanje sistema sa velikim brojem distribuiranih servisnih čvorova uz dovoljno malo vreme odziva sistema na najrazličitije korisničke zahteve, kako bi se optimalno koristio propusni opseg i kako bi se obezbedili redundantni kapaciteti u slučaju jednostrukih ili višestrukih ispada.

Mnoga rešenja i mnogi protokoli postoje u te svrhe. Pregled jednog od industrijskih rešenja može se naći u [6]. Pristupna mreža povezuje mrežne distribucione čvorove sa korisničkim instalacijama. Ona prema tome obuhvata skup digitalnih širokopojasnih linija sa pridruženom opremom koja formira vezu na nivou voda podataka (DSLAM, kablovski modem, *Ethernet switch* itd.). Pristupna linija treba da obezbedi dovoljan protok i dovoljno malu vrednost verovatnoće greške. Korisničke instalacije predstavljaju linije unutar kuće ili stana korisnika koje spajaju širokopojasni pristup sa prijemnim uređajem.

Potreba za ovim linijama postoji zato što se često jedan širokopojasni pristup koristi za više servisa (IPTV, širokopojasni Internet, VoIP itd.) ili u kući postoji više IPTV prijemnika koji koriste isti širokopojasni pristup. Korisničke instalacije nisu tema ovog rada, ali вреди napomenuti da je njihova kvalitetna realizacija veoma bitna.

U praksi, veoma veliki ako ne najveći broj degradacija kvaliteta IPTV servisa uzrokovan je kvarovima ili nepravilnim postavljanjem korisničkih instalacija. Prijemni uređaj može biti IPTV *set-top box* ili PC sa odgovarajućim softverom. U oba slučaja klijentski uređaj objedinjuje Web pretraživač, TS demultiplekser, niz audio i video kodeka, RTSP klijent, aplikaciju za video i audio reprodukciju, i prilagođen korisnički interfejs. Razlika između njih je u tome što je kod *set-top box* uređaja većina ovih komponenti realizovana hardverski, dok je kod PC klijenta realizacija čisto softverska.

3. IMPLEMENTACIJA

Sistem koji demonstrira predloženo rešenje realizovan je kao sistem sa jednim medija i Web serverom koji dele isti fizički host računar. Iako ne postoje ograničenja, u smislu arhitekture, na broj i distribuciju klijentskih uređaja (sve dok se klijenti nalaze u istoj mreži na nivou voda podataka sa medija serverom), razvoj sistema i njegovo testiranje je vršeno u lokalnu, sa klijentom koji se nalazi na istoj fizičkoj platformi sa oba servera. Realizovana su dva osnovna servisa: *LinearTV* i *Video-on-Demand* (VoD). VoD servis je realizovan u dva moda.

Prvi omogućava potpunu *Trick-Mode* funkcionalnost, ali je kvalitet reprodukovano video signala nešto niži i protok nešto viši zbog primenjene MPEG2 kompresije.

Drugi nudi video on demand samo sa *pause* opcijom, ali ima visok kvalitet uz niži protok, zahvaljujući H.264 kompresiji. Merenje protoka između klijenta i servera u ovoj konfiguraciji je otežano, ali slična merenja autor je

vršio ranije i njihovi rezultati se slažu sa teorijskim pretpostavkama, i procenama i merenjima u sistemima velikih proizvođača (8 - 12 Mb/s za H.264 komprimovani HD kanal kao što je navedeno u [6]).

3.1. Klijent

Klijent u demonstriranom sistemu sastoji se iz dve komponente. Prva je HTTP klijent, odnosno web pretraživač – korišten je Microsoft Internet Explorer 7.0. Druga je video komponenta i ona obuhvata MPEG2, MPEG4, H.264, MP3 i AAC dekodere i MPEG2 TS demultiplekser, zatim RTSP klijent i program za video i audio reprodukciju. Open-Source VLC Player, razvijen od strane VideoLan Community [7], integriše, između ostalih, sve nabrojane komponente.

3.2. Medija server

Medija server, u skladu sa funkcionalnošću opisanom u 2.1, objedinjuje sledeće komponente, odnosno grupe komponentata: 1) komponente za transkodovanje i pripremu video zapisa 2) streaming komponente i 3) RTSP server.

Za transkodovanje je upotrebljen *OpenSource* program MediaCoder [8]. MediaCoder nudi grafički korisnički interfejs i kontroliše kompletan proces transkodovanja. Kodeci koji se koriste za komprimovanje signala dekodovanih iz izvornog materijala u formate H.264, MPEG2, MPEG4, MP3 i AAC su redom x264, ffmpeg, lame-mp3 i faac. Za kompletiranje operacije primenjuje se standardni MPEG2 TS MUX multiplekser. Sve nabrojane komponente dostupne su pod GNU Open Source licencom [9].

Dodatna radnja koju je potrebno izvršiti u svrhu potpune *trick-mode* funkcionalnosti jeste indeksiranje .ts fajlova. Rezultat ovog postupka jeste fajl koji sadrži pozicije frejmova u transportnom streamu. Indeksni fajl se jednostavno generiše pomoću koda koji je dostupan u Open Source Live555 dinamičkim bibliotekama [10]. Funkcionalnost RTSP servera i streaming servera takođe je obuhvaćena Live555 dinamičkim bibliotekama, te one omogućavaju razvoj streaming aplikacija po želji. Autor je naknadno pronašao izvršnu verziju servera koja implementira Live555 kod, koja zadovoljava sve potrebe razvijanog medija servera. VLC Player takođe poseduje mali streaming server, ali bez ugrađenog kompletnog RTSP servera. VLC Player je stoga upotrebljen za realizaciju linearnog TV programa.

Postavljanje (inicijalizacija) vrši se startovanjem Live555 streaming servera na kom je prethodno mount-ovan proizvoljan broj TS video fajlova čiji se sadržaj želi uvrstiti u VoD servis. Uz svaki TS fajl, potrebno je da se nalazi indeksni fajl sa ekstenzijom .tsx i istim nazivom kao .ts fajl. Podešavanje portova nije neophodno, jer server i klijent (VLC) po default-u koriste standardni RTSP port (554).

Linearni TV servis se inicira pozivom VLC-a iz komandne linije i to tako što se kao prvi parametar unosi naziv fajla, zatim URL koji se sastoji iz IP adrese na koju se vrši streaming, i porta, koji je proizvoljan (npr. 12345), ali mora biti poznat klijentu u trenutku prijema, jer predstavlja identifikator kanala.

Novi kanal mora biti označen drugim portom. Na ovaj način može se vršiti istovremeno emitovanje proizvoljnog broja kanala, poštujući činjenicu da svaki novi kanal dodaje približno 8 Mb/s digitalnog protoka (HD, H.264).

3.3. Web server

Kao web server korišten je besplatni Open-Source Apache server. Apache se distribuira u formi izvornog koda ili u izvršnom obliku za pojedine operativne sisteme. Za Windows i Linux postoji programski paket XAMPP koji objedinjuje Apache Web server i još nekoliko korisnih Open-Source aplikacija i uz to poseduje ograničeni grafički UI. Podešavanje Apache servera vrši se izmenama u konfiguracionom XML fajlu, mada osim eventualnog MIME podešavanja za XSPF fajlove, nije potrebno menjati podrazumevanu konfiguraciju. Izrada i postavljanje HTML stranica za menije i EPG ni po čemu se ne razlikuje od izrade klasične web prezentacije, i može uključivati sve grafičke i ostale efekte (osim klijentskog skriptinga), ali zbog jednostavnosti realizovana je isključivo u HTML-u pomoću Notepad tekst editora.

Važno je napomenuti da linkovi na menijima nipošto ne mogu sadržati direktne zahteve za servisom od medija servera, koji se ispostavljaju preko RTSP i UDP protokola, jer web browser nije u mogućnosti da ispostavlja ove zahteve (to može samo klijentska komponenta *streaming* aplikacije, u ovom slučaju VLC). Zato se pribegava sledećoj tehnici: Linkovi na stranici ne sadrže direktni URL stream-a ili video fajla, već link ka meta-fajlu koji je razumljiv klijentskoj aplikaciji. Meta-fajl sadrži RTSP ili UDP URL. Svaka klijentska aplikacija ima svoj tip meta-fajla koji je za nju razumljiv. Meta-fajl koji koristi VLC Player ima ekstenziju XSPF. To je tekstualni fajl u XML formatu, koji je zgodan između ostalog i zato što, osim URL-a fajla koji je potrebno reprodukovati, sadrži brojne opcije reprodukcije video fajla. Meta-fajl je moguće ručno napisati i editovati, ili generisati u VLC player-u (autor preporučuje prvi način).

Tokom testiranja uočen je problem pri otvaranju XSPF fajla: Kada se u browserima Mozilla Firefox ili Google Chrome pokrene link ka meta-fajlu, sadržaj samog fajla, umesto da se prosledi klijentu, prikazuje se u tekstualnom obliku u browser prozoru. Autor je došao do saznanja da različiti browseri različito tumače ekstenzije fajlova i MIME poruke. Konkretno, pomenuti browseri kratko pregledaju strukturu fajla i ako pri tome dođe do prepoznavanja, zanemaruju ekstenziju i MIME poruku. U datom slučaju, fajl je prepoznat kao XML i kao takav prosleđen browseru umesto klijentu.

3.4. Mrežna struktura

Kako je rešenje koje se ovde izlaže namenjeno isključivo za implementaciju u lokalnim mrežnim okruženjima, u kojima se ne očekuje da razdaljine između servisnih čvorova i terminalnih uređaja budu veće od nekoliko stotina metara, pri projektovanju nisu uzeti u obzir parametri kvaliteta servisa kao što su kašnjenje ili verovatnoća greške. Smatraće se da klasična LAN mreža realizovana u skladu sa standardom pruža dovoljan nivo kvaliteta servisa. Od značaja međutim, jeste bitski protok. Mrežna tehnologija koja se najčešće koristi za realizaciju LAN mreža je Fast Ethernet, odnosno IEEE 802.3 u. Ovim standardom deklarisan je maksimalan protok od

100 Mb/s, ali u praksi korisni protok koji se može ostvariti je obično negde ispod 50%. Imajući u vidu ranije pomenute podatke, ovo ograničava broj kanala koji se istovremeno mogu prenositi po jednoj Fast Ethernet liniji. To dalje znači da je za realizaciju sistema u kome se očekuje da će broj kanala biti veći od, približno, 6 (recimo kod *backbone* struktura za VoD) potrebno koristiti Gigabit Ethernet ili neki sličan standard.

4. ZAKLJUČAK

Opisano pojednostavljeno IPTV rešenje daje dobre performanse, pruža visok kvalitet HD video-signala, relativno brz odziv i krajnje jednostavno korišćenje. Postavljanje i održavanje sistema nije značajno složenije od postavljanja i administriranja web sajta, lokalne računarske mreže i video-baze podataka, te ne zahteva specijalnu dodatnu obuku osoblja. Primenjene komponente su besplatne i lako dostupne, te su materijalna ulaganja svedena na minimum. Malim izmenama u konfiguraciji i prostim skaliranjem nekih elemenata, sistem se može učiniti dostupnim i velikom broju korisnika.

U tom i drugim vidovima, postoji prostor za unapređenje. Na osnovu prethodnih zaključaka, autor smatra da predloženo rešenje može biti od koristi svim organizacijama koje su zainteresovane za neprofitnu ili probnu implementaciju IPTV tehnologije ili nekih od njenih servisa.

5. LITERATURA

- [1] "IPTV Standardisation on Track, Say Industry Experts", *ITU-T Newslog*, October 27, 2006
- [2] D. Miras „A Survey of Network QoS Needs of Advanced Internet Applications – Working Document“, Internet2 QoS Group, 2002
- [3] A. Tannenbaum „Computer Networks“, Addison Wesley, 1998
- [4] „Open IPTV Forum - Functional Architecture“, Open IPTV Forum, December 2008
- [5] H. Schulzrinne, A. Rao, R. Lanphier, „Real Time Streaming Protocol (RTSP)“, *RFC2326*, Network Working Group, Internet Engineering Task Force, April 1998, <http://www.ietf.org>
- [6] „High quality and resilient IPTV multicast architecture“, *Technical White Paper*, Nokia Siemens Networks & Juniper Networks
- [7] <http://www.videolan.org>
- [8] <http://www.mediacoderhq.com>
- [9] <http://www.gnu.org/licenses/gpl.html>
- [10] <http://www.live555.org>

Kratka biografija:



Aleksandar Rudić rođen je u Zrenjaninu 1984. 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. godine. Od 2004. godine ima zvanje vanrednog profesora na Fakultetu tehničkih nauka. Oblast interesovanja su telekomunikacije i obrada signala.

PODELA GRAFA DISTRIBUIRANIM GENETSKIM ALGORITMOM GRAPH PARTITIONING BY DISTRIBUTED GENETIC ALGORITHM

Dragan Mihajlović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je opisana implementacija podele grafa na regione. Podela je vršena sekvencijalnim, paralelnim i distribuiranim genetskim algoritmima sa varijacijama parametara. Analizirani su rezultati dobijeni na grafu koji predstavlja realan primer modela povezanosti elemenata distributivne elektroenergetske mreže. Podela omogućava da se model distribuira na više računara i time olakša upotreba veoma velikih modela mreža.

Abstract – This paper describes the implementation of graph division into regions. The division is carried out by sequential, parallel and distributed genetic algorithms with various parameter variations. The results obtained using the graph that represents a real example of the connecting model of electric power networks are analyzed. The division makes possible the distribution of model on multiple computers, thereby making usage of very large network models easier.

Ključne reči – genetski algoritam, graf, paralelno i distribuirano programiranje

1. UVOD

Podaci o distributivnoj elektroenergetskoj mreži se modeluju u distributivnom menadžment sistemu (DMS) kako bi se na modelu vršile razne simulacije i optimizacioni proračuni. Velike energetske mreže zahtevaju veliki memorijski prostor za skladištenje podataka, kao i snažan računar za obradu. Drugi pristup je da se mreža podeli u grupe i da se podaci iz svake grupe obrađuju na posebnom računaru. Time se usložnjava implementacija, ali se smanjuje cena hardvera jer se upotrebljavaju jeftiniji računari. Da bi se obezbedila maksimalna iskorišćenost, potrebno je podeliti mrežu tako da svaki računar bude podjednako opterećen podacima, u smislu brzine izvršavanja i memorijskog zauzeća.

U ovom radu je opisana podela grafa koji predstavlja model elektroenergetske mreže [1]. Na osnovu kriterijuma optimalnosti, graf se deli na zadati broj grupa (delova mreže) koje se mogu rasporediti na više računara u cilju efikasnije obrade podataka. Opisana je podela genetskim algoritmom koji se može pokrenuti sekvencijalno, paralelno i distribuirano [2]. Izvršena je podela realnog modela elektroenergetske mreže koji je predstavljen grafom i analizirani su dobijeni rezultati.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Aleksandar Erdeljan, docent.

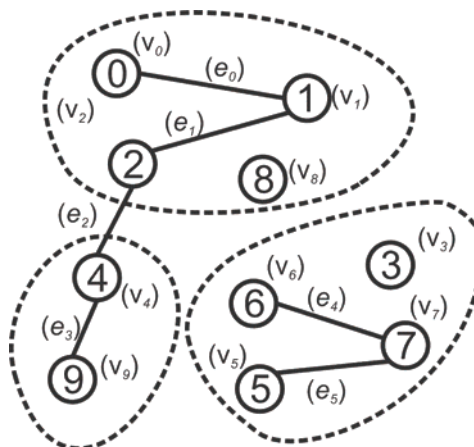
2. PREDSTAVLJANJE GRAFA I ZADATAK

Razmatrani graf je neusmeren, sa konačnim brojem elemenata i čine ga čvorovi povezani granama. Označen je sa $G = (V, E)$. Svaki čvor je određen svojom težinom i $V = \{v_1, v_2 \dots v_n\}$ predstavlja skup težina čvorova, gde indeks težine čvora odgovara rednom broju čvora u grafu. Svaka grana je određena svojom težinom i $E = \{e_1, e_2 \dots e_m\}$ predstavlja skup težina grana, gde indeks težine grane odgovara rednom broju grane u grafu (slika 1).

Zadatak je podeliti graf G u M grupa, takvih da su težine veza između grupa minimalne, a zbrojevi težina veza unutar grupa maksimalni. Ograničenje je maksimalna dozvoljena vrednost zbira težina čvorova u okviru jedne grupe (MDV) i računa se kao

$$MDV = (1 + x) \frac{\sum v_i}{M} \quad (1)$$

gde x predstavlja procenat tolerancije odstupanja od srednje veličine regiona, v_i težine čvorova, a M ukupan broj grupa na koje se graf deli.



Slika 1. Primer grafa podeljenog u tri grupe

3. MODELOVANJE GRAFA

Graf se obično modeluje nizom težina čvorova i matricom povezanosti. Indeksi niza predstavljaju redne brojeve čvorova, a elementi niza težine odgovarajućeg čvora. Indeksi redova, odnosno kolona matrice povezanosti su takođe redni brojevi čvorova grafa, a elementi matrice su težine grana između dva odgovarajuća čvora. Matrica je simetrična i ukoliko između dva čvora ne postoji veza, težina grane je označena nulom.

Drugi način modelovanja jeste pomoću liste povezanosti [3]. Težine čvorova su smeštene u niz, kao i u predhodnom slučaju, dok se umesto matrice koristi lista, dužine jednake broju čvorova u grafu. Indeks elementa liste odgovara red-

nom broju čvora, a kao element je smešten niz rednih brojeva čvorova sa kojima je dati čvor povezan.

4. GENETSKI ALGORITAM

Genetski algoritmi su stohastični algoritmi koji služe za pretragu prostora stanja i rešavanje optimizacionih problema, a zasnovani su na prirodnim evolucionim procesima. Algoritam se sprovodi nad populacijom jedinki, pri čemu svaka jedinka predstavlja jedno rešenje problema. Jedinka je predstavljena svojim hromozomom. Hromozom je modelovan nizom čija je dužina jednaka broju čvorova u grafu, pri čemu svaki indeks niza odgovara indeksu čvora u grafu. Vrednosti koje se smeštaju u niz su brojevi koji označavaju kojoj grupi pripada odgovarajući čvor u grafu (slika 2).

0	0	0	1	2	1	1	1	0	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Slika 2. Primer jedinke koja odgovara stanju grafa sa slike 1

Fitness označava kvalitet jedinke, odnosno rešenja. Označava se sa F i računa se kao suma fitness-a grupa.

$$F = \sum_{i=0}^{M-1} (F_g)_i \quad (2)$$

Fintess grupa (F_g) se računa kao zbir težina svih stranica e između čvorova (v_j, v_k) koje pripadaju toj grupi M_g .

$$F_g = \sum_{j,k \in M_g} e(v_j, v_k) \quad (3)$$

Cilj optimizacije je odrediti maksimum vrednosti F .

4.1 Tok algoritma

Kreiranje inicijalne populacije:

- Kreirati jedinku (ponavlja se onoliko puta koliko jedinki želimo da imamo u populaciji)
 - Svakoju poziciju u hromozomu dodeliti slučajno izabran redni broj neke od grupa
 - Proveriti da li je svaka grupa bar jednom zastupljena
 - Izračunati fitness jedinke
 - Uvrstiti jedinku u populaciju
- Sortirati populaciju po rastućem fitness-u
- Jednu ili više najboljih jedinki označiti kao elitne

Nakon kreiranja inicijalne populacije, sledeći koraci algoritma se iterativno ponavljaju i svaka iteracija predstavlja stvaranje sledeće generacije jedinki koja nastaje od trenutne populacije.

Proces stvaranja sledeće generacije započinje selekcijom jedinki koje će učestvovati u ukrštanju. Postoje tri tipa selekcije: rulet, turnir i slučajna selekcija. **Rulet** selekcija favorizuje bolje jedinke i daje im veću šansu da budu izabrane [4]. Prvo se izračuna ukupan fitness cele populacije i izabere slučajna vrednost između nule i ukupnog fitness-a. Potom algoritam prolazi kroz celu populaciju i sabira jedan po jedan fitness svake jedinke. Kada zbir dostigne slučajno izabranu vrednost koja je ranije generisana, rulet se zaustavlja i jedinka čiji je fitness poslednji uvršten u zbir se uzima za ukrštanje. Selekcija se ponavlja sve dok ne bude izabran zadati broj jedinki koje će učestvovati u reprodukciji. **Turnirska** selekcija na slučajan način bira određen broj jedinki i od njih formira turnirsku grupu [4]. Potom se traži najbolja jedinka iz

grupe i ona se uzima za reprodukciju. U zavisnosti od veličine turnirske grupe menja se i šansa da bolje ili lošije jedinke učestvuju u reprodukciji. Ukoliko je grupa manja, raste šansa slabijih jedinki da budu izabrane. **Slučajna** selekcija na stohastičan način bira jedinke koje će učestvovati u reprodukciji i tada sve jedinke imaju podjednaku šansu da budu izabrane [5]. Time se gubi na kvalitetu jedinki u reprodukciji, ali se dobija na brzini izvršavanja jer je algoritam jednostavniji.

Sledeći korak je ukrštanje izabranih jedinki. Operator ukrštanja se naziva **crossover**. Prvi korak je da se izabrane jedinke podele u dve grupe – očeve i majke. U obe grupe mora biti podjednak broj jedinki, razmeštenih na slučajan način. Parovi jedinki se ukrštaju crossover-om tako što se na slučajan način bira jedna ili više pozicija u hromozomu koje predstavljaju tačke ukrštanja. Do te pozicije hromozom potomka uzima vrednosti hromozoma jednog roditelja, a nakon te pozicije, vrednosti hromozoma drugog roditelja (slika 3).

0	1	0	2	2	1	0	0	2	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

2	0	0	1	0	2	2	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

0	1	0	2	0	2	2	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Slika 3. Primer crossover-a između dve jedinke sa jednom tačkom ukrštanja

Kada je potomak formiran, potrebno je izračunati njegov fitness. Najbolja jedinka od troje otac, majka, potomak se uvrštava u kandidate za sledeću generaciju. Problem koji može nastati prilikom crossover-a je da potomak nema zastupljenu jednu ili više grupa u svom hromozomu. Takava jedinka se odbacuje. Postoji i drugi način, crossover sa očuvanjem najbolje grupe. Prilikom računanja fitness-a jedinke, pamte se i vrednosti fitness-a po grupama. Samim tim je poznato i koja grupa ima najbolji fitness. Ideja crossover-a sa očuvanjem najbolje grupe je da se najbolja grupa iz boljeg roditelja kompletna prebaci na potomka. Na ostalim pozicijama u hromozomu se nasleđuju vrednosti grupa iz lošijeg roditelja.

Nakon reprodukcije sledi **mutacija** jedinki. Jedinke kandidati za mutaciju se biraju na slučajan način i bira se unapred određen broj jedinki, na kojima se na slučajno izabranoj poziciji na hromozomu promeni vrednost gena (slika 4). Kao i kod reprodukcije, nakon mutacije potrebno je proveriti da li je i dalje svaka grupa zastupljena sa bar jednim čvorom i izračunati fitness jedinke nastale mutacijom.

0	2	0	2	2	1	0	0	2	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

0	2	0	1	2	1	0	0	2	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Slika 4. Primer mutacije

Swap mutacija je još jedan oblik mutacije, gde dva slučajno izabrana čvora zamenjuju vrednosti grupa kojima pripadaju (slika 5).

0	2	0	2	2	1	0	0	2	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

0	2	0	0	2	1	2	0	2	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Slika 5. Primer swap mutacije

Tada nije potrebno vršiti proveru zastupljenosti grupa, već samo izračunati fitness nove jedinke.

Sve nove jedinke (nastale reprodukcijom, mutacijom i swap mutacijom) se uvrštavaju u populaciju, koja se potom sortira po rastućem fitness-u. Višak jedinki sa lošijim fitness-om se odbacuje, tako da se u sledeću iteraciju ulazi sa istim brojem jedinki kao i u prošloj generaciji.

Crossover omogućava prenošenje dobrih osobina na sledeće generacije, međutim može se desiti da cela populacija poprimi osobine najbolje jedinke i da sve imaju identičan hromozom. Ta pojava se naziva **lokalni optimum** i registruje se tako što nakon sortiranja najbolja i najlošija jedinka imaju isti fitness. Tada algoritam ne može dalje da napreduje. Da bi nastavio sa konvergencijom, potrebno je uništiti deo populacije i generisati nove jedinke na slučajan način, dok najbolje jedinke moraju ostati sačuvane.

4.2 Distribuirani genetski algoritam

Idea distribuiranog genetskog algoritma je da istovremeno postoji više populacija koje će nezavisno napredovati, a koje bi nakon određenog broja iteracija razmenjivale svoje najbolje jedinke. Distribuiranost se oslanja na *Message Passing Interface* (MPI) kao mehanizam za razmenu podataka između procesa. Takođe, distribuirani algoritam je moguće pokrenuti i paralelno na jednom računaru. Proces se razlikuje po svom jedinstvenom rednom broju koji se naziva *rank*.

Proces sa rankom nula je glavni i zadužen je za prikupljanje i raspodelu najboljih jedinki. On prima najbolje jedinke od svih procesa, ubacuje ih u niz i sortira. Potom najbolju jedinku iz niza šalje svim procesima i oni je uvrštavaju u svoju populaciju [6].

Broj jedinki koji se razmenjuje i frekvencija razmene između populacija mogu da variraju. Još jedna prednost distribuiranog genetskog algoritma je mogućnost da se svaki proces pokrene sa različitom kombinacijom parametara. Time je omogućeno da različite populacije na različit način evoluiraju.

5. REZULTATI

Softversko rešenje realizovano je programskim jezikom C# u Microsoft.NET okruženju. Za testiranje algoritma je korišćen graf sa 54 čvora i 44 grane, koji je potrebno podeliti na 2, 3, 4, 5 i 6 grupa, sa tolerancijama 10%, 20% i 30%. Analizirane su dobijene vrednosti najboljeg fitness-a u populaciji kao i vremena izvršenja algoritma.

Algoritam je pokretan sekvencijalno, paralelno i distribuirano. Paralelni i distribuirani algoritmi imaju identičan kod, a razlika je samo u tome što se paralelni izvršava sa 6 procesa na jednom računaru, a distribuirani sa po 2 procesa na 3 računara (jedan proces po jezgu procesora).

Sekvencijalni se izvršava kao jedan proces na jednom računaru i za razliku od druga dva algoritma se izvršava samo nad jednom populacijom.

Graf je modelovan na oba načina, matricom povezanosti i listom povezanosti. Testiran je klasičan crossover i crossover sa očuvanjem najbolje grupe. Menjani su parametri frekvencije mutacije i swap mutacije, broj jedinki koje učestvuju u crossover-u, broj elitnih jedinki i načini selekcije. Kod paralelnog i distribuiranog algoritma je menjana frekvencija razmene jedinki između procesa i

procesu su pokretani sa istim i kombinovanim parametrima. Populacije su sačinjene od 100 jedinki, koje prolaze kroz 100 i 1000 generacija. Za svaku kombinaciju parametara je algoritam pokrenut 100 puta i za analizu su uzete srednje vrednosti rezultata.

Način modelovanja grafa direktno utiče na vreme izvršenja algoritma. Predstavljanje matricom povezanosti je dalo daleko bolje rezultate u pogledu brzine izvršavanja u odnosu na listu povezanosti.

Klasični crossover je dao bolja rešenja, a i brže vreme izvršavanja u odnosu na crossover sa očuvanjem najbolje grupe.

Zbog toga su u daljem testiranju korišćeni isključivo predstavljanje grafa matricom i klasični crossover. Povećanjem parametra broja jedinki koje učestvuju u reprodukciji, mutaciji i swap mutaciji dobijaju se i bolji rezultati, ali se i troši i srazmerno više vremena na računanje.

Da bi se uporedili rezultati sekvencijalnog, paralelnog i distribuiranog algoritma korišćeni su sledeći parametri: rulet selekcija, 50% populacije učestvuje u crossover-u, 50% u mutaciji, 50% u swap mutaciji, postoji 1 elitna jedinka i kod paralelnog i distribuiranog algoritma se na svakih 10 iteracija razmenjuju najbolje jedinke. Takvi parametri su izabrani jer je postignut najbolji odnos između najbolje vrednosti fitness-a i vremena potrebnog da se algoritam izvrši.

Tabela 1. Poređenje rezultata za toleranciju 0.1 za algoritame sa istim parametrima

x=0.1	GA IT	100			1000		
reg	ALG	SEK	PAR	DIST	SEK	PAR	DIST
2	F T [s]	393 1.55	395 7.07	395 2.11	396 15.54	397 69.31	397 21.14
3	F T [s]	370 1.34	376 6.29	376 1.93	375 13.21	379 62.48	381 19.22
4	F T [s]	354 1.24	364 5.95	362 1.84	360 11.97	367 58.44	367 18.16
5	F T [s]	331 1.20	338 5.85	342 1.79	343 11.54	350 57.01	349 17.81
6	F T [s]	212 1.05	319 5.67	318 1.74	324 11.18	336 56.07	333 17.68

Tabela 2. Poređenje rezultata za toleranciju 0.2 za algoritame sa istim parametrima

x=0.2	GA IT	100			1000		
reg	ALG	SEK	PAR	DIST	SEK	PAR	DIST
2	F T [s]	394 1.61	397 7.09	397 2.16	398 16.16	398 71.37	398 21.65
3	F T [s]	378 1.42	384 6.52	383 1.96	383 14.18	387 65.34	387 19.84
4	F T [s]	366 1.29	370 6.14	369 1.87	371 12.74	376 61.15	377 18.85
5	F T [s]	355 1.25	362 6.04	360 1.82	363 12.06	367 58.76	366 18.36
6	F T [s]	346 1.23	352 5.91	351 1.80	349 11.64	356 57.31	357 17.93

Tabela 3. Poređenje rezultata za toleranciju 0.3 za algoritame sa istim parametrima

x=0.3	GA IT	100			1000		
reg	ALG	SEK	PAR	DIST	SEK	PAR	DIST
2	F	396	398	398	399	400	400
	T [s]	1.64	7.20	2.18	16.53	72.52	22.02
3	F	382	385	386	386	389	389
	T [s]	1.45	6.63	1.99	14.58	66.68	20.06
4	F	370	374	376	377	383	384
	T [s]	1.34	6.32	1.89	13.43	63.00	19.02
5	F	364	367	368	368	373	374
	T [s]	1.29	6.15	1.85	12.56	60.33	18.71
6	F	354	357	358	358	360	361
	T [s]	1.26	6.04	1.83	12.03	58.70	18.31

Iz rezultata u tabelama 1, 2 i 3 se može zaključiti da je distribuirani algoritam najuspešniji.

Postiže rezultate približno iste kao i paralelni, ali za mnogo kraće vreme, brži je oko 3 puta u proseku. Sekvencijalni algoritam je nešto brži od distribuiranog, ali postiže lošije rezultate najboljeg fitness-a. Razlika je najdrastičnija u tabeli 1, pri podeli na 6 regiona u 100 iteracija.

Tu je vrednost najboljeg fitness-a čak 50% bolja kod distribuiranog algoritma u odnosu na sekvencijalni. Rezultati sekvencionalnog algoritma sa 1000 iteracija su približno isti sa vrednostima distribuiranog od 100 iteracija, ali je i u takvom poređenju distribuirani algoritam bolji, jer se izvrši u proseku oko 6 puta brže. Najbolji primer je tabela 3, podela na 5 regiona, gde sekvencijalni od 1000 iteracija i distribuirani od 100 postižu identičnu vrednost fitness-a (368), a pri tome je distribuirani 6.7 puta brži.

Ipak, da bi se dobili najbolji rezultati, potrebno je koristiti distribuirani algoritam sa različitim parametrima za različite procese. Prilikom pokretanja takvog algoritma, tri populacije su dobile parametre identične onim u predhodnom primeru, dok su ostale tri specijalizovane za određenu evolutivnu operaciju.

Jedna populacija je specijalizovana za crossover, druga za mutaciju, a treća za swap mutaciju. Prilikom razmene najboljih jedinki između populacija, svi procesi se prevode u stanje čekanja dok se razmena jedinki ne obavi. Da se ne bi gubilo na brzini algoritma, potrebno je odabrati takve parametre da sve populacije prelaze u stanje čekanja u približno istom momentu.

Ukoliko je specijalizovani parametar povećan na 80%, vreme izvršavanja iteracija će se povećati i ta populacija će kasniti za drugim populacijama i usporavati algoritam. Zbog toga, ostali parametri u toj populaciji moraju biti smanjeni na 20% da bi se održalo približno isto vreme izvršavanja kao i kod drugih populacija.

U tabeli 4 su upoređeni rezultati distribuiranog algoritma sa specijalizovanim parametrima i distribuiranog algoritma iz tabele 2, kod kojeg svaka populacija ima iste parametre. Algoritam sa specijalizovanim parametrima brži je od algoritma sa istim parametrima u svakom poređenju, a u skoro svakom daje bolji rezultat najboljeg fitness-a.

Tabela 4. Poređenje rezultata za toleranciju 0.2 za algoritam sa istim parametrima i algoritam sa specijalizovanim parametrima

x=0.2	GA IT	100		1000	
reg	ALG	ISTI	SPEC	ISTI	SPEC
2	F	397	398	398	398
	T [s]	2.16	2.06	21.65	20.69
3	F	383	386	387	388
	T [s]	1.96	1.86	19.84	18.76
4	F	369	372	377	376
	T [s]	1.87	1.77	18.85	17.80
5	F	360	362	366	371
	T [s]	1.82	1.73	18.36	17.27
6	F	351	355	357	357
	T [s]	1.80	1.70	17.93	17.00

6. ZAKLJUČAK

U radu je opisana podela grafa sekvencijalnim, paralelnim i distribuiranim genetskim algoritmima. Predloženi su različiti načini predstave grafa, različite evolutivne operacije i različite kombinacije parametara kojima se mogu pokrenuti algoritmi. Analizirani su rezultati dobijeni testiranjem slabo povezanog grafa sa 54 čvora.

Utvrđeno je da je najefikasnije koristiti distribuirani algoritam, pokrenut na više računara, koji daje najbolje rezultate fitness-a za skoro najbrže vreme izvršavanja algoritma. Pri tome graf treba modelovati matricom povezanosti čvorova, koristiti klasičan crossover i populacijama dodeliti različite parametre izvršavanja. Parametri moraju da obezbede slično vreme potrebno za nastanak sledeće generacije i da različite populacije budu specijalizovane za različite evolutivne operacije.

7. LITERATURA

- [1] N. L. Biggs, E. K. Lloyd and R. J. Wilson. *Graph Theory* 1736-1936. Clarendon Press, Oxford, 1976.
- [2] J. H. Holland, *Adaption in Natural and Artificial Systems*, University of Michigan Press, Ann Arbor, 1975.
- [3] I. Ahmad and M. K. Dhodhi. *On the m-Way Graph Partitioning Problem*, Department of Electrical and Computer Engineering, Kuwait, 1995.
- [4] David E. Goldberg, K. Deb, *A comparative analysis of selection schemes used in genetic algorithms*, University of Illinois, 1991.
- [5] Wael Mustafa, *A Genetic Algorithm to Solve the Maximum Partition Problem*, An-Najah National University, Nablus, Palestine, 2002.
- [6] Erick Cantú-Paz, *A Summary of Research on Parallel Genetic Algorithms*, University of Illinois, 1995.

Kratka biografija:



Dragan Mihajlović rođen je u Novom Sadu 1984. godine, gde je 2003. završio Gimnaziju "Jovan Jovanović Zmaj". Apsolvent na Fakultetu tehničkih nauka, odsek Računarstvo i automatika, katedra za automatiku i upravljanje sistemima.

JEDNO REŠENJE PROBLEMA ANALIZE VRŠNE SNAGE SLOŽENOG INDUSTRIJSKOG POTROŠAČA

ONE SOLUTION TO THE PEAK POWER ANALYSIS PROBLEM OF THE COMPLEX INDUSTRIAL CONSUMER

Stojan Stanižan, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Rad prikazuje merenje profila potrošnje jednog složenog industrijskog potrošača. Merenje aktivne i prividne snage vršeno je instrumentom VMP 20, uz pomoć računara, a analiza je urađena u programu Swindow, razvijenim u okviru ovog rada.

Abstract – This thesis presents measuring power consumption profile of the complex industrial consumer. Measurement of the active and apparent power is performed through the VMP 20 device, with the computer support and the analysis is performed in Swindow program, developed for the purpose of this thesis.

Ključne reči: vršna snaga, prividna snaga, „sliding window“, VMP 20, analiza potrošnje.

1. UVOD

Rad je podeljen u dve celine.

Prvi deo opisuje mernu metodu nazvanu stohastička adicijona A/D konverzija (SAADK) na čijoj osnovi je projektovan instrument VMP 20. Nadzor nad potrošnjom dva podsistema jedne fabrike procesne industrije vršen je u periodu od četiri dana. Merni sistem se sastojao od instrumenta VMP 20, povezanog sa računarom i softverskog paketa koji je vršio monitoring i arhiviranje merenih podataka. Sistem je vršio nadzor nad pojedinačnim fazama i punio baze podataka izmerenim podacima.

U drugom delu rada se u programu Swindow, čiji je algoritam zasnovan na „sliding window“ metodi, vrši analiza prikupljenih podataka.

2. INSTRUMENT VMP 20

Rad instrumenta VMP 20 zasniva se na stohastičkoj adicijonoj A/D konverziji (SAADK), koja je razvijena na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, pre desetak godina. Karakteriše je jednostavan hardver i adaptivna preciznost. Ona predstavlja nov pristup merenjima na mreži, razvijen nezavisno od stepena razvoja tehnologije elektronskih komponenti potrebnih za njenu realizaciju. Već tada je bilo moguće, uz njenu primenu, meriti 10 puta u sekundi efektivne vrednosti tri napona, efektivne vrednosti tri struje, tri aktivne snage u tri faze, sa tačnošću 1%. Ključne komponente su danas brže više od 100 puta.

NAPOMENA:

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

Zbog adaptivne preciznosti, moguće je povećati tačnost

tog instrumenta za $\sqrt{100} = 10$ puta, pa je sada njegova tačnost 0,1%. I tačnost i brzina su dovoljni za efikasan monitoring veličina u elektrodistributivnoj mreži.

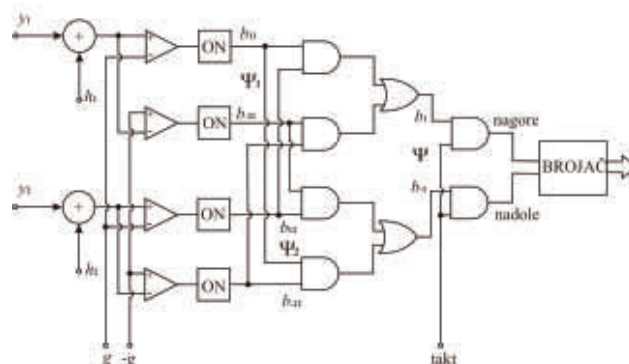
Sa druge strane, razvoj računara i međuračunarskih komunikacija takođe je bio brz i uspešan, pa danas postoji serijska komunikacija koja je dvadeset puta brža nego pre deset godina, a poznato je da se performanse računara dupliraju svakih 18 meseci. Ove činjenice otvaraju mogućnost promptnog praćenja stanja u mreži.

Instrument VMP 20 predstavlja univerzalni merni instrument pogodan za merenje napona, struje, aktivne snage, faktora snage (ove veličine se vide direktno na displeju), frekvencije, impedanse, reaktivne snage, prividne snage, aktivne i reaktivne energije (ove veličine su vidljive pomoću softvera kad se instrument priključi na računar). Instrument dozvoljava merenje veličina više od 10 puta u sekundi, a tačnost mu je 0.1% od očitane vrednosti. I tačnost i brzina su dovoljni za efikasan monitoring veličina u elektrodistributivnoj mreži. Napajanje instrumenta je 220V, 50Hz, i ima dva ulaza: strujni i naponski. Domašaj na naponskom nivou je 400V, a na strujnom 5A. Instrument automatski bira opsege napona i struje.

2.1. Princip rada

Merna metoda, nazvana stohastička adicijona A/D konverzija, u varijanti sa dva generatora slučajnog napona (SAADK-2G) je u osnovi rada stohastičkog instrumenta za merenje prave efektivne vrednosti na niskim učestalostima [3]. Signali koji se mere y_1 i y_2 diteruju se slučajnim signalima h_1 i h_2 i dovode na ulaze dva dvobitna A/D konvertora, dok se akumulacija uzastopnih odmerenih

vrednosti veličine Ψ obavlja pomoću up/down brojača (Slika 1).



Slika1. Blok za A/D konverziju i množenje; blok za akumulaciju

Sledeći skup uslova (1) mora biti zadovoljen:

$$\left. \begin{aligned} |y_i + h_i| &\leq 3g; \\ |y_i| &\leq 2g; \\ |h_i| &\leq g \text{ (uslov Vidroua)}; \\ p(h_i) &= \frac{1}{2g}; \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

gde je ($i=1,2$) i $p(h_i)$ označava funkciju gustine raspodele verovatnoće stohastičkih statistički nezavisnih promenljivih h_1 i h_2 , gde g i $-g$ predstavljaju napone pragova komparatora.

Rezultati A/D konverzije su funkcije $\psi_1(b_{11}, b_{-11})$ i $\psi_2(b_{12}, b_{-12})$, definisane kao $\psi_i(b_{1i} - b_{-1i}) \cdot 2g$; $b_{1i} \in [0,1]$; $b_{-1i} \in [0,1]$; ($i = 1,2$), gde je $\psi = \psi_1 \cdot \psi_2$.

Ako su ulazni signali $y_1 = f_1(t)$ i $y_2 = f_2(t)$ funkcije koje zadovoljavaju uslove (1) i ako je vreme merenja T

dato kao $T = t_2 - t_1$, pokazuje se [2] da je matematičko očekivanje izlaza $\bar{\psi}$ u vremenskom intervalu T , tj. $\bar{\psi}$ dato relacijom (2).

$$\bar{\psi} = \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} f_1(t) f_2(t) dt \quad (2)$$

Instrument zasnovan na blokovima prikazanim na Sl. 1. može biti iskorišćen za realizaciju vatmetara, brojila, instrumenata za merenje prave efektivne vrednosti itd.

Praktično rešenje za određivanje $\bar{\psi}$ u ovom instrumentu dato je jednačinom (3),

$$\bar{\psi} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \psi_k \quad (3)$$

gde je N broj impulsa takta tokom vremenskog intervala T . Zapravo, N je broj odmeraka svakog od ulaznih signala y_1 i y_2 za vreme merenja T . Mikroprocesor, na kraju vremenskog intervala $t_2 - t_1$, obavlja deljenje brojem N ,

tako da $\bar{\psi}$ bude u trenutku t_2 kompletno. Greška merenja se procenjuje korišćenjem centralne granične teoreme, iz koje sledi relacija (4).

$$\sigma_{\bar{\psi}}^2 = \frac{\sigma_{\psi}^2}{N} \quad (4)$$

gde su $\sigma_{\bar{\psi}}^2$ i σ_{ψ}^2 standardne devijacije od $\bar{\psi}$ i ψ . Za dato

$y_1 = f_1(t)$ i $y_2 = f_2(t)$, $\sigma_{\bar{\psi}}^2$ definisano je relacijom (5) što je dato u [2].

$$\sigma_{\bar{\psi}}^2 = \frac{(2g)^2}{T} \int_{t_1}^{t_2} |f_1(t) f_2(t)| dt - \left[\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} f_1(t) f_2(t) dt \right]^2 \quad (5)$$

Ako je $y_1 = y_2 = f(t)$, instrument meri srednju kvadratnu vrednost od $f(t)$. Zamenom relacije (5) u relaciju (4) dobija se eksplicitna zavisnost greške merenja od oblika ulaznog signala $f(t)$.

Instrument može da meri pravu efektivnu vrednost bilo kog stvarnog signala, prostoperiodičnog ili složenoperiodičnog u slučaju da je $y_1 = y_2$, ili da meri snagu i energiju za $y_1 \neq y_2$ (uz uslov da je proizvod $f_1(t) \cdot f_2(t)$ apsolutno integrabilan).

Tačnost instrumenta je 0,1%, ali može se postići i veća. Teorijski iz (4), a praktično na osnovu eksperimenta [2], jasno je da povećanje tačnosti ovog instrumenta može biti postignuto povećanjem frekvencije takta i/ili povećanjem vremena merenja T .

2.2 Karakteristike

Glavna prednost ovog instrumenta jeste jednostavan hardver i jednostavna implementacija paralelnih merenja. Ova ideja je veoma pogodna za primenu u višekanalnim merenjima efektivne vrednosti, snage i energije. Zbog svoje jednostavnosti, integracija višekanalnog instrumenta u jedno integrisano kolo je vrlo jednostavna. Uz pomoć lako dostupnog i jeftinog mikroprocesora može se realizovati instrument koji je superioran u pogledu brzine i rezolucije, a konkurentan u pogledu tačnosti sa standardnim digitalnim uređajima mnogo veće kompleksnosti i cene.

2.3 Komunikacija VMP 20 sa računarom

Arhiviranje podataka sa mernog instrumenta VMP 20 u bazu podataka obavlja se pomoću softverskog paketa *VMPLog*. Merni podaci se u realnom vremenu preuzimaju sa instrumenta i potom arhiviraju u relacionoj bazi podataka.

Izbor relacione baze podataka za arhiviranje mernih veličina je motivisan mogućnošću jednostavne i fleksibilne dijagnostike pomoću SQL upita nad bazom podataka. *VMPLog* se sastoji od sledeća dva glavna modula:

- Modul za komunikaciju sa mernim instrumentom VMP 20
- Modul za arhiviranje trenutnih mernih veličina sa instrumenta u bazu podataka

Veza sa mernim instrumentom VMP 20 ostvaruje se preko serijskog (RS-232) porta. Parametri veze (port, brzina, parnost, itd.) mogu se podešavati. Programski je serijska veza ostvarena pomoću biblioteke „*SerialNG*”.

Trenutne merne veličine (napon, struja, snaga i frekvencija) arhiviraju se u bazu podataka, u konkretnom slučaju u intervalima od jedne sekunde.

Bazu podataka predstavlja sistem za upravljanje relacionom bazom podataka *Firebird* i to u posebnoj, tzv. „*embedded*” varijanti. „*Embedded*”, ili integrisani *Firebird*, je potpuno funkcionalan *Firebird* server spakovan u samo jednu datoteku (dinamičku biblioteku). Programski pristup bazi podataka ostvaren je pomoću biblioteke *FIBPlus*. Ova biblioteka za programska okruženja kompanije *Borland* omogućava direktan, brz i fleksibilan pristup bazama podataka *InterBase* ili kompatibilnim, u ovom slučaju prema *Firebirdu* kao što je opisano u [2].

Model podataka u slučaju softverskog paketa *VMPLog* je krajnje jednostavan, sastoji se od samo jedne tabele. Polja te tabele su merne veličine (napon, struja, snaga, frekvencija), vreme očitavanja tih veličina, jedinstveni ključ i izvor.

Polje izvor omogućava arhiviranje mernih podataka sa više instrumenata u jedinstvenu bazu podataka.

3. REALIZACIJA

U okviru ovog rada napisan je program u programskom jeziku *Python*, za potrebu analize podataka o potrošnji jedne fabrike procesne industrije.

3.1. „Sliding window“ analiza

Analiza je urađena „*Sliding window*“ metodom ili u prevodu, metodom klizećeg prozora. Ovo klizanje je u stvari pomeranje unapred određenog intervala (na kome izračunavamo prosečnu vrednost), za određenu vrednost koja je dosta manja od širine intervala („prozora“) koji se pomera.

Upravo zbog toga što je vrednost za koju se vremenski prozor pomeri znatno manja od unapred zadate širine klizajućeg prozora, vremenski prozori u kojima posmatramo datu veličinu nisu diskretni, dakle, oni se preklapaju. Što je taj interval za koji se klizajući prozor pomeri manji, „*sliding window*“ metoda je preciznija i na taj način dobijamo preciznije prosečne vrednosti u svakom vremenskom prozoru, a samim tim na kraju analize dobijamo precizniju vrednost.

U ovom radu, posmatrali smo skup uzoraka koji su međusobno udaljeni jednu sekundu. Odavde dobijamo da vremenski interval od 15 minuta obuhvata tačno 900 takvih uzoraka. Razmak između vremenskih uzoraka iznosi jednu sekundu. To znači da svaki merni uzorak (osim prvih i poslednjih 900) spada u tačno 900 vremenskih prozora.

Cilj ovakvog načina analize jeste što tačniji pronalazak vremenskog intervala u kojem data veličina ispoljava tražene karakteristike, u konkretnom slučaju maksimalnu prosečnu vrednost na intervalu od 15 minuta.

3.2. O programskom jeziku *Python*

Python je viši programski jezik opšte namene čiji je razvoj i dizajn bio pre svega rukovođen ciljem da kod bude čitljiv. Ekspresivnost na nivou *Java* i *C* programskih jezika, zajedno sa vrlo jasnom i konciznom sintaksom čini *Python* vrlo moćnim programskim jezikom. Standardna biblioteka je velika i sveobuhvatna, sa ogromnim brojem biblioteka dostupnih *on-line* koje se mogu naknadno instalirati. Ono po čemu je *Python* posebno poznat jeste da se blokovi koda označavaju identacijom, a ne zagradama kao kod ogromne većine programskih jezika (tzv. programiranje identacijom).

Razvoj *Python*-a je zasnovan na kolaboraciji dobrovoljaca (tzv. „*community development*“), kao i sve njegove alternativne verzije. *CPython*-om rukovodi neprofitabilna organizacija *Python Software Foundation*.

3.3. Unapređenje efikasnosti

Radi veće efikasnosti programa, programskom jeziku *Python* pridodata je biblioteka *Numpy*. Ova biblioteka se generalno koristi za rad sa numeričkim podacima, ali i za tabelarni prikaz tih podataka (nizovi, tabele...)

Najveći problem, što se tiče efikasnosti programa, bilo je predugo izvršavanje „*for*“ petlji. *Python* je dinamički jezik, a proces dinamičke dodele je veoma spor. U *Numpy*-u su sve petlje prebačene u programski jezik *C* pa se, kad god se izvršava iteracija, ona najpre spušta na niži nivo. Takođe, radi bržeg izvršavanja programa, bilo je potrebno podatke od interesa iz *.fdb* (*Firebird Data Base*) eksportovati u *.csv* (*Comma Separated Values*) datoteke. Podaci su eksportovani uz pomoć jednostavnog programa,

takođe napisanog u okviru ovog rada, pod nazivom *Convert_data*. Ovim postupkom je značajno ubrzano (oko 10 puta) čitanje podataka, a kompletna procedura unapređenja efikasnosti je svela izvršavanje programa sa nekoliko sati na približno 1 minut.

3.4. O programskom kodu

Program *Swindow* se sastoji iz dva dela. Prvi deo analizira potrošnju dva podsistema zasebno, izvršavajući pritom isti algoritam nad dve različite baze podataka, dok drugi deo integrišući podatke iz dve baze analizira potrošnju celokupnog sistema.

U oba dela obavlja se pronalaženje momenta kada je nastupila vršna snaga i maksimalna prosečna prividna snaga, kao i računanje njihovih vrednosti, a sve to primenom „*sliding window*“ metode za širinu prozora od 15 minuta. Ova metoda podrazumeva:

- iterativni prolazak kroz prvih 900 (1-900) uzoraka (prvi vremenski prozor)
- računanje prosečne vrednosti uzoraka i smeštanje te vrednosti u novi niz srednjih vrednosti
- pomeranje vremenskog prozora na taj način da se prvi uzorak izbaci, a sa zadnje strane se ubacuje 901. uzorak (drugi vremenski prozor)
- ponavljanje čitavog postupka za sve uzorke zaključno sa poslednjih 900 uzoraka.

Analiza vršne snage i analiza prividne snage razlikuju se jedino u tome što se kod prve posmatraju vrednosti trenutne snage, a kod druge proizvod vrednosti jačine struje i napona.

3.5. Integracija podataka prve i druge baze

Sa slike 2. se vidi da su prilikom očitavanja podataka iz baze ustanovljeni sledeći problemi:

- vreme je izraženo u mikrosekundama, što je nepovoljno za diskretnu analizu
- primećen je uticaj džitera; računar je sa instrumenta dobijao uzorke sa vremenskim razmacima koji u manjoj meri odstupaju od 1 sekunde
- uočene su rupe u merenjima (nizovi sukcesivnih uzoraka sa vrednošću nula) u rasponu od 1 sekunde do 3 sata

Da bi odgovarajuće izmerene vrednosti trenutne i prividne snage iz dve baze mogle biti sabrane, primenjeno je odsecanje na uzorcima vremena (mikrosekunde su odsecane da bi vreme bilo izraženo u sekundama). Odsecanje je zbog uticaja džitera dovelo do ponavljanja određenih vremenskih uzoraka sa, generalno, različitim vrednostima trenutne i prividne snage. Pre sjedinjavanja ovih podataka trebalo je eliminisati sve ponovljene uzorke.

U datom programu ponuđena su 4 algoritma za rešavanje ovog problema. U sva četiri slučaja se iterativnim prolaskom kroz niz nastao očitavanjem podataka iz *.csv* baze popunjava novi niz tako što se najpre odsecaju mikrosekunde, a zatim se proverava da li trenutni vremenski uzorak već postoji (da li je ponovljen) u novom nizu.

Ako ne postoji, upisuje se u novi niz a ako postoji, primenjuje se jedan od navedenih algoritama:

1. na vrednosti pronađenog uzorka se dodaju vrednosti ponovljenog, a ponovljeni se ne upisuje,
2. ponovljeni uzorak se ignoriše (ne upisuje u niz),

3. izračunavaju se srednje vrednosti za vrednosti pronađenog i ponovljenog uzorka i smeštaju u pronađeni uzorak,

vreme (unix time)	P	S
1255342939	2.686	2.733
1255342940	2.717	2.736
1255342941	2.717	2.736
1255342942	2.689	2.736
1255342943	2.689	2.736
1255342944	2.689	2.736
1255342946	2.678	2.736
1255342946	2.678	2.736
1255342948	2.682	2.733
1255342949	2.682	2.733

Slika 2. Izgled baze posle eksportovanja u .csv datoteku

4. primenjuje se razvrstavanje tako što se ponovljeni upisuje na mesto sledbenika od pronađenog, ukoliko je to mesto prazno. Ako nije, proverava se da li je mesto prethodnika od pronađenog prazno. Ako jeste, pronađeni se pomera na mesto prethodnika a ponovljeni se upisuje na mesto pronađenog. Ako su oba mesta popunjena, a pokazalo se da nikad nisu, traži se srednja vrednost, kao u trećem slučaju.

Ovim metodama dobijeni su sledeći rezultati (slika 3).

PRVI PODSISTEM	datum	vreme	vrednost
vršna snaga	15.10.2008.	12:01:13	P=8.6585
prividna snaga	14.10.2008.	9:46:20	S=8.8486
DRUGI PODSISTEM			
vršna snaga	14.10.2008.	9:12:00	P=6.6999
prividna snaga	14.10.2008.	9:16:26	S=6.7880
CEO SISTEM			
1. algoritam			
vršna snaga	14.10.2008.	9:05:50	P=14.7392
prividna snaga	14.10.2008.	9:05:51	S=15.0232
2. algoritam			
vršna snaga	14.10.2008.	9:06:43	P=14.7252
prividna snaga	14.10.2008.	9:06:37	S=15.0091
3. algoritam			
vršna snaga	14.10.2008.	9:06:43	P=14.7252
prividna snaga	14.10.2008.	9:06:37	S=15.0091
4. algoritam			
vršna snaga	14.10.2008.	9:05:50	P=14.7392
prividna snaga	14.10.2008.	9:05:51	S=15.0232

Slika 3. Tabelarni prikaz rezultata

4. ZAKLJUČAK

Redosled navedenih algoritama prikazuje u kom pravcu je tekao razvoj rešenja problema analize energetske veličine složenog potrošača.

Sa slike 3 vidi se da se rezultati dobijeni prvom i četvrtom metodom ne razlikuju, kao i oni dobijeni drugom i trećom metodom, što je naizgled nelogično s obzirom na to da je četvrti algoritam znatno složeniji od prvog, kao i treći od drugog. Međutim, za razliku od drugog i trećeg, u prvom i četvrtom algoritmu ne dolazi do gubljenja pojedinih vrednosti uzoraka, pa sve te vrednosti (na različit način)

učestvuju u ukupnim sumama za odgovarajuće vremenske prozore.

Greške nastale uticajem džitera dovoljno su retke da se ne odraze u značajnoj meri na rezultate analize, ali izvesno je da bi se na problematičnijem skupu podataka pokazalo da je četvrti algoritam najprecizniji.

Dalje, vidimo da se rezultati za vršnu i prividnu snagu razlikuju za oko 1 minut, a njihove vrednosti na drugoj decimali.

Poznato je da se dijagram potrošnje električne energije kao funkcija vremena prilično razlikuje za različite nivoe potrošača i da grafici potrošnje imaju svoj karakterističan oblik u zavisnosti o kom nivou potrošača je reč. Za potrošače viših nivoa te funkcije su praktično sporo promenljive, tako da se u normalnim uslovima i po nekoliko minuta ne može registrovati promena potrošnje. Pretpostavka je da je upravo takav dijagram dobijen primenom obrađene metode i da je vršna snaga nastupila u monotonom intervalu širem od 15 minuta. Zbog toga je i najmanja greška u združivanju podataka vršnu snagu mogla udaljiti za nekoliko mesta od svog tačnog položaja. Tačan položaj i vrednost vršne snage ne možemo odrediti zbog opisanih propusta u merenjima ali je možemo dovoljno precizno proceniti primenom obrađene metode sa odabirom četvrtog algoritma.

Za precizniju analizu bilo bi potrebno obaviti prikupljanje podataka uz pomoć jednog uređaja sa jedinstvenim vremenom. U tom slučaju ne bi bilo potrebe za posebnim rešavanjem problema združivanja podataka a greška nastala uticajem džitera bila bi znatno umanjena.

Potrošnjom velikih potrošača upravlja se pomoću sistema za ograničavanje vršne snage koji imaju za cilj optimizaciju potrošnje električne energije. Praćenjem i ograničavanjem vršnih opterećenja možemo postići smanjenje obračunske snage a time i smanjenje računa za električnu energiju uz nepromenjenu potrošnju električne energije. Ako uporedimo podatke dobijene analizom podistema pojedinačno i celokupnog sistema, videćemo da su vršne snage nastupile u različitim vremenima, iz čega možemo zaključiti da se optimum za celokupan sistem razlikuje od optimuma njegovih podistema.

5. LITERATURA

- [1] "Firebird Quick Start Guide", <http://www.firebirdsql.org/index.php?op=doc>
- [2] "FIBPlus Developers Guide", <http://devrace.com/files/devguidel.pdf>, <http://devrace.com/files/devguide2.pdf>,
- [3] S.Milovančev, "Adaptivni A/D konvertor i njegova primena", Doktorska disertacija, FTN, Novi Sad, 1996.

Kratka biografija:



Stojan Stanižan rođen je u Zrenjaninu 1982. god. Apsolvent je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, Departman za energetiku, elektroniku i telekomunikacije.

PROJEKAT DOGRADNJE VIŠESPRATNE STAMBENE ZGRADE U NOVOM SADU SA POTREBNIM MJERAMA SANACIJE**PROJECT OF EXTENSION OF MULTI STOREY RESIDENTIAL BUILDING IN NOVI SAD WITH NECESSARY REHABILITATION MEASURES**

Daliborka Mitrović, Vlastimir Radonjanin, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U okviru ovog rada data je procjena stanja i projekat nadogradnje stambene zgrade. U prvom dijelu rada dat je uvod u zidane konstrukcije (materijali za zidanje, proračun i seizmička analiza zidanih konstrukcija). Drugi dio rada prikazuje postojeću konstrukciju, projekat nadogradnje i seizmički proračun sa nadograđenim spratom.

Abstract – The work contains the assessment of the existing building and project of the upgrade of the building. The first part of this work gives an introduction to masonry structures, building materials, calculation of masonry structures and seismic calculation. The second part of work shows the existing structure, the project of upgrade and seismic analysis of building with upgraded floor.

Ključne reči: Zgrada, zidana konstrukcija, vizuelni pregled, proračun, ojačanje konstrukcije, vertikalni serklaži, seizmički proračun

1. UVOD

Razlog za vrlo masovnu primjenu zidanih konstrukcija u savremenom građevinarstvu su mnogobrojne i one se mogu razmatrati na sledeći način: zidani objekti su po svom karakteru takvi da u poređenju sa nekim drugim vrstama mogu optimalno da zadovolje aspekte arhitekture, konstrukterstva, građevinske fizike, tehnologije, trajnosti, ekonomije, ekologije itd. Ali potrebno je napomenuti i nedostatke zidanih konstrukcija ukoliko se one koncipiraju na tradicionalan način, a to je sa aspekta aseizmičnosti.

Taj nedostatak se danas lako eliminiše izvođenjem zidova sa vertikalnim i horizontalnim armirano betonskim serklažima.

1.1. Teorijski dio

Tehnička svojstva zidanih konstrukcija moraju biti takva da u toku eksploatacije ona podnese sve uticaje uobičajene upotrebe i uticaje okoline, tako da tokom građenja i upotrebe ne dođe do rušenja građevine, oštećenja građevinskog sklopa ili opreme zbog deformacije zidanih konstrukcija, nerazmjerno velikih oštećenja objekta ili njenog dijela u odnosu na uzrok zbog kog su nastale.

NAPOMENA:

Ovaj rad je proistekao iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio prof. dr Vlastimir Radonjanin.

Građevinski proizvodi smiju se ugraditi u zidane konstrukcije ako ispunjavaju odgovarajuće uslove. Materijali koji se koriste za zidanje zidova i stubova su: elementi od pečene gline, elementi od kalcijum silikata, blokovi od betona i elementi od prirodnog kamena različitog stepena obrade. Posebna pravila za zidane elementi prema EC 8:

- zapremina šupljina ne smije biti veći od 50% bruto zapremine zidanog bloka
 - debljina fuge ne smije biti veća od 15mm
 - vertikalna fuga treba biti konstantna na cijeloj dužini
- Minimalna čvrstoća na pritisak zidanog elementa okomito na horizontalnu fugu $f_{b,min}=2,5 \text{ N/mm}^2$ prema EC 6 a paralelno horizontalnoj fugi u ravni zida $f_{bh,min}=2,0 \text{ N/mm}^2$.

Zidane konstrukcije kao i većina drugih konstrukcija, dana se proračunavaju na dva osnovna načina:

1. metodom dozvoljenih napona
2. metodom graničnih stanja

Proračun po metodi dozvoljenih napona podrazumjeva se da na bazi propisanih proračunskih opterećenja u konkretnoj konstrukciji prvo odrede presječne sile, a da se zatim, putem dimenzionisanja ili provjerom naprezanja u elementu sa već usvojenim presjecima, obezbijedi, odnosno dokaže ispunjenost uslova :

$$\sigma \leq \sigma_{\text{doz}} \quad (1)$$

Proračun po metodi graničnog stanja u slučaju zidanih konstrukcija svodi se isključivo na dokazivanje graničnog stanja nosivosti, bez potrebe istovremenog dokazivanja graničnog stanja upotrebljivosti. Smatra se da zidane konstrukcije koje ispunjavaju uslove nosivosti, automatski zadovoljavaju i uslove upotrebljivosti-deformabilnost, fisuracije elemenata i dr.

Metoda graničnog stanja nosivosti-loma koju propisuje pravilnik PZZ u opštem slučaju podrazumjeva zadovoljavanje nejednakosti

$$R_d \geq S_d \quad (2)$$

R_d -proračunska vrijednost granične nosivosti
 S_d -proračunska vrijednost nekog statičkog uticaja

2. PROCJENA STANJA KONSTRUKCIJE**2.1. Uvodne napomene o objektu**

Objekat koji se nadograđuje je stambena zgrada građena sredinom XX vijeka tačnije 1961 god. Investitor je bio

Fond za stambenu izgradnju Novi Sad. Izgled objekta, odnosno ulične fasade su prikazane na slikama 1 i 2.



Slika 1. Ulična fasada



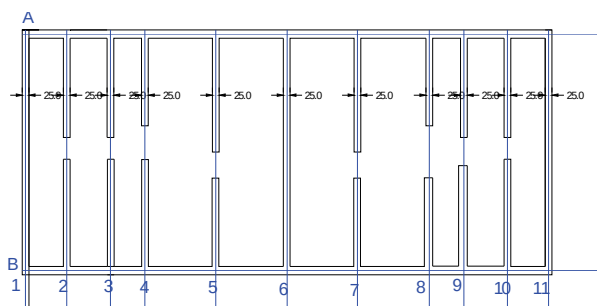
Slika 2. Dvorišna fasada

2.2. Opšti podaci o objektu

Oblik građevine u osnovi je pravougaoni dimenzija 35.1x11.9m.

Spratnost objekta je Po+P+3+Pk. Visina objekta je različita zbog potkrovlja koje postoji na polovini objekta, tako je visina sa ulične fasade 15.35m a sa dvorišne fasade 13.25m.

Konstruktivna koncepcija objekta bazirana je na sistemu poprečnih nosećih zidova debljine 25cm. Položaj nosećih zidova sa osama prikazan je na slici 3.



Slika 3. Položaj nosećih zidova

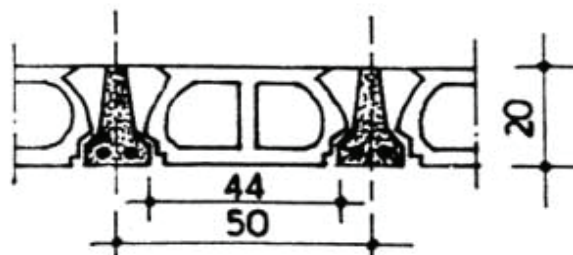
Temelji su građeni od armiranog betona i nabijenog betona MB 15 (stara oznaka MB 160) kao temeljne trake. Ispod njih se nalazi sloj nabijenog betona debljine 10cm MB 10 (stara oznaka MB 110).

Zbog postavljanja opreme za centralno grijanje ispod bočnih polja u podrumu izvedena je armirano betonska temeljna ploča debljine 25cm.

Od vertikalnih linijskih nosećih elemenata u objektu postoje nearmirani betonski stubovi, zidani stubovi i armirano betonski stubovi. Stubovi objekta do trećeg sprata izvedeni su od nabijenog betona MB 15 (stara oznaka MB 160), dok su stubovi trećeg sprata izvedeni od opeke u produženom malteru. Stubovi potkrovalja su takođe izvedene od opeke, ali su zidani ili u produženom malteru ili u kreč malteru.

Zidovi objekta su izvedeni od opeke u produženom malteru ili u kreč malteru debljine 25cm ili 38cm, a pregradni zidovi su debljine 10cm.

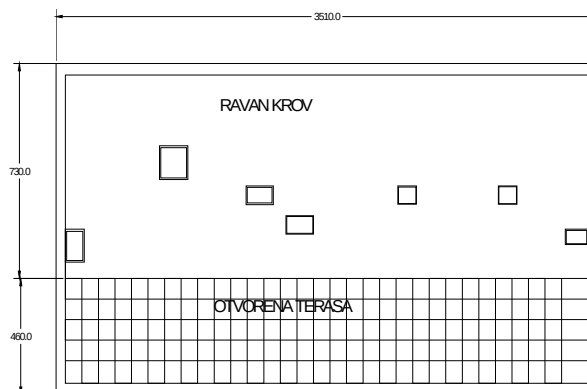
Međuspratna konstrukcija je KAT-2.



Slika 4. Međuspratna KAT-2

Stepenišna ploča i podest su izvedeni od armiranog betona MB 20 (stara oznaka 220).

Iznad trećeg sprata postoji otvorena krovna terasa, širine 4,6m. Iznad preostalog dijela trećeg sprata izvedeno je potkrovlje sa ravnim krovom.



Slika 5. Ravan krov i terasa

2.3. Vizuelni pregled objekta

Vizuelnim pregledom obuhvaćeni su samo dostupni dijelovi objekta:

- ulična fasada
- dvorišna fasada
- stepenišni krak
- dio podrumske prostorije
- jedan stan
- krovna terasa

Vizuelnim pregledom dostupnih dijelova objekta utvrđeno je da na objektu nema značajnih oštećenja i da je objekat, s' obzirom na njegovu starost, u zadovoljavajućem stanju.

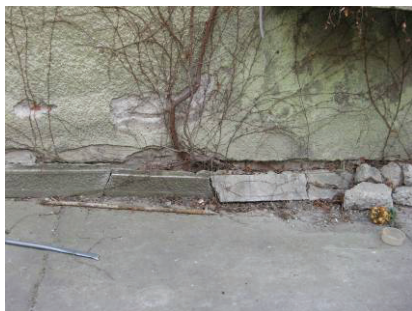
Jedina vidljiva oštećenja su na fasadi nastala usled atmosferskih uticaja.



Slika 6. Odvajanje fasade i maltera usled vlage



Slika 7. Odvajanje fasade usled rastinja



Slika 8. Oštećenja nastala usled rastinja i vlage koju rastinja zadržava na površini



Slika 9. Mahovina na pločama terase

Uočena oštećenja spadaju u grupu opštih oštećenja koja su posledica dejstva okoline ili uslova eksploatacije na spoljašnje dijelove objekta.

Na dostupnim dijelovima objekta uočena su sledeća oštećenja:

- odvajanje fasade i maltera (slika 6)
- odvajanje fasade usled rastinja (slika 7)
- oštećenja nastala usled rastinja (slika 8)
- mahovina na pločama terase (slika 9)

Navedena oštećenja su rezultat vlage, promjene temperature, mraza i rastinja koje prekriva veći dio dvorišne fasade.

Uočena oštećenja su mala i ne utiču na nosivost i stabilnost konstrukcije.

Sanacija uočenih oštećenja će se sprovesti nakon nadogradnje objekta.

Na preostalom dijelu objekta koji je pregledan nisu uočena oštećenja iz čega proizilazi da je objekat u odnosu na svoju starost u zadovoljavajućem stanju.

3. NADOGRADNJA

3.1. Nadograđeni dio

U skladu sa projektom zadatkom i arhitektonskim rešenjem proistekao je projekat konstrukcije za nadogradnju objekta. Predviđena je nadogradnja sprata i kosog krova.

3.2. Konstrukcija nadogradnje

U konstruktivnom pogledu radi se o zidanoj konstrukciji konačne spratnosti Po+P+4 lociranoj u osmoj seizmičkoj zoni, zbog čega je konstrukcija ojačana vertikalnim serklažima.

Kako u postojećoj konstrukciji nema vertikalnih serklaža projektovano je izvođenje vertikalnih serklaža po obimnim zidovima. Unutrašnje „umetanje“ ovih konstruktivnih elemenata značilo bi remećenje stanara pa se svjesno odustalo od ove mjere rekonstrukcije-ojačanja.

Ovakom koncipiranoj zidanoj konstrukciji je dovoljno seizmički kruta za projektnu zonu seizmičkog ineziteta. Kao olakšavajuća okolnost može se uzeti činjenica da su postojeće niže etaže izuzetno očuvane.

Pošto polovina četvrte etaže već postoji (vešeraj i sobe za kućne pomoćice) ovaj dio će se iskoristiti uz manje izmjene i pretvoriti u stanove koristeći i preostali dio etaže.

Na nadograđenoj etaži projektovana su po tri stana na stepenišnoj jedinici.

Tavanica se projektuje kao već postojeća KAT-2.

Zidovi se rade od opeke kao noseći debljine 25cm i kao pregradni debljine 10cm.

Nova krovna konstrukcija je drvena sa oslanjanjem podrožnjača na podužne zidove. Pokrivač falcovani crijep, nagib krova je 20°.

Proračunom je dokazano da su, usled dogradnje četvrtog sprata, naponi u temeljima u dozvoljenim granicama.

Urađena je i seizmička analiza objekta sa nadograđenim spratom, pri čemu je zaključeno da su naponi smicanja u zidovima objekta u odgovarajućim granicama.

4. KONSTRUKCIJSKA SANACIJA

4.1. Ukrućenje fasadnih zidova

Konstrukcija objekta u osnovi je zidana. Postojeća konstrukcija je izvedena tako što su u podrumu zidovi od pune opeke u produženim malteru debljine 38cm, a na postojećim etažama (prizemlje i tri sprata) su zidovi od pune opeke u kreč malteru debljine 25cm.

Zidovi na nadograđenom dijelu su od pune opeke jer je polovina etaže već postojala, debljine 25cm.

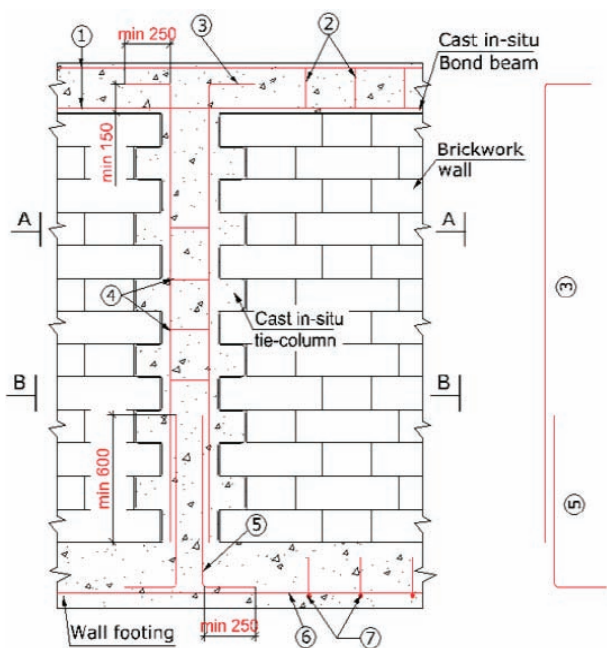
Novoprojektovani sprat je projektovan u skladu sa EC 6, koji se odnosi na zidane konstrukcije, usled toga proizšla je potreba za izgradnjom vertikalnih serklaža na rastojanjima manjim od 4m.

Zahvat na unutrašnjem „umetanju“ ovih elemenata, svjesno je izbjegnuto zbog potrebe ulaska u stambene prostore, a što se mora izbjeći, te su serklaži izvedeni na fasadnim zidovima.

Dimenzije i armatura armirano betonskih serklaža, bez posebnog proračuna, usvojeni su u skladu sa odgovarajućim propisima. Dimenzije serklaža su 25x25cm, a vertikalna armatura 4Ø14 dok su uzengije Ø6/25. Armatura novoprojektovanih vertikalnih serklaža sidri se u rekonstruisane temelje, uz ostvarivanje adekvatne veze između vertikalnih serklaža i temelja, kako bi omogućilo njihovo sadejstvo.



Slika 10. Pružanje vertikalnih serklaža



Slika 11. Presjek kroz zid sa vertikalnim serklažima

5. ZAKLJUČAK

U cilju izbjegavanja svake uniformnosti kada je u pitanju nadogradnja, s obzirom na to da je svaki problem specifičan, teško je postaviti univerzalni recept za njegovo rešenje, osim kada je riječ o nekim zajedničkim smjernicama. Zbog toga je neophodno prethodno sprovesti sve potrebne analize postojećeg stanja i postaviti program koji treba da zadovolji uslove pravilne sanacije i oblikovanja objekta sa društveno-urbanističkog aspekta, činilaca koji utiču, ekonomske opravdanosti i arhitektonsko-estetskog gledišta.

8. LITERATURA

- [1] EUROCODE 6: Desing of masonry structures –Part 1-1: Commonruls forreinforced and unreinforced masonry structures, April 2004.
- [2] Zidane konstrukcije u savremenoj građevinskoj praksi, Beograd 2008
- [3] D. Antić, M. Tomažević: *Konstruisanje i proračun zidanih konstrukcija*
- [4] M. Muravljev, B. Stevanović: *Zidane i drvene konstrukcije zgrada*, Građevinski fakultet Univerzitet u Beogradu, Beograd 2003
- [5] J. Radić i saradnici: *Zidane konsrukcije I*, Zagreb 2007
- [6] M. Petrović: *Arhitektonske konstrukcije II*, Beograd 2008
- [7] Dnevni časopis *Dans* iz 1998god. broj 23
- [8] Ž. Radosavljević, D. Bajić: *Armirani beton III*, Građevinska knjiga, Beograd 2007
- [9] V. Radonjanin, M. Malešev: *Materijal sa predavanja iz predmeta Praćenje, procjena stanja i održavanje građevinskih objekata i Materijali i tehnike sanacije i zaštite građevinskih objekata*, 2005

Kratka biografija:



Daliborka Mitrović rođena je u Brčkom 1982. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo – Procena stanja, održavanje i sanacija građevinskih objekata odbranila je 2010.god.



Vlastimir Radonjanin rođen je u Skoplju 1957. god. Doktorirao je na Građevinskom fakultetu u Beogradu 2003 godine, a od 2008. god. je vanredni profesor na FTN. Uže oblasti profesionalnog rada su: procena stanja i sanacija betonskih konstrukcija, materijali u građevinarstvu, tehnologija betona i ispitivanje konstrukcija.

**IZBOR OPTIMALNOG TIPFA FASADNE STOLARIJE METODOM
VIŠEKRITERIJUMSKE OPTIMIZACIJE****THE SELECTION OF THE OPTIMAL TYPE OF FACADE WOODWORK UTILIZING
THE METHOD OF MULTI-CRITERIA OPTIMIZATION**

Vesna Popović, Jasmina Dražić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je prikazan postupak izbora optimalnog tipa fasadne stolarije primenom metode višekriterijumske optimizacije, na bazi kriterijumskih funkcija, toplotne provodljivosti rama, toplotne provodljivosti stakla, pokazatelja zvučne izolacije, troškova nabavke i ugradnje, vremena ugradnje i pokazatelja trajnosti.

Abstract – The paper presents the procedure for selecting the optimal type of facade woodwork by applying the multi-criteria optimization method, based on criteria functions, heat conductivity of the frame, heat conductivity of glass, sound insulation indicators, procurement and building costs, duration of building and indicators of durability.

Ključne reči: fasadna stolarija, tipovi zastakljavanja, višekriterijumska optimizacija, metoda kompromisnog programiranja, metoda kompromisnog rangiranja

1. UVOD

Građevinarstvo, kao privredna grana, je konstantno u usponu. Nove tehnologije građenja podržane su razvojem savremenih materijala, novih softverskih programa i unapređenjem mahanizacije potrebne za izgradnju. Prateći ovaj trend, građevinska industrija proizvodi veliki broj različitih elemenata koji se pojavljuju na tržištu, pa otvara problem izbora optimalnog rešenja.

Fasadna stolarija se, kao i svi drugi elementi u objektu, neprestalno razvija, kako u pogledu njenog značaja pri projektovanju objekta, tako i u pogledu primene materijala za njenu izradu.

Funkcija fasadne stolarije ostala je ista kroz vreme, kao direktna veza unutrašnjosti objekta sa okruženjem, ali su vidna poboljšanja u estetskom smislu i tehničkim karakteristikama kojima se podiže nivo zaštite.

Fasadna stolarija, kao građevinski element, predstavlja spoj različitih materijala, materijala za izradu krila i rama (drvo, PVC, aluminijum) i različitih vrsta stakala (jednostruko, dvostruko-termoizolovano, trostruko, sa ili bez low-e premaza). Njihovom kombinacijom dobijaju se elementi različitih tehničkih karakteristika. U skladu sa projektnim zahtevima, iz velike ponude fasadne stolarije, dobrom analizom svih potrebnih karakteristika moguće je izabrati optimalno rešenje.

NAPOMENA:

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

U radu su analizirane četiri varijante fasadne stolarije: drvena fasadna stolarija, PVC fasadna stolarija, aluminijumska fasadna stolarija i kombinovana AL+DRVO fasadna stolarija. Za svaki materijal usvojene su po dve varijante zastakljenja fasadne stolarije.

Na bazi definisanih kriterijuma (toplotna provodljivost rama fasadne stolarije, toplotna provodljivost zastakljenja, pokazatelj zvučne izolacije fasadne stolarije, troškovi nabavke i ugradnje, vreme ugradnje i pokazatelj trajnosti), metodom višekriterijumske optimizacije (kompromisno programiranje i kompromisno rangiranje) izabran je optimalan tip fasadne stolarije.

2. TIPOVI FASADNE STOLARIJE

Materijali za izradu fasadne stolarije, rama i krila, razvijali su se i menjali tokom vremena. U prvim fazama proizvodnje fasadne stolarije koristili su se prirodni materijali kao što je drvo, dok su se razvojem novih materijala za proizvodnju fasadne stolarije počele koristiti i plasika, aluminijum i dr.

2.1. Drvena fasadna stolarija

Drvo je jedan od prvih materijala u izradi fasadne stolarije. Vrsta drveta koja se koristi pri izradi je uglavnom četinarska građa, mada se mogu koristiti i druge vrste drveta.

Konstrukcija krila i rama može se proizvoditi od punog preseka (masiva) ili od lamelirane (lepljenje) građe.

Drvo je dobar prirodni toplotni izolator, pa se u tom smislu ne mora dodatno obrađivati. Zvučna izolacija drveta nije toliko povoljna, a kako je fasadna stolarija deo fasade objekta, ova karakteristika predstavlja lošu stranu ovog tipa stolarije.

Novim tehnologijama obrade površine drveta, raznim premazima i površinskom zaštitom drveta, u sadašnjoj proizvodnji dobija se drvena fasadna stolarija koja je otpornija na atmosferske uticaje.

2.2. PVC fasadna stolarija

PVC je relativno noviji materijal za izradu fasadne stolarije. U odnosu na drvo bolje podnosi atmosferske uticaje, bez posebne obrade površina.

Konstrukciju preseka rama i krila čine višekomorni profili. Povećanjem broja komora dobija se fasadna stolarija boljih toplotnih i zvučnih performansi. Poboljšanje izolacionih karakteristika postiže se ubacivanjem adekvatnih materijala unutar komora (primena u "pasivnim" objektima).

Primena PVC fasadne stolarije se ograničava na standardne dimenzije fasadne stolarije. Razlog tome je što PVC kao materijal nema veliku krutost, pa bi se

povećanjem dimenzija, stabilnost preseka smanjivala. Ovaj problem se, donekle, može rešavati ubacivanjem kutijastih čeličnih profila unutar preseka konstrukcije rama i krila.

2.3. Aluminijska fasadna stolarija

Aluminijum spada u grupu metala, koji nisu toliko dobri toplotni i izvučni izolatori, pa se u tom smislu aluminijska fasadna stolarija, kao i PVC stolarija izrađuje od višekomornih profila. Za poboljšanje toplotnih karakteristika koriste se višekomorni profili sa termoprekidom-mostom.

Aluminijum dobro podnosi atmosferske uticaje što mu daje prednost pri izboru fasadne stolarije.

U statičkom smislu, aluminijum ima dobru krutost, što mu daje prednost pri izboru, za veće dimenzije fasadne stolarije.

2.4. Kombinovana AL+DRVO fasadna stolarija

Fasadna stolarija u skladu sa položajem, ima različite zahteve ka spoljšnjoj i unutrašnjoj strani objekta. Kombinovanjem dva materijala, drvo i aluminijum, dobijaju se tipovi fasadne stolarije sa veoma dobrim karakteristikama i sa spoljašnje i unutrašnje strane objekta. Spoljašnja strana je uvek izložena atmosferskim uticajima i njihovim naglim promenama, pa nam je sa te strane potreban materijal koji je otporan na dejstva kojima je izložen.

Kroz praksu se pokazalo da aluminijum kao materijal vrlo dobro podnosi te uticaje, pa se kod ovakve konstrukcije prozora on postavlja sa spoljašnje strane. Unutrašnja strana nije izložena atmosferskim uticajima, pa nije potreban materijal otporan takvim dejstvima. Ova strana fasadne stolarije je zahtevna u pogledu čuvanja unutrašnje toplote prostora, pa je na toj strani potreban materijal koji poseduje dobre termoizolacione karakteristike. Drvo kao prirodni materijal kod koga su najizraženije ove karakteristike predstavlja dobro rešenje za deo fasadne stolarije sa unutrašnje strane.

3. ZASTAKLJIVANJE FASADNE STOLARIJE

Današnjim razvojem proizvodnje stakla za zastakljavanje fasadne stolarije, proizvode se stakla koja u zimskim periodima čuvaju toplotnu energiju unutar prostora, a u letnjim mesecima sprečavaju preterano zagrevanje unutrašnjeg prostora preko zastakljenih površina, tzv. solarna kontrolisana stakla. Uglavnom se takvi tipovi stakla proizvode „float“ postupkom, a u kasnijoj fazi proizvodnje na stakla se apliciraju određeni premazi na bazi metalnih oksida (low-e nanosi). Neke vrste ovakvih stakla su COOL-LITE GLASS, PLANITHERM GLASS, PLANILUX, ANTELIO SILVER GLASS i dr.

Termoizolovano staklo je primarno u današnje vreme za stakljenje fasadne stolarije. Osnovna karakteristika ovakvog tipa stakla je da se sastoji iz najmanje dva float stakla sa vazдушnim međuprostorom.

Ploče su hermetički spojene, a prednost ovakvog tipa zastakljivanja fasadne stolarije je da ne može doći do kondenza između stakala. Ovo staklo ima veći stepen zaštite od uticaja zvuka i uticaja toplote.

Međuprostor termoizolacionog stakla može biti 4, 6, 9, 12 ili 16 mm. Kod ovakvog tipa zastakljenja fasadne stolarije toplotni gubici su znatno smanjeni, čak 2.7 puta više nego kod običnih zastakljenja. Takav tip stakla je npr.

dvostruko staklo sa jednim slojem emisijskog nanosa i plinskim (argonskim) punjenjem u međuprostoru.

4. OPTIMIZACIJA PRI IZBORU FASADNE STOLARIJE

Za rešavanje kompleksnih problema organizacije građenja i upravljanja izgradnjom primenjuju se metode operacionih istraživanja, sa ciljem pronalaženja optimalnih ili najpovoljnijih rešenja za donošenje upravljačkih odluka.

Problem izbora optimalnog tipa fasadne stolarije rešen je primenom metoda višekriterijumske optimizacije, metodom kompromisnog programiranja i metodom kompromisnog rangiranja [1].

4.1. Metoda kompromisnog programiranja

Osnovna karakteristika metode kompromisnog programiranja je da se rešenje zadatka višekriterijumske optimizacije određuje minimalizacijom odstupanja od idealne tačke, prema usvojenoj meri odstojanja, uključujući sve kriterijume.

Kao mera rastojanja od idealne tačke koristi se L_p metrika, koja predstavlja rastojanje od idealne tačke F^* i tačke $F(x)$ u prostoru kriterijumskih funkcija:

$$L_p(F^*, F) = \{ \sum [f_i^* - f_{i(x)}]^p \}^{1/p} \quad (1)$$

Parametar p koji se javlja u izrazu za L_p ima ulogu balansirajućeg faktora između ukupne koristi i maksimalnog individualnog odstupanja. Malo p se koristi kada grupna korist ima prednost nad pojedinačnim (individualnim) odstupanjem. Povećanjem parametra p smanjuje se i maksimalno pojedinačno odstupanje od najbolje varijante.

Izborom parametra p , usvaja se strategija postizanja kompromisa u VKO:

- $p=1$ rešenje je najbolje po svim kriterijumima, posmatrano zajedno
- $p=2$ rešenje je geometrijski najbliže idealnoj tački
- $p=\infty$ prioritet je dat kriterijumu sa najvećim odstupanjem

4.2. Metoda kompromisnog rangiranja

Rangiranje se primenjuje kada je potrebno odrediti redosled planiranih alternativnih rešenja na osnovu datih mera dobrote ili kriterijuma $f_1, f_2, \dots, f_n$. Jedini uslov koji treba da bude ispunjen je da svaka alternativa bude vrednovana po svim kriterijumima iz datog skupa. Iterativno kompromisno rangiranje (IKOP), kao metoda za višekriterijumsko rangiranje alternativnih rešenja, razvijena je na osnovu elementa iz kompromisnog rangiranja. Konačna rang lista se određuje pomoću mere Q_j :

$$Q_j = v_1 (S_j - S^*) / (S^- - S^*) + v_2 (R_j - R_j^*) / (R^- - R^*) \quad (2)$$

Metoda IKOP omogućava da se zadaju i težine strategija odlučivanja v_1 i v_2 , $v_2=1-v_1$

Pri tome; ako je $v_1 > v_2$: daje se prednost zadovoljenju većine kriterijuma, ne vodeći računa da jedan od kriterijuma može biti potpuno nezadovoljen, a ako je $v_2 > v_1$: ne dopušta se potpuno nezadovoljenje bilo kog kriterijuma.

4.3. Alternativna rešenja

Na osnovu analize tipova fasadne stolarije i načina zastakljenja predložene su četiri varijante: drvena fasadna stolarija, PVC fasadna stolarija, aluminijska fasadna

stolarija i kombinovana AL+DRVO fasadna stolarija. U postupak optimalnog izbora tipa fasadne stolarije, u okviru svakog materijala varirana su po dva tipa stakla. Njihove karakteristike prikazane su tabelama od 1 do 8.

Tabela 1. *Drvena fasadna stolarija-tip A1*

karakteristike	tip profila
vlažnost drveta	11-13%
spoljašnje dimenzije	68 x 77 mm
stakljenje	4/15/4 obično dvoslojno stakljenje punjenje međuprostora-vazduh nema IR reflektujućih premaza na staklu distancer aluminijski

Tabela 2. *Drvena fasadna stolarija-tip A2*

karakteristike	tip profila
vlažnost drveta	11-13%
spoljašnje dimenzije	68 x 77 mm
stakljenje	4+4/9/4 dvoslojno stakljenje (jedno spoljašnje staklo laminatno) punjenje međuprostora-argon IR reflektujuć premaz na staklu low- e 63, distancer aluminijski

Tabela 3. *PVC fasadna stolarija-tip B1*

karakteristike	tip profila
sistemska dubina	70 mm / srednji dihtung
broj komora sistema	5
stakljenje	4/12/4 dvoslojno stakljenje punjenje međuprostora-vazduh nema IR reflektujućih premaza na staklu distancer aluminijski

Tabela 4. *PVC fasadna stolarija-tip B2*

karakteristike	tip profila
sistemska dubina	120 mm / srednji dihtung
broj komora sistema	5 komorna teh. sa dodatnom toplotnom izolacijom
stakljenje	4/12/4/12/4 troslojno stakljenje punjenje međuprostora-argon IR reflektujuć premaz na staklu low- e 63 distancer aluminijski

Tabela 5. *Aluminijska fasadna stolarija-tip C1*

karakteristike	tip profila
spoljašnje dimenzije	800 mm x 1000 mm
materijal	AL profili sa ugrađenim termomostom
stakljenje	5/12/4 obično dvoslojno stakljenje punjenje međuprostora-vazduh nema IR reflektujućih premaza na staklu, distancer aluminijski

Tabela 6. *Aluminijska fasadna stolarija-tip C2*

karakteristike	tip profila
spoljašnje dimenzije	800 mm x 1000 mm
materijal	AL profili sa ugrađenim termomostom
stakljenje	5/12/4 dvoslojno stakljenje punjenje međuprostora-argon IR reflektujuć premaz na staklu distancer aluminijski

Tabela 7. *Kom. AL+DRVO fasadna stolarija-tip D1*

karakteristike	tip profila
spoljašnje dimenzije	110 mm (20 mm drvo) / 88 mm (20 mm drvo)
materijal	AL profili, drvo po standima DIN 68 121
stakljenje	6/12/4 dvoslojno stakljenje punjenje međuprostora-argon IR reflektujuć premaz na staklu zaštitni premaz distancer aluminijski

Tabela 8. *Kom. AL+DRVO fasadna stolarija-tip D2*

karakteristike	tip profila
spoljašnje dimenzije	130 mm (20 mm drvo) / 100 mm (20 mm drvo)
materijal	AL profili, drvo po standima DIN 68 121
stakljenje	4/12/4/12/4 troslojno stakljenje punjenje međuprostora-argon IR reflektujuć premaz na staklu zaštitni premaz distancer aluminijski

4.4. Kriterijumske funkcije

Kriterijumske funkcije su izabrane tako da obuhvate sve bitne karakteristike koje utiču na izbor optimalnog rešenja:

f_1 -toplotna provodljivost rama fasadne stolarije

f_2 -toplotna provodljivost zastakljenja

f_3 -pokazatelj zvučne izolacije fasadne stolarije

f_4 -ukupni troškovi

f_5 -vreme ugradnje

f_6 -pokazatelj trajnosti

Po našim standardima [2] toplotne karakteristike rama fasadne stolarije f_1 i toplotne karakteristike zastakljenja f_2 se izražavaju numerički, koeficijentom toplotne provodljivost U [W/m^2K], koji se deli na: U_g koeficijent prolaza toplote kroz okvir fasadne stolarije i U_w koeficijent prolaza toplote kroz zastakljeni deo fasadne stolarije. Prednost imaju tipovi fasadne stolarije sa manjim vrednostima, jer obezbeđuju bolje toplotne performanse.

Zaštita od buke se definiše u decibelima (dB), a izražava se u klasama od 1 do 4. U skladu sa minimizacijom vektorske kriterijumske funkcije definiše se kriterijum f_3 , kao pokazatelj zvučne izolacije fasadne stolarije u obliku:

$$P_1 = 1/R_w$$

gde;

R_w - predstavlja zvučnu izolaciju fasadne stolarije
Prednost se daje manjim vrednostima ovog pokazatelja, jer one obezbeđuju veći nivo zvučne zaštite.

Kriterijumska funkcija f_4 predstavlja ukupne troškove fasadne stolarije, a objedinjuje nabavne troškove (tržišna cena) i troškove ugradnje (dodatnih materijala i rada pri ugradnji). Kriterijumske funkcije f_4 i f_5 , izračunate su na bazi normativa i standarda rada u građevinarstvu [3]. Prednost ima ona varijanta kod koje su vrednosti obe kriterijumske funkcije minimalne.

Vek trajanja fasadne stolarije zavisi od same završne obrade materijala od kojih je izrađena kao i od atmosferskih uticaja kojima je izložena. Kriterijumsku funkciju f_6 , definiše pokazatelj trajnosti u obliku:

$$P_2 = T_{\max}/T_i$$

gde su:

$T_{\max}$ - maksimalna trajnost

T_i - pojedinačna trajnost

Manja vrednost ovog pokazatelja odgovara tipu fasadne stolarije koja ima veću trajnost.

Model optimizacije za izbor tipa fasadne stolarije definisan je u obliku

$$F(x) = \min (f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6) \quad (3)$$

i podrazumeva minimizaciju svih 6 kriterijumskih funkcija.

4.5. Rezultati optimizacije

Primenom metode kompromisnog programiranja i kompromisnog rangiranja na bazi ulaznih podataka u

tabeli 9, izabrana su optimalna rešenja, prikazana u tabelama 10 i 11. [4]

Tabela 9 - *Ulazni podaci za optimizaciju*

krit.funk.	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2	f _i ⁺	f _i ⁻	D _i	jed
f ₁	1.7	1.2	1.1	0.71	3	2.8	1.3	0.9	0.71	3	-2.29	W/m ² K
f ₂	1.8	1.4	1.3	0.8	3.1	2.3	1	0.5	0.5	3.1	-2.6	W/m ² K
f ₃	0.033	0.029	0.029	0.025	0.029	0.027	0.026	0.028	0.025	0.033	-0.008	1/dB
f ₄	29.875	33.708	27.434	31.845	39.688	44.819	47.461	56	27.434	56	-28.272	€/m ²
f ₅	12.5	12.5	10	10	14.5	14.5	15.5	15.5	10	15.5	-5.5	dan
f ₆	1	1	3	3	1.2	1.2	1	1	1	3	-2	-

Tabela 10 *Redosled varijantnih rešenja - isti težinski koeficijenti*

	1	2	3	4	5	6	7	8
v=0.0	A2	C2	A1	B1	B2	C1	D1	D2
v=0.3	A2	B2	B1	D1	C2	D2	A1	C1
v=0.6	A2	B2	B1	D1	D2	A1	C2	C1
v=0.9	C2	A2	B1	D1	D2	A1	C2	C1
v=1.0	C2	A2	B1	D1	D2	A1	C2	C1

Tabela 11 *Redosled varijantnih rešenja - različiti težinski koeficijenti*

	1	2	3	4	5	6	7	8
v=0.0	B2	B1	A1	A2	C1	C2	D1	D2
v=0.3	B2	B1	A2	A1	C2	C1	D1	D2
v=0.6	B2	B1	A2	A1	C2	D1	C1	D2
v=0.9	B2	B1	A2	A1	D1	C2	D2	C1
v=1.0	B2	B1	A2	A1	D1	C2	D2	C1

5. ZAKLJUČAK

U radu su analizirani tipovi fasadne stolarije i načini zastakljenja. Na bazi definisanih kriterijuma za četiri tipa fasadne stolarije: drvena, PVC, aluminijumska i kombinovana AL+DRVO fasadna stolarija, sa po dve varijante stakla, metodom višekriterijumske optimizacije izabrano je optimno rešenje.

Rezultati metode višekriterijumske optimizacije sa istim težinskim koeficijentima za sve kriterijumske funkcije, su pokazali da je optimalno rešenje varijanta A2 - DRVENA STOLARIJA SA DVOSLOJNIM ZASTAKLJENJEM tipa 4+4/9/4 (spoljašnje staklo laminatno).

U drugoj analizi prednost je data tehnološkim i ekonomskim pokazateljima, koji direktno utiču na tok građenja, troškovima i vremenu ugradnje fasadne stolarije. Optimalno rešenje u slučaju različitih težinskih koeficijenata, je varijantno rešenje B2, PVC STOLARIJA SA PETOKOMORNIM SISTEMOM I TROSLOJNIM SISTEMOM ZASTAKLJENJA 4/12/4/12/4mm. Dobijena optimalna rešenja, drvena i PVC stolarija su tipovi fasadne stolarije koji se uglavnom koriste u masovnoj stambenoj gradnji.

Analize različitih načina zastakljenja fasadne stolarije pokazale su da se izborom adekvatnog stakla korišćenjem troslojnog stakla, laminantog stakla ili punjenjem vazdušnog sloja agonom i sl., obezbeđuju bolje termoizolacione karakteristike fasadne stolarije i povećava energetske efikasnosti objekta u celini.

6. LITERATURA

- [1] S. Opricović, "Optimizacija sistema", *Građevinski fakultet, Beograd, 1992.*
- [2] Zbirka tehničkih propisa, tehničkih uslova, mera i normativa u građevinarstvu 2, *Građevinska knjiga, Beograd, 1980.*
- [3] Normativi i standardi rada u građevinarstvu, *Građevinska knjiga Beograd, 1985.*
- [4] J. Dražić, "Modeliranje procesa građenja", *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2009 (skripta)*

Kratka biografija:



Vesna Popović rođena je u Zvorniku, Bosna i Hercegovina, 1979. god. Srednju građevinsku školu »Jovan Vukanović«, odsek visokogradnja, završila je u Novom Sadu. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka, u Novom Sadu, iz oblasti Građevinarstvo - Građevinski menadžment odbranila je 2010.god.



Jasmina Dražić rođena je u Novom Miloševu 1958.god. Doktorirala je na Fakultetu tehničkih nauka 2005.god., a od 2005.god. je u zvanju docenta. Oblast Zgradarstvo-građevinske i arhitektonske konstrukcije.

DEFORMACIONA MERENJA KOD HIDROTEHNIČKIH OBJEKATA DEFORMATION MEASUREMENTS OF HYDRAULIC STRUCTURES

Svjetlana Šakotić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – Osmatranje i održavanje brana, kao i ostalih hidrotehničkih objekata, su izuzetno značajne aktivnosti koje se moraju sprovoditi u toku izgradnje i korišćenja objekata, kako bi se sačuvala bezbednost i funkcionalnost objekta. Postoje razne metode kojima se utvrđuju deformacije. Ako dobijene vrednosti deformacija nisu u granicama dozvoljenih, tada je potrebno pristupiti sanaciji objekta i sprečiti nepoželjne posledice.

Abstract – Monitoring and maintenance of dams and other hydraulic structures, are very important activities which must be conducted during the building and use of facilities, in order to preserve the safety and functionality of structure. There are various methods to detect deformations. If the deformation values obtained are not within permissible range, then it's necessary to access sanitation of structure and prevent undesirable consequences.

Cljučne reči: Deformacije, Deformaciona merenja, Brane

1. UVOD

Osmatranje je skup aktivnosti kojima se sistematski prati, analizira i procenjuje stanje svih delova objekta u celini vezano za njegovu bezbednost i funkcionalnost, i blagovremeno uočavaju i signaliziraju nepovoljne pojave i procesi koji ukazuju na ugrožavanje bezbednosti i funkcionalnosti [1]. Svrha osmatranja brana jeste osiguranje od deformacija na objektu, u temeljima, na obalama u akumulaciji, kao i zaštita nizvodnog područja od katastrofe. Obrada i interpretacija podataka koji su prikupljeni osmatranjem brana, omogućuju održavanje brana u toku eksploatacije. Može se reći da je osnovni zadatak osmatranja brana da se pravovremeno preduzmu mere kako bi se izbegla veća i progresivna oštećenja, koja dovode do sloma konstrukcije i pojave većih ili manjih katastrofa koje mogu dovesti i do gubitaka ljudskih života, a ne samo u vidu materijalne štete.

2. DEFORMACIJE HIDROTEHNIČKIH OBJEKATA

Uopšteno, pod pojmom deformacije podrazumevaju se sve promene koje se dešavaju na građevini ili njenoj okolini za vreme njene izgradnje ili njene eksploatacije, kao i promene koje pogađaju lokalno posmatrana izdvojena područja, Zemljinu koru i druge objekte.

NAPOMENA:

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

Za hidrotehničke objekte bitno je da se odredi veličina pomeranja tla ili pomeranje i deformacija geometrije objekta. Deformacije hidrotehničkih objekata su uzrokovane sopstvenom težinom objekta i opterećenjem vode. Deformacije mogu biti:

- sleganje ili vertikalno pomeranje
- horizontalno pomeranje
- promena nagiba.

Neravnomerno sleganje može biti uzrokovano asimetrijom profila, strmim bokovima, sleganjem temelja, naglim prelomima u temljoj spojnici, razlikom stišljivosti tla u jezgri i susednim zonama i sl. Tako se u pojedinim zonama javljaju naponi zatezanja uz pojavu pukotina koje predstavljaju opasnost za objekat. Horizontalna pomeranja nastaju redovno u slučaju klizanja pod uticajem pritiska vodene mase. Pomeranje objekta, usled dejstva sopstvene težine, vode, kao i drugih uticaja, praćeno je promenom nagiba, odnosno rotacijom objekta koja se mora kontrolisati kako se ne bi narušila sigurnost objekta.

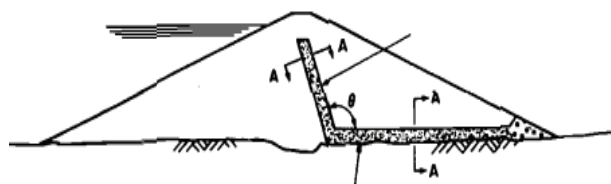
3. BRANE- NAJVEĆI HIDROTEHNIČKI OBJEKTI

3.1. Vrste brana

Brane, kao najsloženiji hidrotehnički objekti, mogu se podeliti na više načina prema različitim kriterijumima. Opšta podela brana je na visoke i niske brane. Po svojim karakteristikama, načinu prihvatanja opterećenja od vode i prenošenju na tlo, brane mogu biti: nasute, gravitacione, olakšane i lučne [2].

3.2. Nasute brane

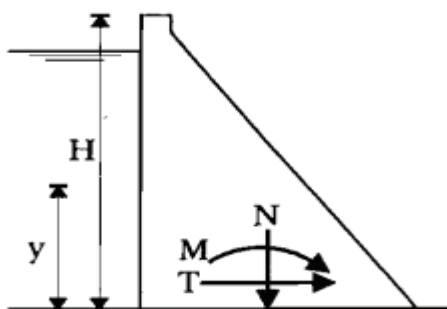
Prednosti nasutih brana u odnosu na ostale su: minimalni zahtevi za uslove fundiranja, prilagodljivost gotovo svim vrstama terena, mogućnost korišćenja raznovrsnog i heterogenog materijala za nasip, jeftino i brzo ugrađivanje korišćenjem mehanizacije. Mane nasutih brana su: velika osetljivost na preliivanje, velika osetljivost na nekontrolisano procurivanje i ispiranje materijala, evakuacioni organ mora se dimenzionisati na veći proticaj, veliki obim radova usled blagih kosina uzvodnog i nizvodnog lica. Izgled nasute brane dat je na slici 1.



Slika 1. Izgled nasute brane sa drenažom

3.3. Gravitacione brane

Gravitacione brane su masivne, danas pretežno betonske brane, koje se delovanju spoljašnjih sila suprotstavljaju isključivo sopstvenom težinom. Međutim iz ekonomskih razloga teži se da se brana izgradi uz najmanji utrošak materijala, a da ima garantovanu stabilnost i otpornost. Gravitacione brane mogu biti neprelivne ili prelivne, a mogu biti, veoma često, prelivno-neprelivne, kada se oba profila nalaze na istoj brani. Prelivni deo oblikuje se tako da se preko njega voda može slobodno ili kontrolisano prelivati u nizvodno korito. Gravitacionu branu posmatramo kao konzolu promljenjive debljine tj. promljenjive mase, poprečnog preseka i momenta inercije. Na slici 2. su prikazane sile koje se prenose na temelj.



Slika 2. Sile koje se kod gravitacione brane prenose na temelj

Analiza opterećenja sprovodi se za presek sa najvećom visinom, a po potrebi se analiziraju i drugi preseki (u osloncima, ili na mestu promene uslova fundiranja). Uobičajeno je da se svaka razmatrana sila rastavi na horizontalnu i vertikalnu komponentu. U osnovna opterećenja koja deluju na branu spadaju:

- hidrostatički pritisak
- uzgon
- sopstvena težina.

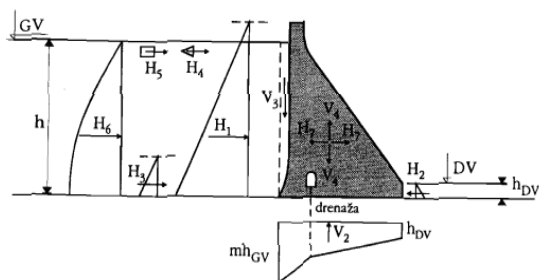
U dopunska opterećenja spadaju:

- pritisak leda
- pritisak nanosa
- temperaturne promene i skupljanje betona
- talasi.

U izuzetna opterećenja spadaju:

- zemljotres.

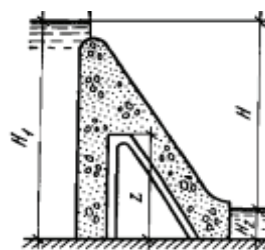
Na slici 3. dat je prikaz sila koje deluju na branu.



Slika 3. Šema sila koje deluju na gravitacionu branu

3.4. Olakšane gravitacione brane

Masivne gravitacione brane, iako imaju prednost zbog jednostavnog projekta i tehnologije građenja, ipak imaju i određeni broj nedostataka, kao što su: velika količina betona u telu brane, što povećava troškove, uticaj temperature hidratacije i skupljanja na pojavu napona zatezanja, stanje naprezanja u podnožju brane i u temeljima, s obzirom na filtracione pritiske (uzgon), nije dovoljno jasno, nedovoljno iskorištene fizičko mehaničke karakteristike materijala u telu brane, naročito kod gravitacionih brana ispod 100 m visine. Te činjenice potakle su projektante da nađu načina kako da poboljšaju svojstva masivnih gravitacionih brana smanjivanjem njihove težine i troškova. To je dovelo do razvoja olakšanih brana tj. brana sa šupljinama. Poprečni presek olakšane brane dat je na slici 4.



Slika 4. Poprečni presek olakšane brane

3.5. Lučne brane

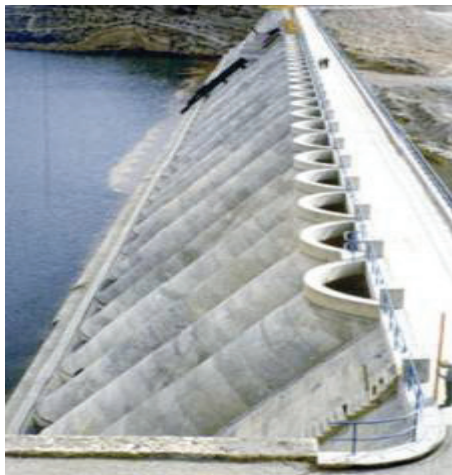
Lučnim branama nazivaju se brane čiji je horizontalni presek krivolinijskog oblika tj. u obliku luka. Osnovno je kod lučne brane da se pritisku vode konstrukcija ne suprotstavlja svojom težinom, već se opterećenje prenosi uglavnom na bokove doline. Ovo zahteva da su dno i bokovi doline dobre nosivosti (stena) i da je dolina relativno uska. U vertikalnom pravcu deluje kao konzola, a u horizontalnom kao uklješten luk. Kod ovakve brane nema uzgona, ali se osim opterećenja od vode mora obratiti posebna pažnja na temperaturne uticaje, jer je sa uzvodne strane brana rashlađena vodom koja nekada može da bude 5-10°C, a sa nizvodne strane izložena je delovanju sunca tako da temperatura može da bude 40°C, pa se javlja temperaturna razlika. Najviša lučna brana, visoka 272m, nalazi se u Gruziji i njen izgled predstavljen je na slici 5.



Slika 5. Inguri, Gruzija, najviša lučna brana 272m

3.6. Višelučne brane

Višelučna brana se sastoji od više lukova, a opterećenja se sa lukova prenose na kontrafore i preko kontrafora na temeljno tlo. Kontrafori se grade na udaljenosti 10-20m. Između kontrafora se može smestiti i hidroelektrana. Izgled prve višelučne brane, izgrađene u Indiji, dat je na slici 6.



Slika 6. Meer Allum, Indija, prva višelučna brana, 1802.god.

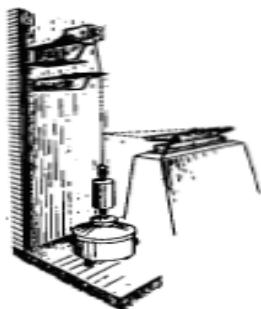
4. METODE ZA ODREĐIVANJE DEFORMACIJA

4.1. Fizičke metode

U praksi se javlja potreba za određivanjem veličina pomeranja - klizanja tla ili deformacija objekata. Suština određivanja tih veličina zasniva se na određivanju razlika položaja izabranih reprezentativnih tačaka, između nekog prvobitnog – nultog merenja $(Y, X, Z)_0$ i narednih tekućih, kontrolnih merenja $(Y, X, Z)_k$.

Za određivanje tih pomeranja mogu se koristiti fizičke i geodetske metode. Kod određivanja deformacija fizičkim metodama, određuje se samo relativna veličina nastale deformacije. Merenja fizičkim metodama se izvode raznim priborima koji neposredno daju veličinu deformacija.

Kao instrumenti za merenje koriste se uglavnom sledeći uređaji: klatno sa koordinatomerom, obrnuto klatno, inklinometar, klinometar, ekstenzometri [2]. Za određivanje vertikalnog pomeranja tačaka koriste se klatno i obrnuto klatno. Izgled klatna sa koordimetrom dat je na slici 7.



Slika 7. Klatno sa koordimetrom

Za određivanje promene nagiba osmatranih tačaka koriste se inklinometar i klinometar. Izgled klinometra dat je na slici 8.



Slika 8. Klinometar – kružni tip baze

Za merenje deformacija koriste se tenzometri. Važan podatak nekog tenzometra jeste njegova osetljivost. Osetljivost je podatak koji se čita na tenzometru. Na temelju podatka o osetljivosti i promeni udaljenosti dve tačke dobija se deformacija. Ekstenzometri su instrumenti koji, ugrađeni na različitim nepristupačnim tačkama brane, mere lokalne deformacije u smeru u kome su položeni i pomoću spojnih kablova prenose ih u mernu centralu. Izgled ekstenzometra dat je na slici 9.



Slika 9. Ekstenzometar

4.2. Geodetske metode

Geodetski radovi se koriste kod projektovanja i građenja brana – hidroelektrana, kod regulacija reka, kod melioracija zemljišta, kod vodovoda i kanalizacije. Tačke sa kojih treba vršiti merenja na terenu nazivaju se geodetske tačke [3]. Imamo dve osnovne vrste tačaka. Prva vrsta tačaka služi za određivanje deformacija u horizontalnom pravcu (Y, X) . U ove tačke spadaju trigonometrijske i poligonske tačke.

Druga vrsta tačaka služi za određivanje visinskog položaja deformacija (H) . U ovu grupu spadaju nivelmanske tačke. Razlika koordinata Y i X aktuelne serije u odnosu na nultu daje horizontalno pomeranje, a razlika H koordinata daje vertikalno pomeranje (sleganje) objekta. Međusobno povezane tačke iste vrste čine tzv. geodetsku mrežu.

Na slici 10. dat je izgled mreže za oskultacije lučne brane. Merenja razlika koordinata između repera moraju se sprovesti u skladu sa pravilnikom o tehničkom osmatranju visokih brana. Spomenutim pravilnikom

nalaže se periodično praćenje visokih brana i to dva puta godišnje (pri otvorenoj i zatvorenoj brani) i poređenje dobijenih podataka sa nultom serijom (prvim merenjem).



Slika 10. Izgled mreže za oskultacije lučne brane

Osnovne geodetske metode za određivanje deformacija brana su: metoda presecanja, metoda nivelmana, metoda aliniranja, GPS metoda. Prve tri metode spadaju u grupu terestičkih metoda, dok GPS metoda spada u satelitske metode. Horizontalna pozicija kontrolnih tačaka određuje se trigonometrijskim presecanjem napred ili metodom aliniranja, dok se visinske razlike određuju trigonometrijskim ili preciznim nivelmanom. Kontrolne tačke postavljaju se na nizvodnom licu i kruni brane [4].

5. ZAKLJUČAK

Dobijene vrednosti deformacija se kontrolišu sa teorijskim vrednostima koje se dobijaju statičkim i numeričkim metodama. Ukoliko dobijeni rezultati nisu u granicama dozvoljenih, odnosno predstavljaju opasnost po objekat u pogledu bezbednosti i funkcionalnosti, tada je potrebno pristupiti sanaciji objekta i sprečiti nepoželjne posledice.

Na temelju izvedenih geodetskih radova, izvođač sanacije dobija precizno definisane pomake i deformacije na građevini i u skladu s time obavlja dalje građevinske zahvate. Upravo takva saradnja geodetske i građevinske struke pridonosi kvalitetnijoj i učinkovitijoj sanaciji hidrotehničkih objekata, a sve s ciljem kako bi se sačuvala bezbednost i funkcionalnost objekta.

6. LITERATURA

- [1] FTN Novi Sad, “*Elaborat tehničkog osmatranja brane na Tisi kod Novog Bečeja*”, Novi Sad, 2009.
- [2] P. Stojić, “*Hidrotehničke građevine 1*”, Split, 1997.
- [3] T. Sabolov, “*Geodetsko određivanje vertikalnih pomaka objekata*”, Zagreb, 2007.
- [4] D. Oreč, “*Praćenje vertikalnih pomaka, nagiba i pukotina objekata*”, Zagreb, 2007.

Kratka biografija:



Svjetlana Šakotić rođena je u Tuzli 1986. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo – Hidrotehnika odbranila je 2010.god.



Prof. dr Srđan Kolaković rođen je u Zrenjaninu 1958. Doktorirao je na Građevinskom fakultetu u Subotici 1993. god., a od 2003. je redovni profesor za užu naučnu oblast građevinarstvo – hidrotehnika na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu.

PROJEKAT INDUSTRIJSKE HALE NAMENJENE ZA PROIZVODNJU KONZERVIRANOG POVRĆA

INDUSTRIAL HALL PROJECT INTENDED FOR PRODUCTION OF CANNED VEGETABLES

Milivoj Gajin, Srđan Kisin, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

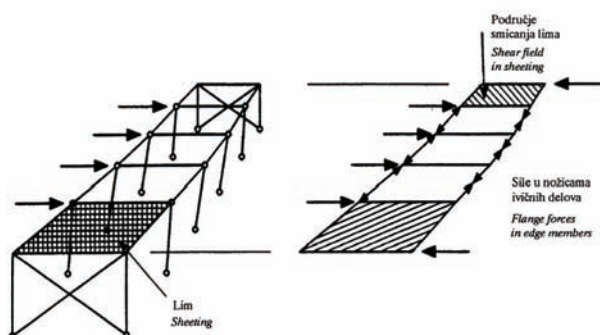
Kratak sadržaj – U ovom radu teoretski je obrađen „Stressed skin“ koncept proračuna konstrukcije i za konkretnu konstrukciju dokazano da nisu potrebni spregovi u uslovima postavljanja obloge i pokrivača od sendvič panela sa dovoljnim brojem spojnih sredstava. Takođe su prikazani tehnički opis i analiza opterećenja čelične industrijske hale.

Abstract - This work theoretically analyzed "Stressed skin" concept of design and construction of a structure shown to not require coupling in terms of setting lining and covering of sandwich panels with a sufficient number of connectors. It also presents the technical description and analysis of load steel industrial building.

Ključne reči: Čelična industrijska hala, Stressed skin koncept proračuna

1. „STRESSED SKIN“ KONCEPT PRORAČUNA

„Stressed skin“ koncept projektovanja je metod proračuna kojim se uzima u obzir doprinos dijafragmi od profilisanih limova na krutost i otpornost konstrukcije. Zasniva se na mogućnosti iskorišćenja doprinosa koji dijafragme od limova za pokrivanje, oblaganje ili za međuspratne konstrukcije daju ukupnoj krutosti ili otpornosti skeletne konstrukcije, svojom krutošću i otpornošću na smicanje. Krovovi i međuspratne konstrukcije mogu se smatrati limenim nosačima velike visine koji se pružaju celom dužinom zgrade, primaju transversalna opterećenja u ravni i prenose ih do kalkana ili do unutrašnjih ukrućenih ramova.



Slika 1 „Stressed skin“ dejstvo u zgradi sa ravnim krovom

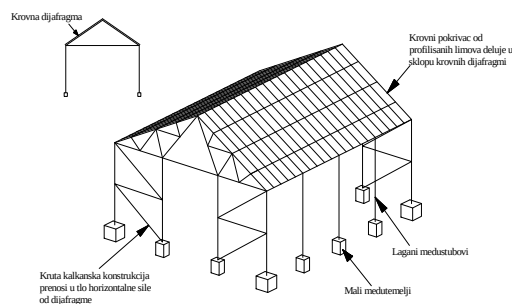
Ravan lima može se tretirati kao rebro koje se opire transversalnim opterećenjima u ravni na smicanje, sa ivičnim delovima konstrukcije koje se ponašaju kao nožice koje trpe aksijalne sile pritiska i zatezanja.

„Stressed skin“ dijafragma se prvenstveno koriste za prijem opterećenja od vetra, snega i drugih opterećenja koja se prenose preko samog lima. Takođe, mogu se koristiti za prijem malih kratkotrajnih opterećenja kao što su bočni udari lakih jednošinskih ili mostnih dizalica, ali se nemogu koristiti za stalna spoljašnja opterećenja, kao što su opterećenja od opreme ili postrojenja.

Za razliku od tradicionalnog pristupa projektovanju, pri čemu se krovni pokrivači od profilisanih limova smatraju sposobnim za prijem opterećenja upravno na svoju ravan, to se u „stressed skin“ konceptu projektovanja krovni pokrivač od profilisanih limova tretira kao dijafragma koja je sposobna da primi opterećenje i u svojoj ravni, ako su ispunjeni odgovarajući uslovi.

Pri tome se dijafragma od profilisanog lima (krovni pokrivač) ponaša kao rebro limenog nosača koji se nalazi u krovnoj ravni, a oslonjen je na mestima vertikalnih spregova. Pojasevi ovakvog limenog nosača su ivične rožnjače. Reakcije ovako oblikovanih limenih nosača prenose se do temelja preko ukrućenih kalkanskih zidova i eventualno preko određenog broja krućih nosećih okvira ili poprečnih krutih zidova. U tom slučaju ostali noseći okviri mogu da budu lakši, tako da nekada ušteda u njihovoj težini može da iznosi i preko 20%.

Noseća čelična konstrukcija jednobrodne hale može tako da se koncipira da glavni stubovi budu lakši (osim krajnjih kalkanskih), ako se obezbedi da krovni pokrivač od profilisanih limova sadejstvuje u vidu dijafragme u prijemu horizontalnih opterećenja koja se predaju krutim kalkanskim zidovima (slika 2).



Slika 2 Rešenje hale sa dvovodnim krovom i krovnom dijafragmama od profilisanih limova

NAPOMENA

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog - master rada čiji mentor je prof.dr Srđan Kisin.

U horizontalna opterećenja koja primaju krovne dijafragme od profilisanih limova ubrajaju se, pre svega, vetar na podužnu fasadu, horizontalne sile od lakih dizalica – monoreja ovesenih o krovnu konstrukciju i seizmične sile u poprečnom pravcu.

Pošto je profilisani lim u vidu dijafragme značajna komponenta noseće konstrukcije hale, to je od izuzetne važnosti da se primene odgovarajući spojevi između profilisanih limova i podkonstrukcije na koju se oni oslanjaju. Za vezu profilisanih limova i osnovne čelične konstrukcije upotrebljavaju se: samorezni vijci, vijci za lim, ekseri i tačkasto zavareni šavovi, a za međusobnu vezu susednih tabli profilisanih limova : samorezni vijci, pop-nitne, previjanjem falcovanjem i ivični zavareni šavovi.

Da bi se ostvarilo sadejstvo dijafragmi od profilisanih limova neophodno je ispunjenje sledećih uslova :

- Da bi se obezbedio prenos uticaja koji nastaju usled efekta dijafragme na glavnu noseću konstrukciju i na temelje moraju se primeniti odgovarajući elementi kondtrukcije i veze;

- Spojevi između susednih tabli profilisanog lima moraju biti spojeni pouzdanim sredstvima koja tokom eksploatacije ne mogu da popuste ili proklizaju pre nego što dođe do cepanja materijala profilisanog lima;

- Oba kraja svake table profilisanog lima treba da se vežu direktno na noseće oslonačke elemente zavarivanjem ili pomoću samoreznih vijaka, eksera ili sa nekim drugim spojnim redstvom. Spojna sredstva ne smeju da popuste tokom eksploatacije niti da proklizaju ili se oštete usled smicanja pre nego što dođe do cepanja materijala profilisanog lima;

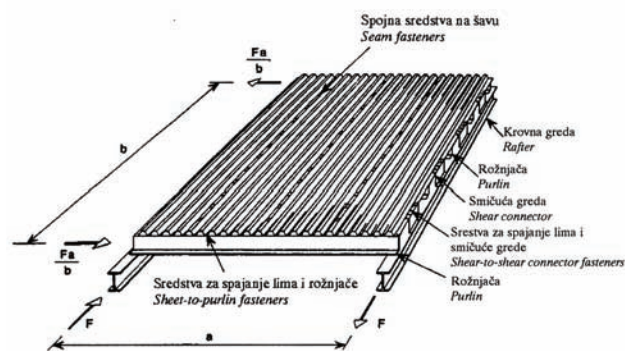
- Sve dijafragme treba da imaju ivične elemente u pravcu raspona dijafragme, a ovi, kao i njihovi spojevi treba da imaju kapacitet da prenesu „pojasne” sile koje rezultiraju iz dejstva dijafragme;

- Otvori za prirodno osvetljenje ili druge potrebe ne smeju da prekorače 15% površine svakog elementa dijafragme (deo dijafragme između susednih glavnih okvira ili linija oslanjanja) ukoliko ovi otvori nisu ukrućeni na odgovarajući način. Posebno treba dokazati računski i eksperimentalno da li je moguće postavljanje otvora u delovima dijafragme gde su maksimalne smičuće sile. Oko većih otvora u dijafragmi treba izvršiti ojačanja i postaviti dodatna spojna sredstva da otvori ne bi značajnije umanjili krutost i otpornost dijafragme.

Osnovni karakteristični deo dijafragme je panel dijafragma (polje dijafragme). Panel dijafragme se definiše kao deo dijafragme ograničen ivičnim nosećim elementima i susednim riglama. Ova definicija važi bez obzira da li su rigle paralelni ili upravni noseći elementi. Tipičan panel dijafragma sa komponentama, za slučaj kada su table profilisanog lima postavljene upravno na raspon dijafragme, prikazan je na slici 5.

Uopšte uzevši „stressed skin” konceptom projektovanja ne vrši se modifikacija osnovne krovne konstrukcije sa krovnim pokrivačem od profilisanih limova. Time se koriste postojeće povoljnosti koje pruža ovaj tip konstrukcija, a najčešće se i povećava osnovna otpornost i krutost, koje već postoje u izvesnoj meri. Posledica izostavljanja spregova protiv vetra u krovnoj ravni je da „stressed skin” konstrukcija nije stabilna sve dok se bar

delimično (ako ne i potpuno) ne postavi profilisani lim koji radi u sklopu krovne dijafragme.



Slika 5 Panel dijafragme sa komponentama

Zbog toga se montaža mora sprovesti tako da je obezbeđena stabilnost kroz sve faze. Očigledno je da krov treba završiti pre postavljanja bočnih fasadnih obloga, tako da se dijafragme kompletiraju pre nego što mogu da se pojave značajna bočna opterećenja. U nekim slučajevima, može biti neophodno postavljanje lakih spregova u krovnoj ravni, kako bi se konstrukcija osigurala u fazi montaže.

U okviru ovog rada „stressed skin” konceptom projektovanja obrađena je uloga profilisanih limova u funkciji ukrućenja konstrukcije koji je usvojen za pokrivanje i oblaganje objekta. Osnovna ideja je bila da se za realno izmodeliranu konstrukciju, opterećenu površinskim opterećenjem, numeričkom analizom odrede pomeranja čvorova koja su ujedno i najevidentniji pokazatelj uticaja pojedinih elemenata u formiranju ukupne krutosti konstrukcije.

Za analizu uloge profilisanog lima u funkciji ukrućenja konstrukcije hale pokazana su pomeranja čvorova na koje deluje površinsko opterećenje u „Y” pravcu (normalno na sleme), koje je konvertovano u linijsko opterećenje na nosače obloge.

Ukupno su formirana tri tipa konstrukcije označeni kao tip A, tip B i tip C :

Tip A se sastoji od glavnih okvira, međusobno povezanih rožnjačama i nosačima obloge,

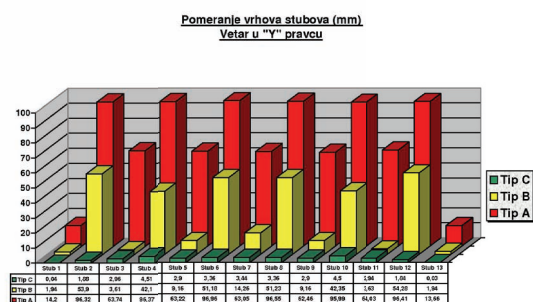
Tip B u odnosu na konstrukciju tipa A ima sva ukrućenja i

Tip C za razliku od prethodna dva tipa konstrukcije ima oblogu, ali je predstavljen bez ukrućenja.

Ukrućenja ove konstrukcije usvojena su od cevastog profila prečnika Ø82,5mm i debljinom cevi 6,3mm kao sistem ukrštenih dijagonala zglobno vezanih za konstrukciju.

Ukrućenja su data u krovnoj ravni, na zabatnim stranama kao i na obe podužne strane. Objekat je obložen dvostrukim čeličnim sendvič panelima proizvođača M Profil, Stara Pazova, tipa ZP-120-T (zidni paneli) i KP-120-T (krovni paneli) sa ispunom od kamene vune. Paneli su fiksirani za glavnu konstrukciju u krovnim ravnima preko rožnjača, a u podužnim i kalkanskim zidovima preko fasadnih greda.

Na slici 6. dat je dijagram horizontalnih pomeranja vrhova stubova, u milimetrima, u podužnom pravcu ravni modela konstrukcije u kojem opterećenje deluje u „Y“ pravcu, tj. u pravcu normalnom na sleme, i to model konstrukcije bez spregova i panela, model konstrukcije sa spregovima i model konstrukcije sa panelima, bez spregova. Međutim, mora se napomenuti da je sam prostorni model modeliran sa nešto manjim brojem konačnih elemenata (lim je vezivan za konstrukciju na svakih 500 mm) zbog preopterećenja modela konačnim elementima pri fiksiranju konstrukcije na svakih 200 [mm] za zidne panele, odnosno na svakih 350 [mm] za krovne panele. Samim tim, u realnoj konstrukciji očekivano je da će pomeranja i naponi sa fiksiranim panelima na odgovarajućim odstojanjima biti još manja.



Slika 6 Pomeranje vrhova stubova u mm
Vetar u „Y“ pravcu

Veoma je bitno obratiti pažnju na spojeve profilisanih limova u nosećim konstrukcijama, gde oni moraju biti duktilni u meri koja omogućuje preraspodelu unutrašnjih sila, postupnu plastifikaciju i konačno lom u osnovnom materijalu konstrukcije, a ne u spoju. Nosivost veze zavisi od tipa usvojenih zavrtnjeva i spojnica, kao i od same duktilnosti veze.

Broj i položaj veza određuje se prema osnovnim pravilima za raspoređivanje zavrtnjeva i spojnica, ali tako da granična nosivost veze na smicanje bude najmanje jednaka graničnoj nosivosti panela, za slučaj predviđen kod duktilnog loma. Ukoliko imamo slučaj da lom veze nije duktilan, njen kapacitet mora biti bar za 25 % veći od kapaciteta panela. Kod konstrukcije veza nastoji se postići da pri kidanju veze dolazi do duktilnog, a ne do trenutnog loma. Granična nosivost spojeva mora biti veća od plastične nosivosti osnovne konstrukcije, odnosno same dijafragme od profilisanog lima.

Iz rezultata datih u tabeli urađen je grafički prikaz pomeranja vrhova stubova, gde je karakteristično znatno smanjenje horizontalnih pomeranja na mestu glavnih ramova, posebno krajnjih. Kao što se i vidi iz tabele, odnosno iz dijagrama Tip C pomeranja vrhova stubova mnogo je manji, čak i do nekoliko puta od pomeranja konstrukcije sa ukrućenjima pomoću spregova.

Uporednom analizom rezultata dobijenih modeliranjem konstrukcije na klasičan način tretirajući ukrućenje konstrukcije pomoću spregova i rezultata dobijenih modeliranjem konstrukcije prema STRESSED SKIN

design konceptu pokazalo se, kao što je i bio cilj ovog diplomskog rada, da profilisani limovi igraju veliku ulogu u ukrućivanju konstrukcije u ravni limova, te da njihovom primenom u ovom pogledu nema potrebe za ukrućenje konstrukcije pomoću spregova. Pokazano je da obloge od profilisanih limova poseduju značajnu krutost u sopstvenoj ravni, koja obezbeđuje uključenje konstrukcije koje efikasnije utiče na smanjenje ukupne pomerljivosti nego što se postiže postavljanjem spregova formiranih od linijskih elemenata.

Bitno je još jednom naglasiti da je model konstrukcije Tip C modeliran sa razmakom spojnih sredstava veze lima sa glavnom konstrukcijom od 500 mm zbog nedovoljnog kapaciteta računara da proračuna model sa realno spojenom konstrukcijom sa oblogom na svakih 200 mm, odnosno 350 mm.

Pošto su i ovako proračunate vrednosti pomeranja konstrukcije i maksimalnih napona u oblogi ispod dozvoljenih, realno je da su stvarna pomeranja na odgovarajućim rastojanjima vezivanja obloge za konstrukciju još manja.

2. PROJEKAT ČELIČNE INDUSTRIJSKE HALE

2.1 Tehnički opis hale

Na osnovu projektnog zadatka izrađen je građevinsko-arhitektonski projekat industrijske hale koja je namenjena za proizvodnju konzerviranog povrća (kukuruza šećerca i graška) i ima kapaciteta 12000 tona godišnje. Predmetni objekat je prizeman s tim da na jednom delu je formirana još jedna etaža. Arhitektonski gabariti objekta je 48x66x10,5m, a korisna površina objekta je $P=3168m^2$. Ulaz u objekat je rešen sa postojećih platoa koji su u padu prema zelenoj površini. Oko objekta je formiran betonski plato za istovar robe i manevrisanje vozila.

Glavni nosači su rešetke sa jednostrano zakošenim gornjim i donjim pojasom, raspona 24m i visinom 1.5m. Postavljeni su simetrično na srednje stubove sa padom na jednu stranu ($\alpha=5^\circ$), tako da krov u celosti bude dvovodan. Nosač je projektovan tako da ima ispunu od dijagonalnih i vertikalnih štapova, projektovanih od kutijastih profila. Nosač je na krajevima zglobo oslonjen na stubove. Razmak između glavnih nosača je 11m.

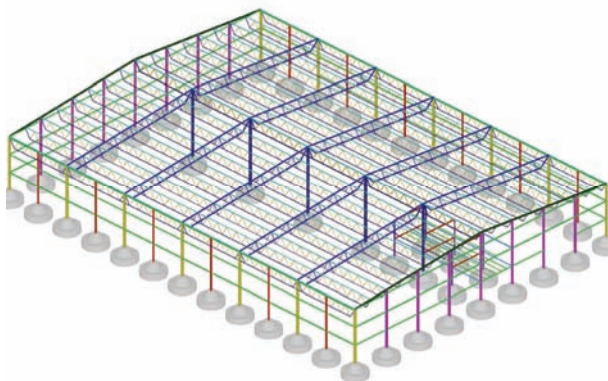
Krovni pokrivač čine termoizolacioni sendvič paneli $d=12cm$ koji se samobušecim vijcima pričvršćuju za rožnjače po svom obimu.

Rožnjače su usvojene kao rešetkasti nosači sa usvojenim kutijastim profilima i to za gornji pojas HOP 80x80x4, donji pojas HOP 50x50x3 i dijagonale HOP 40x40x3. U statičkom pogledu predstavljaju prostu gredu oslonjenu na gornji pojas glavnog rešetkastog nosača. Raspon rožnjača je 11m a rastojanje između njih je 3m.

Glavni stubovi poprečnog rama su izvedeni od čeličnih IPB1 320 profila, kalkanski stubovi su od čeličnih IPB1 260, a središnji stubovi unutar hale su od čeličnih IPB1 300. Svi stubovi su uklješteni u temelje samce dok je na vrhu stuba zglobozna veza sa glavnim rešetkastim nosačem odnosno krovnom riglom.

Visina glavnih stubova je 8,4m, dok je visina središnjih stubova 10,5m. Stubovi u poslovnom delu objekta koji nose međuspratnu tavanicu, rade se od I 200 profila. Međustubovi su izvedeni od IPB1 180 profila koji

iterakciju sa glavnim ramom ostvaruju preko horizontalnih greda i fasadnih panela od profilisanih limova.



Slika 7 Izometrijski prikaz hale modelirane u TOWER-u

Međuspratna konstrukcija (isključivo u poslovno-skladišnom delu objekta) izvedena je preko profilisanih trapezastih čeličnih limova ispunjenih lakim betonom, čime se dobija automatska oplata.

Kao ploča obrazovana od glavnih poprečnih horizontalnih greda IPE 240 i njima odgovarajućih podužnih sekundarnih nosača I 160, čine jedan međuspratni roštilj, gde je ploča spregnuta moždanicima u vidu sidra od rebraste armature.

Fasadne grede su raspona 5,5m i usvojene su od kutijastih profila HOP 130x130x5, a imaju primarnu ulogu kao nosači obloge, a kao sekundarnu da prenose uticaje iz panela na glavne ramove, koje ovi respektivno prenose na temelje.

Fasadne rigle u kalkanskom zidu su istih dimenzija kao rigle u bočnim zidovima hale osim što je njihov raspon 6m, a međusobni razmak je 2.8m.

Temeljnu konstrukciju čine temelji samci ispod glavnih stubova i međustubova, povezani međusobno temeljnim gredama po obimu osnove objekta kao i u delu osnove koji pripada poslovnom prostoru. Temeljna ploča je debljine 20cm.

Vertikalna komunikacija je obezbeđena jednokratnim montažnim stepeništem, sa gazištem od rebrastog lima koja se oslanjaju na obrazne grede od HOP U profila.

Osvetljenje čitave hale je ostvareno preko fasadnih prozora prema potrebnom procentu osnove, koji predstavlja 20% radne površine poda.

Provetravanje, odnosno ventilacija hale je obezbeđena ventilirajućim panelima od aluminijuma sistema žaluzina, koji se postavlja u podužnom delu hale na visini od 30cm od poda na temeljnu gredu.

Unutrašnji transport hale obezbeđen je malim viljuškarima.

2.2. Analiza opterećenja

U analizi opterećenja na objekat, koja je sprovedena računarom uz pomoć programa za statičku i dinamičku analizu konstrukcija RADIMPEX TOWER 5, pretpostavljeno je da će se pojaviti nekoliko tipova opterećenja koja se mogu grupisati u tri osnovne grupe: osnovno, dopunsko i izuzetno.

U osnovno opterećenje ušla je sopstvena težina elemenata (stubovi, rožnjače, rigle), sneg i težina krovnih i zidnih panela.

Za dopunsko opterećenje usvojeno je opterećenje od vetra koje deluje upravno i paralelno sa slemenom, kao i u oba pravca kalkana.

U izuzetno opterećenje je ušlo seizmičko dejstvo na konstrukciju u dva međusobno upravna pravca.

3. LITERATURA

- [1] Čelične konstrukcije u građevinarstvu - Branko Zarić, Dragan Buđevac, Bratislav Stipanić / Građevinska knjiga, Beograd 2002.
- [2] Stabilnost metalnih konstrukcija – Srđan Kisin / Građevinska knjiga, Beograd 2001.
- [3] Metalne konstrukcije u zgradarstvu – Dragan Buđevac / Građevinska knjiga, Beograd 2003.
- [4] Profilisani limovi u funkciji nosivosti metalnih konstrukcija – Srđan Kisin / Institut IMS, Beograd 1994.
- [5] EUROCODE 3, ECCS / Brussels, 1983.-2008.
- [6] Proračun temelja – Johan Sklena, Nataša Vujadinović / D.O.O. Principal Metromarketing, Novi Sad 1998.
- [7] Armirani beton 3 – Živorad Radosavljević, Dejan Bajić / Građevinska knjiga, Beograd 2007.
- [8] Beton i armirani beton, knjiga 1 i 2 – Grupa autora / Univerzitetska štampa, Beograd 2000.

Kratka biografija:



Milivoj Gajin rođen je u Senti 1980. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva – Metalne konstrukcije odbranio je 2010.god.



Srđan Kisin rođen je u Sarajevu 1952.god. Doktorirao je na Građevinskom fakultetu u Sarajevu 1985. god., a od 1997. ima zvanje redovni profesor. Oblast interesovanja su mu građevinske konstrukcije.

PROJEKAT VIŠESPRATNE AB ZGRADE I UPOREDNA ANALIZA ODREDBI ZA PROJEKTOVANJE KONSTRUKCIJA PREMA ZAHTJEVIMA TRAJNOSTI**DESIGN OF MULTISTORY RC BUILDING AND COMPERATIVE ANALYSIS OF REGULATIONS FOR DURABILITY DESIGN OF CONCRETE STRUCTURES**

Dejan Šarenac, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast- GRAĐEVINARSTVO

Sadržaj- U radu je prikazan projekat konstrukcije višespratne armiranobetonske stambeno-poslovne zgrade S+Pr+4+Pk kao i uporedna analiza odredbi za projektovanje betonskih konstrukcija prema zahtjevima trajnosti.

Abstract- The project of multistory reinforced concrete residential and business building basement + ground floor + 4 stories+atic, and a comperative analysis of regulations for design of concrete constructions according to demands of durability.

Ključne reči: armiranobetonska zgrada, skeletni sistem, trajnost betona.

1. UVOD

Projektnim zadatkom predviđeno je projektovanje višespratne armiranobetonske stambeno-poslovne zgrade spratnosti suteran + prizemlje + četiri sprata + potkrovlje sa dupleksima. Zgrada je u osnovi pravougaona, definisani su gabariti, rasteri stubova, namjena pojedinih površina, lokacija i konstruktivni sistem.

2. OPIS PROJEKTA**2.1. Projektni zadatak i arhitektonsko rešenje**

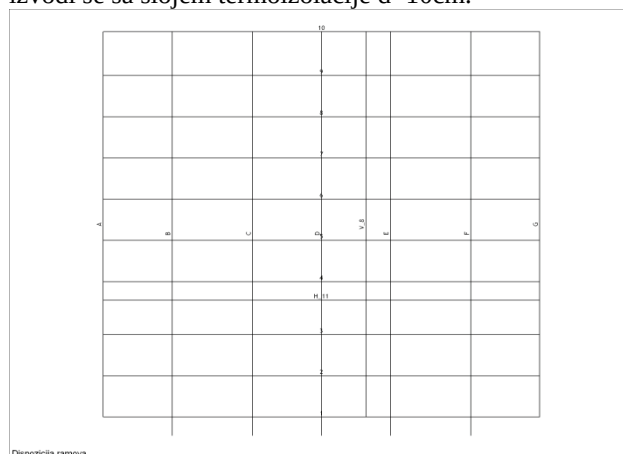
Zgrada se izvodi kao skeletni sistem sa platnima za ukrućenje. Položaj konstruktivnih elemenata definisan je sa sedam poprečnih i deset podužnih osa, što je prikazano na slici 1. U „X“ pravcu nalaze se ose 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10. Međusobni rasponi između osa su 3.1m, 3.3m i 4.0m. Ose A, B, C, D, E, F, G se pružaju u „Y“ pravcu i njihovi međusobni rasponi su 4.8m i 5.6m. Objekat je projektovan kao stambeno-poslovni, sa ulaznim holom, stepeništem i liftom i poslovnim prostorom u prizemlju. U suteranu su projektovane garaže kao i potrebne tehničke prostorije.

Na preostalim spratovima projektovane su stambene jedinice u rasponima od garsonjera do dvoiposobnih stanova. U prizemlju su projektovana četiri poslovna prostora, ulazni hol sa stepeništem i liftom. Na I, II, III i IV spratu nalazi se devet stambenih jedinica, a u potkrovlju je projektovano još devet stanova od kojih su četiri projektovani kao „dupleks“ stanovi. U stambenoj zgradi projektovano je ukupno 45 stambenih jedinica. Spratna visina svih etaža je 2.97m. Zidovi (sa unutrašnje strane) i plafoni se malterišu produžnim malterom d=1.5cm i boje polu-disperznom bojom. U sanitarnim

prostorijama i kuhinjama zidovi se oblažu keramičkim pločicama.

Podovi u sobama, trpezarijama i hodnicima su od klasičnog parketa d=2.2cm, a u kupatilima, wc-ima, ostavama, kuhinjama og keramičkih pločica. Podovi na lođama su od mrazootpornih pločica d=1.0cm. U kupatilima, wc-ima i na lođama na konstrukciju treba postaviti hidroizolaciju. Stepeništa i hodnici obrađuju se keramičkim pločicama.

Fasadni zidovi su debljine 25cm sa obradom u vidu demit fasada d=5.0cm. Unutrašnji zidovi su od pune opeke debljina d=25cm i d=12cm. Tavanice iznad negrejanih prostora oblažu se stiroporom d=5.0cm, a tavanice prema tavanu zaštićuju se tvrdim termoizo-lacionim slojem debljine d=5.0cm preko koga se izvodi lako armirana cementna košuljica d=3-4cm kao završni sloj. Konstrukcija kosog krova koji omeđuje stambeni prostor izvodi se sa slojem termoizolacije d=10cm.



Slika 1: Šema osa

2.2. Konstruktivni sistem zgrade

Objekat je projektovan u klasičnom sistemu skeletne armirano-betonske konstrukcije, kombinacijom AB stubova i greda i AB ploča, sa AB platnima za ukrućenje objekta.

Međuspratna konstrukcija je projektovana kao sistem kontinualnih krstasto armiranih ploča u oba pravca. Međuspratne konstrukcije su debljine 15cm, primaju gravitaciono opterećenje jednog sprata i prenose ga na grede i stubove objekta. Pored toga međuspratna konstrukcija ukrućuje sistem u horizontalnom pravcu i prima horizontalne sile i prenosi ih dalje na vertikalne elemente (stubove i zidove za ukrućenje). Glavno stepenište u objektu se sastoji iz dvije kose ploče i horizontalnog međupodesta. Stepenište je uklješteno u dvije međuspratne tavanice. Korišćena je marka betona

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio prof. dr Đorđe Ladinović.

MB 35. Stepeništa u dupleksima se takođe sastoji iz dvije kose ploče i horizontalnog međupodesta.

Dimenzije greda u podužnom i poprečnom pravcu su 30/40cm. Armiranje greda se vrši armaturom RA 400/500 i izvršeno je prema PBAB i pravilniku za seizmiku.

Dimenzije stubova su: u suterenu 50/50cm, u prizemlju i prvom spratu 45/45cm, na drugom spratu 40/40cm, na trećem spratu 35/35cm, na četvrtom spratu, potkrovlju i dupleksu 30/30cm.

Stubovi su projektovani tako da zadovoljavaju propisane uslove iz pravilnika o tehničkim normativima za izgradnju u seizmički aktivnim područjima. Betoniraju se betonom MB 35. Armiranje stubova vrši se armaturom RA 400/500 i izvršeno je prema PBAB i pravilniku za seizmiku.

Zidovi za ukrućenje postavljani su u oba ortogonalna pravca i njihova uloga je da prime i prenesu na temelje horizontalna seizmička opterećenja i doprinesu cjelokupnoj krutosti zgrade. Zidna platna su u poprečnom pravcu dimenzija $d=25\text{cm}$ i $d=15\text{cm}$, što je i slučaj sa zidovima liftovskog okna, a u podužnom pravcu su dimenzija $d=25\text{cm}$ i $d=15\text{cm}$. Zidovi za ukrućenje su projektovani tako da zadovoljavaju propisane uslove iz pravilnika o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima. Korišćena je marka betona MB 35. Armiranje zidova vrši se armaturom RA 400/500 i izvršeno je prema PBAB i pravilniku za seizmiku.

U podrumu su projektovani armiranobetonski zidovi debljine $d=25\text{cm}$. Njihova uloga je da prime opterećenje od tla. Armiranje zidova vrši se armaturom RA 400/500 i izvršeno je prema PBAB i pravilniku za seizmiku.

Fundiranje objekta je izvršeno na temeljnoj ploči debljine $d=50\text{cm}$. Temeljna ploča se izvodi od armiranog betona. Ispod temeljne ploče nasipa se tampon sloj šljunka debljine 10cm i sloj mršavog betona debljine 5cm. Preko sloja mršavog betona se postavlja hidroizolacija koja je sa gornje strane zaštićena slojem nearmiranog betona debljine 5cm. Korišćena je marka betona MB 35, a armatura RA 400/500. Dozvoljeni napon u tlu je dobijen u geomehničkom elaboratu i on iznosi $\sigma_{\text{doz}}=250\text{KN/m}^2$.

Krovnna konstrukcija je prosta drvena. Pored uticaja od sopstvene težine konstrukcija je proračunata i na dejstvo vjetra i snijega. Opterećenje od krovne ravni preuzimaju drveni rogovi. Maksimalni osovinski razmak rogova je $e=80\text{cm}$, Rogovi su dimenzija $b/d=12/14\text{cm}$. Opterećenje sa rogova prenosi se na vjenčaniće i dalje na AB konstrukciju krova (krovne grede i stubovi). Vjenčaniće su dimenzija $b/d=12/12\text{cm}$. Opterećenje sa vjenčanića se prenosi na betonsku konstrukciju. Dimenzionisanje rogova je izvršeno prema dozvoljenim naponima. Cjelokupnu drvenu krovnu konstrukciju treba izvesti od četinaru II klase maksimalne vlažnosti 18%.

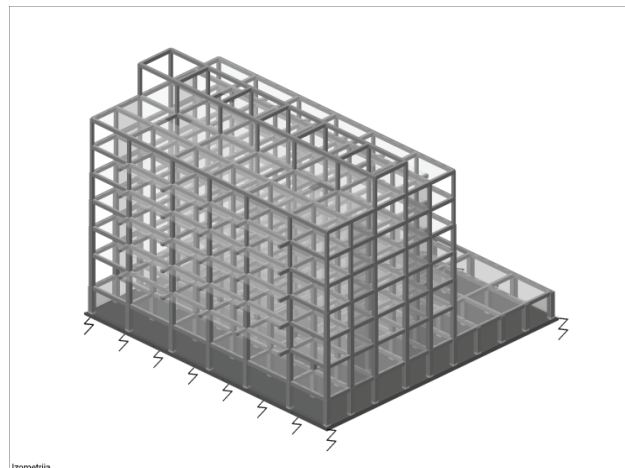
2.3. Analiza opterećenja

Analizirani su sledeći slučajevi opterećenja: stalno opterećenje, prema JUS U.C7.123/1988, čine sopstvena težina konstrukcije (stubovi, grede, zidna platna, tavanice) i težine nenosivih elemenata (zidovi ispune, podovi, krovne obloge); korisno opterećenje, u funkciji namjene prostorija, prema JUS U.C7.121/1988; opterećenje snijegom iznosi 0.75kN/m^2 osnove krova (Sl. list SFRJ 61/48); opterećenje vjetrom je analizirano saglasno aktuelnim standardima JUS U.C7.110, 111 i 112;

seizmičko opterećenje je analizirano metodom statički ekvivalentnog opterećenja saglasno Pravilniku [1] (II kategorija objekta, II kategorija tla, VIII seizmička zona).

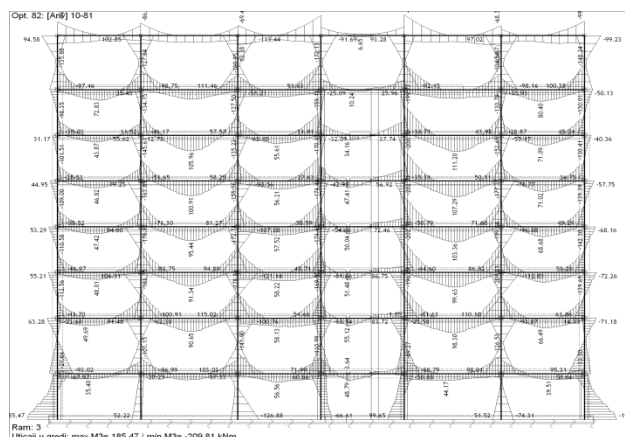
2.4. Statički i dinamički proračun

Konstrukcija je modelirana prostorno u programskom paketu Tower 6.0, korišćenjem linijskih i površinskih konačnih elemenata. Korišćena su dva modela, model krovne konstrukcije i model armirano-betonske konstrukcije. Razlog ovome leži u većem odstupanju rezultata dinamičke analize unificiranog modela (i drvena i betonska konstrukcija modelirani zajedno) od realnih očekivanih rezultata.



Slika 2:3D zgled konstrukcije

Opterećenja na model su aplicirana kao linijska i površinska, saglasno analizi opterećenja, a posebno za svaki slučaj osnovnog opterećenja. Pri formiranju proračunskog modela korišćena je gusta mreža konačnih elemenata (stranica elementa 0.5m). Tlo je modelirano pomoću Vinklerovog (Winkler) modela podloge – elastične opruge koje odgovaraju koeficijentu posteljice od 20MN/m^3 .



Slika 3: Ram u osi 3, anvelopa momenta M_3

Analiza dejstva horizontalnih opterećenja, kao i modalna analiza, pretpostavlja nedeformabilnost tavanice konstrukcije u svojoj ravni. Statički i dinamički proračun sproveden je na modelu kod koga su kombinovani linijski i površinski elementi. Modalna analiza je sprovedena sa realnim rasporedom masa bez redukovanja faktora krutosti i modula elastičnosti seizmičkih zidova što

omogućuje realniji prikaz sadejstva ploča i seizmičkih zidova.

2.5. Dimenzionisanje i armiranje elemenata

Za sve elemente konstrukcije korišćen je beton MB35. Pri dimenzionisanju elemenata, i za podužnu i za poprečnu armaturu, usvojena je rebrasta RA 400/500. Svi elementi su dimenzionisani saglasno važećim propisima [1], [2], prema uticajima mjerodavnih graničnih kombinacija opterećenja, za šta je iskorišćena opcija korišćenog softvera. Grede su dimenzionisane kao jednostruko armirane, dok su stubovi dimenzionisani kao koso savijani, obostrano simetrično armirani. AB zidovi su dimenzionisani saglasno Pravilniku [1] i [2]. Dimenzionisanje svih krovnih pozicija je izvršeno metodom dozvoljenih napona. Kontrola napona pritiska u stubovima i zidovima je sprovedena, kao i provjera ploča na probijanje.

3. UPOREDNA ANALIZA ODREDBI ZA PROJEKTOVANJE BETONSKIH KONSTRUKCIJA PREMA ZAHTJEVIMA TRAJNOSTI

3.1. Opšte

Beton može biti izložen nepovoljnim klimatskim uslovima, hemijski agresivnim sredinama i mehaničkim oštećenjima. U takvim uslovima životni vijek betonske konstrukcije zavisi više od postojanosti nego od marke betona. Osnovna svojstva koja uslovljavaju trajnost betona su: poroznost, kapilarnost, vodonepropusnost, apsorpcija i čvrstoća (prvenstveno čvrstoća na zatezanje).

Da bi se postigla zadovoljavajuća svojstva betona vrlo važnu ulogu ima adekvatan izbor agregata, cementa i dodatka za konkretne uslove agresivnosti sredine. Ne manje važni su i uslovi ugradnje, zbijanja i njegovanja mladog betona

3.2. Proračun debljine zaštitnog sloja betona do armature prema PBAB 87

Pod zaštitnim slojem betona do armature podrazumijeva se najmanje rastojanje od bilo koje armature u elementu do najbliže površine betona. Kod linijskih elemenata to su, po pravilu, uzengije, a kod površinskih glavna ili podeona armatura, u zavisnosti koja je bliže površini elementa.

U Pravilniku BAB 87 su dati osnovni parametri koji utiču na debljinu zaštitnog sloja: vrsta elementa, odnosno konstrukcije, stepen agresivnosti sredine u kojoj se element nalazi, marke betona, prečnika i vrsta armature i način ugrađivanja betona, odnosno izvođenja konstrukcije.

Prema Pravilniku BAB 87, u zaštićenim prostorima, u slabo agresivnim sredinama, minimalni zaštitni sloj za ploče, ljuske i zidove, kao i za rebraste i olakšane međuspratne konstrukcije, iznosi 1,5cm. Minimalni zaštitni sloj za grede i stubove u slabo agresivnim sredinama je 2,0cm. Uvedene su i dopunske, preciznije odredbe za korekciju-povećanje minimalnih zaštitnih slojeva, u zavisnosti naročito od agresivnosti sredine, od marke betona, od uslova izvođenja kao i od dostupnosti kontroli površina betona posle betoniranja. Za betone marke niže od MB 25 propisani minimalni zaštitni slojevi betona se moraju povećati za 0,5cm dok se za montažne elemente i konstrukcije, proizvedene u fabričkim

uslovima, dopušta smanjenje od 0,5cm. Sve korekcije se vrše simultano, odnosno kumulativno.

Primjera radi, minimalni zaštitni sloj betona do armature, za gredni AB element od betona marke $\geq$ MB 25, betoniran *in situ*, u jako agresivnoj sredini, čija površina posle betoniranja nije dostupna kontroli, iznosi $a_0 = 3,5 + 0,5 = 4,0$ cm.

Marka betona	< MB 25		$\geq$ MB 25	
agresivnost sredine	grede stubovi	ploče ljuske zidovi	grede stubovi	ploče ljuske zidovi
slaba	2,5	2,0	2,0	1,5
srednja	3,0	2,5	2,5	2,0
jaka	4,0	3,5	3,5	3,0

Slika 3: Minimalne debljine zaštitnog sloja betona a_0 , u zavisnosti od agresivnosti sredine, marke betona i od vrste konstrukcije, za elemente i konstrukcije betonirane na licu mjesta, prema BAB 87

Pravilnik BAB 87 precizira i da zaštitni sloj betona do armature ne smije biti manji od prečnika te armature, o čemu naročito treba voditi računa pri grupisanju armature u svežnjeve.

Jedno od značajnijih pitanja kojima se Pravilnik BAB 87 ne bavi je pitanje dopuštenih odstupanja dimenzija i, uopšte, tolerancije geometrijskih mjera pri izvođenju betonskih konstrukcija, koje imaju generalni značaj. To je inače vrlo značajno pitanje s obzirom da je zaštitni sloj betona veoma osjetljiv na odstupanja od projektovane debljine. Ukoliko je zaštitni sloj deblji od 5cm, onda se on treba posebno armirati tanjom armaturnom mrežom. Ta armatura isto mora imati zaštitni sloj betona od najmanje 2cm.

3.3. Proračun debljine zaštitnog sloja betona do armature prema EC2

Debljina zaštitnog sloja je rastojanje između površine armature koja je najbliža površini betona (uključujući uzengije i površinsku armaturu, ako postoji), i najbliže površine betona.

Nominalni zaštitni sloj definiše se kao minimalni zaštitni sloj c_{min} , koji se povećava za toleranciju koja se uzima u obzir u proračunu Δc_{dev} :

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

Minimalni zaštitni sloj c_{min} mora da se predvidi da bi se obezbijedili:

- siguran prenos sila prijanjanja betona i armature
- zaštita armature od korozije (trajnost)
- adekvatna otpornost na dejstvo požara.

Mora da se usvoji veća od vrijednosti c_{min} koje zadovoljavaju i zahtjeve u pogledu prijanjanja betona i armature i zahtjeve koji proizilaze iz uslova sredine:

$$c_{min} = \max\{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10mm\}$$

gdje je:

$c_{min,b}$ – minimalni zaštitni sloj s obzirom na uslove prijanjanja,

$c_{min,dur}$ – minimalni zaštitni sloj s obzirom na uslove sredine,

$\Delta c_{dur,\gamma}$ – dodatni element sigurnosti,

$\Delta c_{dur,st}$ – smanjenje minimalnog zaštitnog sloja kada se koristi nerđajući čelik,

$\Delta c_{dur,add}$ – smanjenje minimalnog zaštitnog sloja kada se koristi dodatna zaštita.

Da bi se obezbijedilo sigurno prenošenje sila prijanjanja i osiguralo adekvatno zbijanje betona, minimalni zaštitni sloj ne treba da bude manji od veličine $c_{min,b}$.

Minimalni zaštitni slojevi za armaturu i za kablove za prethodno naprezanje u betonu normalne težine, s obzirom na klase izloženosti uticajima sredine i klase konstrukcije, dati su vrijednostima $c_{min,dur}$.

Klasifikacija konstrukcija i vrijednosti $c_{min,dur}$ koje se primjenjuju u određenoj zemlji, date su u njenom Nacionalnom aneksu.

Zaštitni sloj betona može da se poveća za vrijednost $\Delta c_{dur,\gamma}$ kojom se obezbjeđuje dodatna sigurnost.

Kada se koristi nerđajući čelik ili kada su preduzete druge specijalne mjere, minimalni zaštitni sloj može da se smanji za vrijednost $\Delta c_{dur,st}$. U takvim slučajevima treba razmotriti uticaje smanjenja na sva relevantna svojstva materijala, uključujući i prijanjanje betona i čelika.

Za beton sa dodatnom zaštitom (na primer, premazima), minimalni zaštitni sloj može da se smanji za vrijednost $\Delta c_{dur,add}$.

Kada se beton ugrađuje na licu mjesta, u kontaktu sa drugim betonskim elementima (prefabrikovanim ili ranije ugrađenim na gradilištu), minimalni zaštitni sloj betona od armature do kontaktne površine sa postojećim betonom može da se smanji na vrijednost koja odgovara zahtjevu za postizanje zadovoljavajućeg prijanjanja betona i armature, pod uslovom da je:

- klase betona najmanje **C25/30**,
- vrijeme za koje je kontaktna površina betona bila izložena uticajima spoljašnje sredine kratko (<28 dana),
- kontaktna površina ohrapvljena.

Za površine koje nisu ravne (na primer, površine betona sa vidljivom strukturom agregata) minimalni zaštitni sloj treba da se poveća za najmanje **5mm**.

Kada se očekuje zamrzavanje/topljenje ili dejstvo hemijske agresije na beton (klase XF i XA), posebna pažnja treba da se obrati na sastav betona. Zaštitni sloj betona je obično u takvim slučajevima dovoljan.

U pogledu abrazije betona posebna pažnja treba da se obrati na agregat, prema EN 206-1. Jedna od mogućnosti je da se abrazija betona uzme u obzir povećanjem zaštitnog sloja (žrtvovani sloj). U tom slučaju minimalni zaštitni sloj c_{min} treba da se poveća za k_1 za klasu abrazije XM1, za k_2 za klasu XM2 i za k_3 za klasu XM3.

Vrijednosti k_1 , k_2 , k_3 koje se primjenjuju u određenoj zemlji, date su u njenom Nacionalnom aneksu. Preporučene su vrijednosti **5mm**, **10mm** i **15mm**.

Kada se proračunava nominalni zaštitni sloj c_{nom} , mora da se predvidi povećanje minimalnog zaštitnog sloja betona da bi se uzela u obzir odstupanja u izvođenju (Δc_{dev}).

Vrijednost Δc_{dev} koja se primjenjuje u određenoj zemlji, data je u njenom Nacionalnom aneksu. Preporučena vrijednost je **10mm**.

U izvjesnim slučajevima tolerancija, a time i dodatno povećanje minimalnog zaštitnog sloja Δc_{dev} , može da se smanji.

Smanjenje vrijednosti Δc_{dev} u takvim slučajevima, koje se primjenjuju u određenoj zemlji, dato je u njenom Nacionalnom aneksu.

3.4. Primer proračuna debljine zaštitnog sloja betona do armature prema BAB 87

Položaj elementa: zid suterena u osi 1

Agresivnost sredine: srednje agresivna sredina

Marka betona: MB 35

Vrsta konstrukcije: zid

Površina posle betoniranja nije dostupna kontroli.

Debljina minimalnog zaštitnog sloja $a_0 = 20\text{mm} + 5\text{mm} = 25\text{mm}$

3.5. Primer proračuna debljine zaštitnog sloja betona do armature prema EC2

Položaj elementa: zid suterena u osi 1

$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$

$c_{min} = \max\{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10\text{mm}\}$

$c_{min,b} = 16\text{mm}; c_{min,dur} = 20\text{mm}; \Delta c_{dur,\gamma} = 0\text{mm}; \Delta c_{dur,st} = 0\text{mm}; \Delta c_{dur,add} = 0\text{mm}$

$c_{min} = \max\{16; 20 + 0 - 0 - 0; 10\text{mm}\}$

$c_{min} = 20\text{mm}$

$\Delta c_{dev} = 10\text{mm}$

$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 20\text{mm} + 10\text{mm} = 30\text{mm}$

4. ZAKLJUČAK

Proračun debljine zaštitnog sloja betona do armature prema BAB 87 i EC2 pokazuje da se prema Evrokodu dobija nešto veća debljina zaštitnog sloja, što je na strani sigurnosti. Takođe može se uočiti da pravilnik EC2 toj problematici prilazi znatno temeljnije nego što to čini naš Pravilnik BAB 87.

5. LITERATURA

- [1] Grupa autora: *Beton i armirani beton* prema BAB 87, knjiga 1, Univerzitetska štampa, Beograd, 2000.
- [2] Grupa autora: *Beton i armirani beton* prema BAB 87, knjiga 2, Univerzitetska štampa, Beograd, 2000.
- [3] Ž. Radosavljević, D. Bajić: *Armirani beton 3*, Građevinska knjiga, Beograd, 2007.
- [4] B. Petrović: *Odabrana poglavlja iz zemljotresnog građevinarstva*, Građevinska knjiga, Beograd, 1989.
- [5] S. Stevanović: *Fundiranje I*, Naučna knjiga, Beograd, 1989.
- [6] *Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings*, Management Centre, Brussels, december 2004.

Kratka biografija:



Dejan Šarenac rođen je u Tuzli 1984. godine. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo odbranio je 2010. godine.

PROJEKAT FUNDIRANJA ROBNO – CARINSKOG TERMINALA U KRUŠEVCU

PROJECT FUNDING TRADE – CUSTOMS TERMINAL IN KRUSEVAC

Milana Trbojević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U prvom delu rada dati su rezultati geomehaničkih ispitivanja tla neophodni za fundiranje objekta magacina robno – carinskog terminala u Kruševcu. Na osnovu ovih ispitivanja izvršen je statički proračun objekta i uticaja u temeljima, primenom programskog paketa TOWER 6. U drugom delu rada obrađeni su uticaji u konstrukciji za različite vrednosti modula reakcije tla

Abstract – The first part discusses the results of geotechnical testing of soil necessary for the foundation building the warehouse of goods - customs terminal in Krusevac. The comparison of static calculation and influence in building the foundations, using the software package, Tower 6. The second part analyzed the effects in the structure for different values of the modulus of the soil.

Ključne reči: Fundiranje, Temelj samac, Deformacijske karakteristike tla, Hala, Potporni zid, Tower.

1. UVOD

Carinski terminal se nalazi u sklopu carinske ispostave u Kruševcu. U sklopu carinske ispostave se nalaze: objekat hale, prilazne saobraćajnice i potporni zidovi. Dimenzije hale iznose 34.35x10.80 m, zajedno sa istovarnom platformom lociranom uz jednu bočnu stranu objekta. Objekat je prizeman, pravougaone osnove. Konstrukcija hale se sastoji od čelične krovne rešetke, čelične konstrukcije nadstrešnice iznad istovarne platforme i armiranobetonskog skeleta (slika 1).

U radu je prikazan i proračun potpornih zidova za potrebe obezbeđenja nasipa prilaznih saobraćajnica. Ukupna dužina potpornih zidova sa leve i desne strane iznosi oko 71 m.

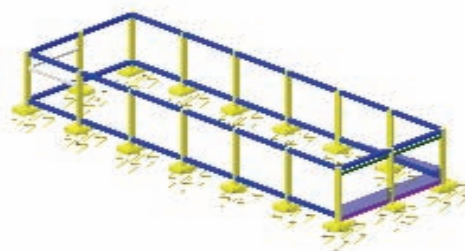
Na osnovu rezultata dobijenih istraživanjima dati su uslovi za gradnju i projektovanje objekta. Na osnovu izvedenih istraživanja i odgovarajućih podataka u geomehaničkom elaboratu dat je i predlog tehničkog rešenja za izgradnju kolovozne konstrukcije.

U ovom članku su prikazani:

- geotehnička istraživanja tla na datoj lokaciji, koja su poslužila za određivanje sastava i karakteristika tla, kao i definisanje uslova fundiranja;
- proračun statičkih uticaja u konstruktivnim elementima;

NAPOMENA:

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



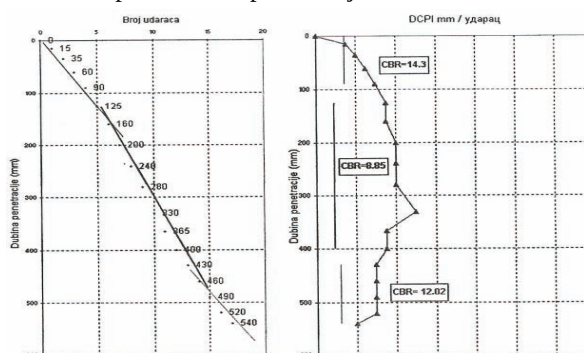
Slika 1: Prostorni model AB skeleta

- proračun statičkih uticaja u potpornim zidovima;
- analiza statičkih uticaja u konstrukciji usled različitih vrednosti modula reakcije tla.

Cilj terenskih istražnih radova jeste da se utvrdi građa terena, nivo podzemne vode i uzimanje poremećenih i neporemećenih uzoraka tla za laboratorijska ispitivanja.

Terenski istražni radovi sastojali su se od:

- rekognosciranja terena;
- iskopa i kartiranja istražnih jama;
- terenskog opita CBR preko podataka DCP – a, (slika 2) i
- opita statičke penetracije.



Slika 2: Grafički prikaz CBR – a preko podataka DCP – a

Laboratorijski istražni radovi sastojali su se od:

- identifikaciono-klasifikacionih opita:
 - o granulometrijski sastav;
 - o vlažnost tla i zapreminska težina tla u prirodnom stanju;
 - o određivanje suve zapreminske težine i optimalne vlažnosti;
- ispitivanja inženjerskih svojstava tla:
 - o laboratorijsko određivanje CBR – a;
 - o određivanje parametara smicanja (c i ϕ).

Na osnovu geomehaničkih istraživanja terena utvrđeno je da je tlo na ispitivanoj lokaciji građeno od slojeva: šljunka; prašinstog peska, sivoplave boje i glinovite prašine, žute boje.

Dubina fundiranja je $D_f=1.38$ m. Dozvoljeno opterećenje tla računato je po metodi K. Tercaghi-a [2] za temelje samce i temeljne trake.

Granična nosivost tla za temeljnu osnovu pravougaonog oblika $B \times L$ iznosi:

$$q_f = \left(1 + 0.3 \cdot \frac{B}{L}\right) \cdot c N_c + \gamma \cdot D_f \cdot N_q + 0.5 \cdot \gamma \cdot B N_\gamma \quad (1)$$

Granična nosivost tla za temeljnu traku, širine B :

$$q_f = c N_c + \gamma \cdot D_f \cdot N_q + 0.5 \cdot \gamma \cdot B N_\gamma \quad (2)$$

Dozvoljeno opterećenje tla:

$$q_a = \frac{q_f}{F_s} \quad (3)$$

Proračun sleganja tla je urađen po Steinbrener-ovoj metodi za plitko fundiranje [1]. Sračunato je sleganje za temelje svih objekata. Priraštaji vertikalnih napona po dubini (σ_z) određeni su Steinbrener-ovom metodom [1]:

$$s = \frac{\sigma_z}{M_p} \cdot h \quad (4)$$

Rezultati proračuna su dati tabelarno (tabela 1).

Tabela 1: Sleganje temelja

Naziv objekta	Tip temelja	Dimezija temelja $B \times L$	Ukupno sleganje temelja (cm)
Magacin	Temelj samac	1.2x1.8	3.0
Nadstrešnica iznad platforme	Temelj samac	1.2x1.8	2.5
Potporni zid	Temeljna traka	3.7	2.5

2. ANALIZA OPTEREĆENJA I STATIČKI UTICAJI

Statički proračun i dimenzionisanje čeličnih rešetki, kao i elemenata konstruktivnog sistema, za potrebe izrade glavnog projekta, sprovedeni su u programskom paketu Tower 6 [5].

Analizirana su sledeća opterećenja:

- stalno opterećenje;
- opterećenje snegom;
- opterećenje od vetra;
- pokretno korisno opterećenje;
- seizmičko opterećenje.

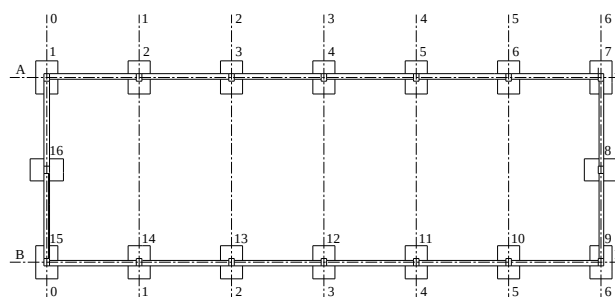
Stalna opterećenja sračunata su prema zapreminskoj težini materijala i odgovarajućim dimenzijama elemenata, a povremena opterećenja prema propisima i to: osnovno opterećenje od snega za krovove sa nagibom krovnih ravni $\alpha < 20^\circ$ - 1.00 kN/m^2 osnove krova; korisna opterećenja 0.70 kN/m^2 – za proračun i dimenzionisanje "Fert" tavanice, odnosno 5.00 kN/m^2 (40.00 kN/m^2) – za proračun i dimenzionisanje podne ploče istovarne platforme. Objekat se nalazi u II zoni vetra ($20 < v < 30 \text{ m/s}$). Opterećenje vetrom uzeto je u obzir kako za potrebe dimenzionisanja elemenata krovne konstrukcije, tako i za potrebe dimenzionisanja glavnog konstruktivnog sistema, u svemu prema standardima JUS U.C7.110, 111 i 112.

Seizmičko opterećenje je sračunato prema odredbama Pravilnika o tehničkim normativima za izgradnju objekata

visokogradnje u seizmičkim područjima (Sl. list SFRJ br. 31/81, 49/82, 29/83, 21/88, 52/90). Seizmički proračun je sproveden u programu TOWER 6 [5]. Za dimenzionisanje AB zidova, prilikom kombinovanja opterećenja, u obzir su uzeti i horizontalni pritisci tla. Dimenzionisanje betonskih elemenata je izvršeno u skladu sa važećim propisima PBAB 87 [3, 4]. Korišćen je beton MB 30 i armatura RA 400/500, GA 240/360 i MA 500/560.

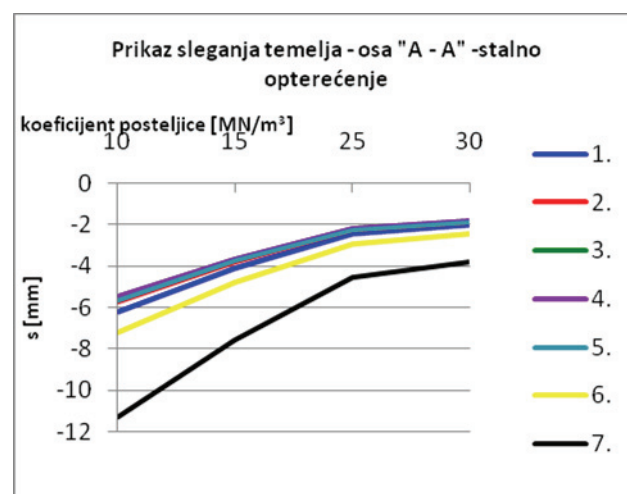
3. ANALIZA UTICAJA U KONSTRUKCIJI NA OSNOVU RAZLIČITE VREDNOSTI MODULA REAKCIJE TLA

Proračun statičkih uticaja u konstrukciji izvršen je primenom programa TOWER 6 [5], pri čemu je tlo modelirano prema pretpostavkama Vinklerovog modela [6]. Tlo je modelirano kao elastična podloga sa koeficijentom posteljice tla 6 MN/m^3 .



Slika 3: Dispozicija temelja

Posmatrana je promena vrednosti sleganja temelja, prilikom promene vrednosti modula reakcije tla. Vrednosti modula reakcije tla iznosile su redom: 10 MN/m^3 , 15 MN/m^3 , 25 MN/m^3 i 30 MN/m^3 . Promena veličine sleganja posmatrana je po osama temelja: „A – A“; „B – B“; „0 – 0“; i „6 – 6“ (slika 3).

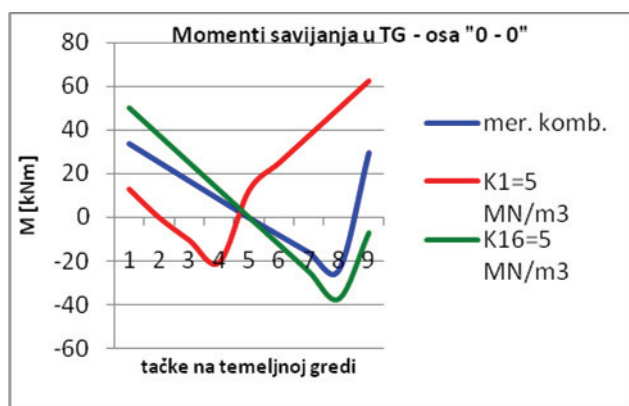


Slika 4: Sleganja temelja u osi „A – A“, stalno opterećenje

Na slici 4 prikazane su vrednosti sleganja temelja za različite vrednosti modula reakcije tla, u osi „A – A“. Prilikom ove analize došlo se do zaključka da se vrednost sleganja temelja smanjuje sa povećanjem vrednosti modula reakcije tla (koeficijenta posteljice tla). Isto ponašanje je utvrđeno i za temelje u osama „B – B“; „0 – 0“ i „6 – 6“.

Zatim je izvršena analiza statičkih uticaja u konstruktivnim elementima, tako što je varirana vrednost modula reakcije tla. Vrednost koeficijenta posteljice jednog temelja je iznosila 5 MN/m³, a ostalih 25 MN/m³. Posmatrani su uticaji u gredama: momenti savijanja, transversalne i normalne sile.

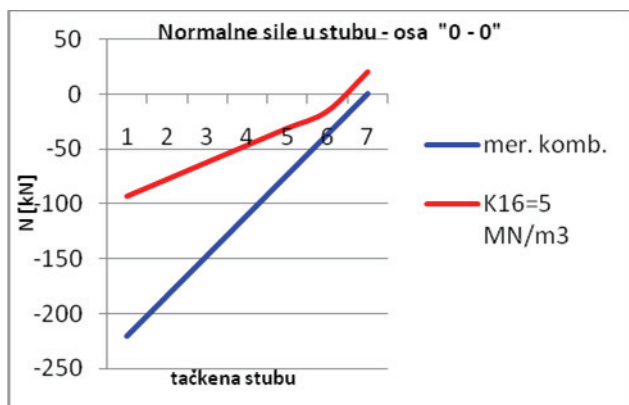
Na slici 5 prikazana je promena momenata savijanja u temeljnoj gredi prilikom variranja vrednosti modula reakcije tla.



Slika 5: Dijagram momenata temeljne grede

Prikazana temeljna greda se nalazi u osi „0 – 0“, između stubova oslonjenih na temelje „1“ i „16“. Prikazana je vrednost momenata, za merodavnu kombinaciju opterećenja pri dimenzionisanju grede i vrednosti momenata za različite vrednosti koeficijenta posteljice. Ovom analizom utvrđeno je da se vrednost momenta na temeljnoj gredi, za merodavnu kombinaciju opterećenja, kada je smanjena vrednost modula reakcije tla $K_1=5$ MN/m³, smanjuje, dok se na drugom kraju vrednost momenta povećava. Isto ponašanje je utvrđeno i prilikom promene krutosti površinskog oslonca $K_{16}=5$ MN/m³.

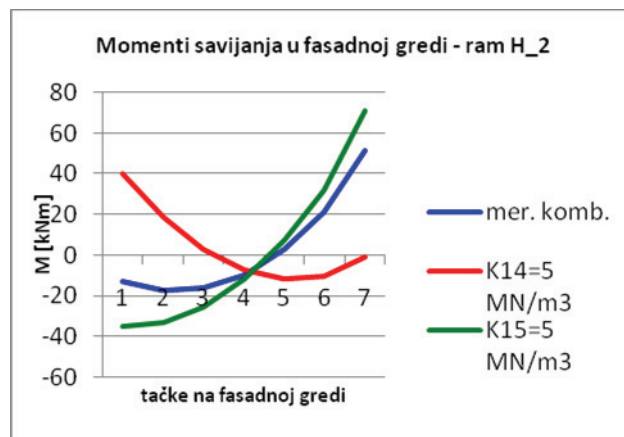
Na slici 6 prikazana je promena normalnih sila u stubu pri promeni vrednosti modula reakcije tla.



Slika 6: Dijagram normalnih sila u stubu, na temelju „16“

Prikazan je raspored normalnih sila za merodavnu kombinaciju opterećenja. Za vrednost modula reakcije tla $K_{16}=5$ MN/m³, dolazi do smanjenja vrednosti normalnih sila.

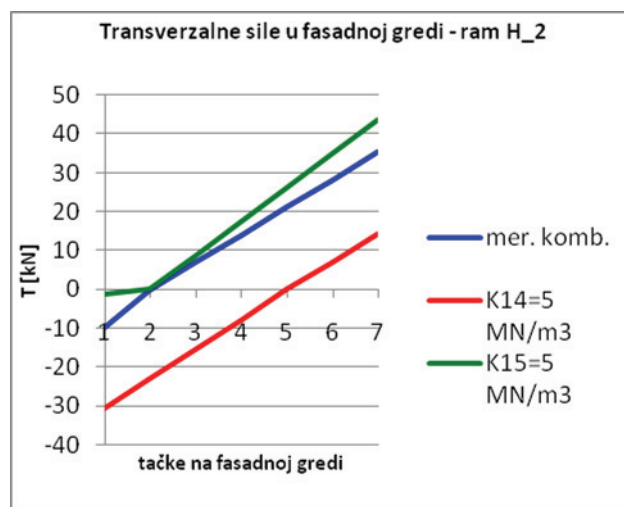
Na slici 7 prikazana je promena momenata savijanja fasadne grede:



Slika 7: Dijagram momenata savijanja fasadne grede

Analizirana je promena momenata savijanja fasadne grede, za variranje vrednosti koeficijenta posteljice tla temelja „14“ i „15“. Kada se smanji vrednost koeficijenta posteljice tla, vrednost momenata na tom mestu se smanjuje, a na drugom kraju vrednost uticaja se povećava. Isto važi i za promenu koeficijenta posteljice drugog osonca.

Pri analizi transversalnih sila (slika 8) utvrđeno je ponašanje isto kao i pri analizi momenata savijanja. Posmatrana je promena transversalnih sila fasadne grede, za variranje vrednosti koeficijenta posteljice tla temelja „14“ i „15“. Kada se smanji vrednost koeficijenta posteljice tla, vrednost transversalne sile na tom mestu se smanjuje, a na drugom kraju vrednost uticaja se povećava. Isto važi i za promenu koeficijenta posteljice drugog osonca.



Slika 8: Dijagram transversalnih sila fasadne grede

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu ispitivanja terena i sprovedenih analiza, utvrđeno je da je objekat potrebno fundirati na temeljima samcima. Projektovani su temelji samci dimenzija u osnovi 120x180 cm i debljine 60 cm. Računskim analizama je utvrđeno da će ukupna sleganja temelja za maksimalna opterećenja biti u granicama dozvoljenih.

U radu je pokazano da se povećanjem vrednosti modula reakcije tla smanjuju računске vrednosti sleganja. Analiziran je i slučaj kada je na jednom temelju značajno manja vrednost modula reakcije tla u odnosu na ostale temelje i tada dolazi do promene vrednosti uticaja u konstruktivnim elementima.

5. LITERATURA

1. Stevan Stevanović, Fundiranje 1, Naučna knjiga, Beograd, 1982.
2. Dušan Milović, Mitar Đogo, Problemi interakcije temelj-tlo-konstrukcija, Novi Sad, 2009.
3. Beton i armirani beton prema BAB87 – Osnove proračuna i koonstruisanja, Univerzitetska štampa, Beograd, 2000.
4. Beton i armirani beton prema BAB87 – Primeri i prilozi, Univerzitetska štampa, Beograd, 2000.
5. TOWER – 3D MODEL BUILDER 6
www.radimpex.co.yu
6. Živorad Radosavljević, Dejan Bajić, Armirani beton 3, Građevinska knjiga, Beograd, 2007.

Kratka biografija:



Milana Trbojević rođena je u Vinkovcima 1985. god. Diplomski – Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti građevinarstva – Fundiranje objekta odbranila je 2010. godine.

PROJEKAT FUNDIRANJA REZERVOARA ZA VODU U PRNJAVORU
THE PROJECT OF FOUNDATION OF THE WATER RESERVOIR IN PRNJAVOR

Dario Fužinato, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*
Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – Prvi dio rada prezentuje rezultate geomehaničkih ispitivanja tla za potrebe fundiranja rezervoara za vodu u Prnjavoru. Na osnovu tih rezultata izvršen je proračun statičkih uticaja u temeljnoj ploči primenom programskog paketa TOWER 6.0. U drugom delu rada obrađeni su rezultati uticaja u temeljnoj ploči za različite module elastičnosti tla.

Abstract -The first part of this study presents the results of geomechanic researches of the soil for the needs of foundation of the water reservoir in Prnjavor. The calculation of static influences is performed in slab foundation based on parameters of soil using programs TOWER 6.0. In the second part, the results of static influences in the foundation were analysed for different modulus of elasticity of soil.

Ključne reči: Rezervoar, fundiranje, "SAP", "TOWER", temeljna ploča, deformacijske karakteristike tla.

1. UVOD

U radu je prikazano projektno rešenje armiranobetonskog ukopanog rezervoara koji se nalazi u Prnjavoru, R.Srpska. Rad sadrži :

- geomehanička istraživanja tla na predmetnoj lokaciji za potrebe određivanja sastava i karakteristika tla i definisanje uslova fundiranja
- analizu opterećenja i uticaja u temeljnoj ploči
- dimenzionisanje temeljne ploče

2. OPIS OBJEKTA

Rezervoar je spoljnih dimenzija 25.6x30.9m. Projektovan je kao armirano-betonski simetrični dvokomorni pravougaoni objekat sa centralnom zatvaračicom. U konstruktivnom smislu radi se o dvije potpuno simetrične cjeline. Zatvaračica je spoljnih dimenzija 4.5x5.8m i izvodi se kao samostalan jedinstven objekat. Visinski položaj komora rezervoara proistekao je na osnovu rezultata hidrauličkog proračuna rada sistema.

Kota dna je 272.3 m.n.m., kota fundiranja 271.8 m.n.m. Komore se fundiraju na dubini 3m od površine terena. Unutrašnje korisne dimenzije komora su 2x15x25m sa radnom visinom vodenog stuba od 4m. Projektovani rezervoar je ukupne zapremine $V=3000 \text{ m}^3$. Rezervoar se izvodi kao AB konstrukcija obično armirana. Svi konstruktivni elementi su izrađeni od MB40 i armirani čelikom RA 400/500

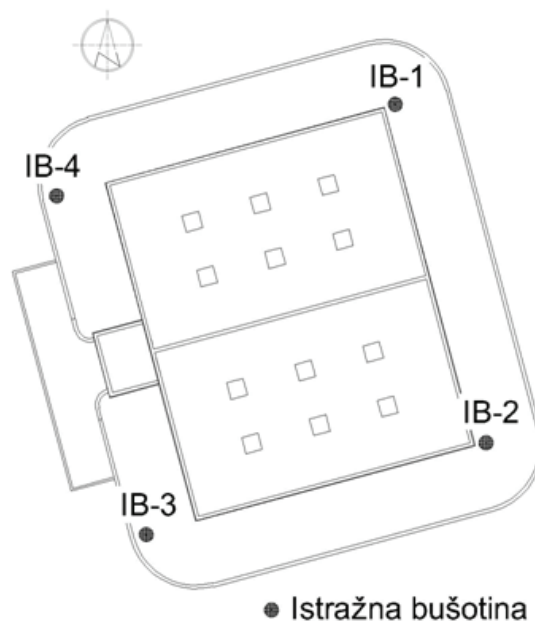
NAPOMENA:

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

3. GEOMEHANIČKA ISTRAŽIVANJA TLA

U cilju definisanja sastava i karakteristika tla i nivoa podzemne vode izvedena su potrebna ispitivanja tla i izrađen je geomehanički elaborat za potrebe izgradnje rezervoara za vodu u Prnjavoru. U tu svrhu, urađena su terenska i laboratorijska ispitivanja tla.

Terenska ispitivanja obuhvatila su istražno bušenje 4 geomehaničke bušotine. Bušenje je izvršeno mašinski sa prečnikom bušenja $\varnothing 116 \text{ mm}$. Tom prilikom su izvedeni opiti SPT (standardni penetracioni test). Bušotine su locirane u blizini uglova projektovanog rezervoara (slika 1.), a izvode se do dubine 5.2-6.5m.



Slika 1. Lokacije istražnih bušotina

Na neporemećenim i poremećenim uzorcima tla izvršena su laboratorijska ispitivanja. Na osnovu rezultata i terenske identifikacije, utvrđeno je da temeljno tlo čini:

- Humus, do dubine 0.3 m.
- Glina – smeđe žuta i siva, polučvrste do čvrste konzistencije

Rezultati laboratorijskih ispitivanja dobijeni opitom direktnog smicanja dati su u tabeli 1.

Bušotina br.	Interval dubina [m]	Zapreminska težina γ_s (kN/m ³)	Kohezija c (kN/m ²)	Ugao trenja Φ (°)
IB-1	1.5-1.8	19.4	36	16
IB-3	1.3-1.6	19.5	42	16

Tabela 1. Rezultati opita smicanja

Utvrđeno je da je tlo na lokaciji projektovanog rezervoara na stabilnom terenu. Vizuelnim pregledom terena nisu uočeni tragovi klizanja. Prilikom bušenja nisu uočene pojave stiskanja tla. U bušotinama nema podzemne vode.

4. ANALIZA OPTEREĆENJA

Rezervoar je projektovan tako da primi sva opterećenja koja se u toku građenja i eksploatacije realno mogu pojaviti. Statički proračun izvršen je pomoću programskog paketa Tower 6.0 [4] prema podacima o tlu preuzetih iz geotehničkog elaborata, a u skladu sa postojećim važećim propisima i pravilnicima za projektovanje objekata. Analizirana su sledeća opterećenja:

- Sopstvena težina
- Pritisak tla i snega
- Pritisak vode

Proračuni su izvedeni za tri moguće kombinacije opterećenja:

- Pun i nezasut (privremeno stanje dok se ne dokaže vodonepropustljivost).
- Prazan i zasut
- Pun i zasut

Dimenzionisanje svih elemenata i objekta u cijelini je izvršeno u skladu sa postojećim važećim propisima PBAB 87 [3].

5. STATIČKI PRORAČUN I DIMENZIONISANJE

Proračun rezervoara je izveden metodom konačnih elemenata programskim paketom Tower 6.0 koji se zasniva na metodi konačnih elemenata. Tlo je predstavljeno Winkler-ovim idealizovanim modelom po kojem su sile i sleganja linearno zavisni tj. tlo je tretirano kao elastična podloga [1]. Koeficijent posteljice je 20 MN/m^3 .

Program pri dimenzionisanju uzima u obzir sve zadate kombinacije opterećenja praveći anvelope uticaja što omogućava brzo određivanje potrebne armature za kombinacije koje izazivaju najveća naprezanja. Prilikom dimenzionisanja elemenata konstrukcije korišten je beton marke MB 40 i rebrasta aratura RA400/500.

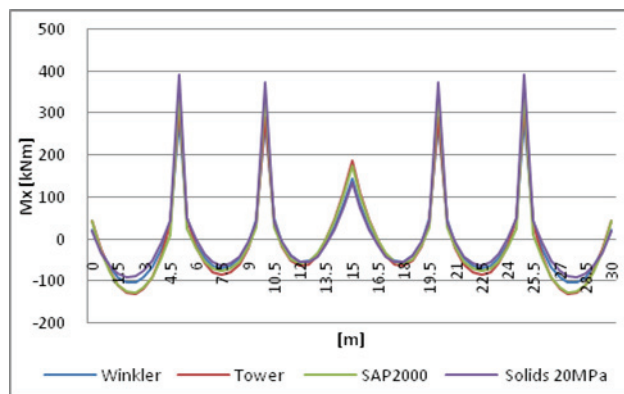
6. PRORAČUN TEMELJNIH NOSAČA NA ELASTIČNOJ PODLOZI

Problematikom proračuna temeljnih nosača na elastičnoj podlozi do sada se bavilo nekoliko autora [2]. Analizirani su uticaji u temeljnoj ploči za četiri različita načina proračuna.

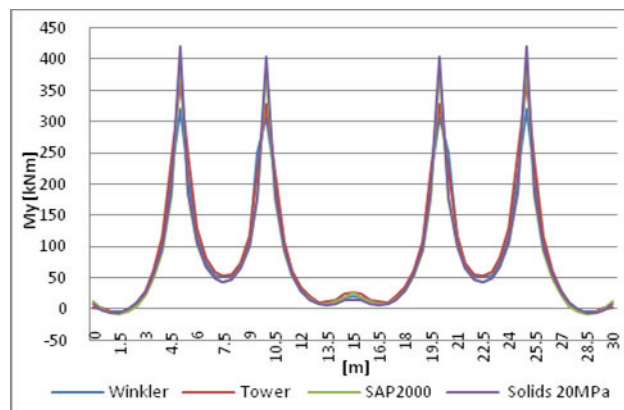
- Prvi proračunski model odnosi se na Winkler-ov model tla
- Drugi model dobijen je u programskom paketu Tower6.0
- Treći model je dobijen sličnom analizom u programu SAP2000
- Četvrti proračunski model predstavlja rezervoar oslonjen na solid elemente

Izvršena je analiza za kombinaciju opterećenja koje se najčešće događa u eksploataciji: pun i zasut rezervoar. Prikazani su dijagrami momenata savijanja (M_x i M_y) i sleganja (W) u podužnom pravcu. Koeficijent posteljice tla korišten u proračunu je 20 MN/m^3 . Solid elementi su

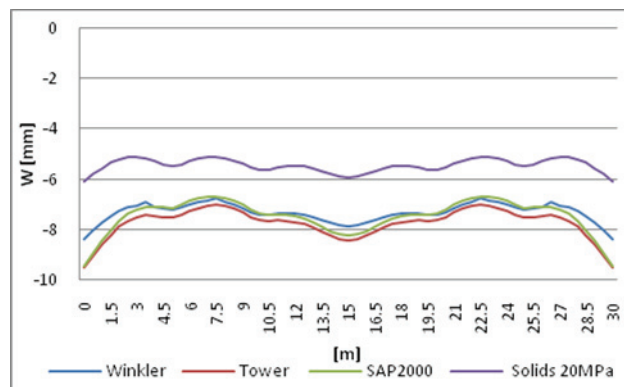
dimenzija $0.5 \times 0.5 \times 1 \text{ m}$. Na slici 2. prikazani su dijagrami momenata savijanja M_x , slika 3. prikazuje dijagrame momenata savijanja M_y , dok su na slici 4. prikazani su dijagrami sleganja u podužnom pravcu.



Slika 2. Dijagram momenata M_x u podužnom pravcu



Slika 3. Dijagram momenata M_y u podužnom pravcu



Slika 4. Dijagram sleganja W u podužnom pravcu

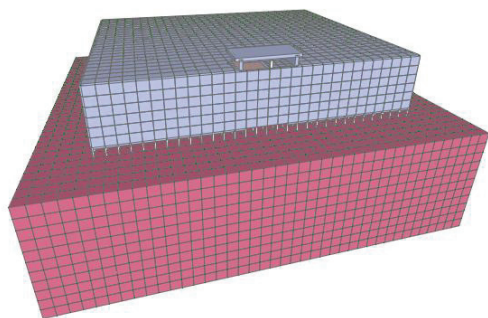
7. PRORAČUN TEMELJNIH NOSAČA NA HOMOGENOM, ELASTIČNOM I IZOTROPNOM SLOJU TLA

Proračun je urađen u programskom paketu SAP2000 [5] korišćenjem solid elemenata. Rad ovog programa zasniva se na metodi konačnih elemenata. Urađene su dvije analize.

U prvoj analizi upoređeni su rezultati momenata savijanja i sleganja u temeljnoj ploči rezervoara koji je modeliran na solid elementima čije su dimenzije iste, a modul elastičnosti je sa različitim zadatim vrijednostima. Dimenzije elemenata su $1 \times 1 \times 1 \text{ m}$ a debljina stišljivog sloja je 10m. U proračun su uzeti elementi sa modulima

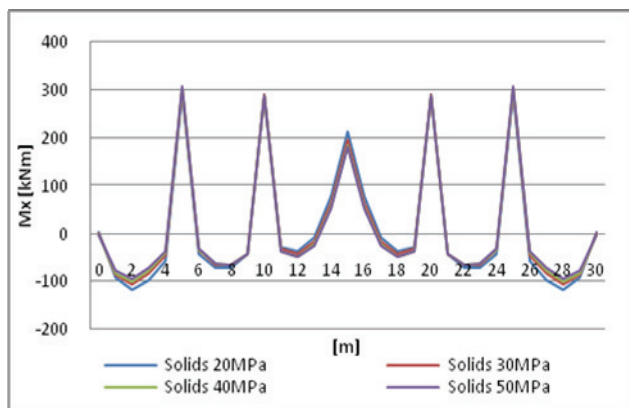
elastičnosti : 20 MPa, 30 MPa, 40 MPa i 50 MPa. Kombinacija opterećenja uzeta pri analizi je pun i zasut rezervoar.

Na slici 5. prikazan je trodimenzionalan model rezervoara oslonjenog na solid elemente.

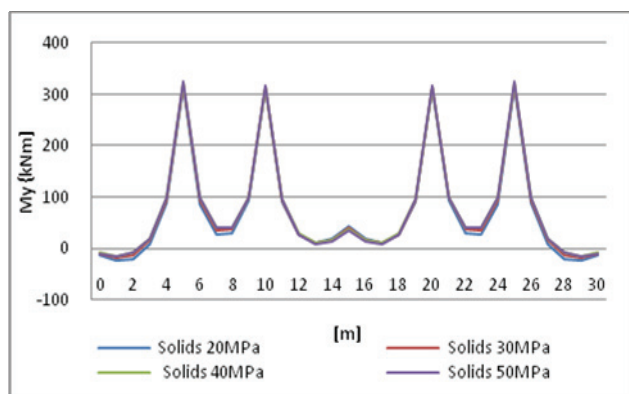


Slika 5. Rezervoar oslonjen na solid elemente 1x1x1

Na slikama 6. i 7. prikazani su dijagrami momenata savijanja M_x i M_y u podužnom pravcu.



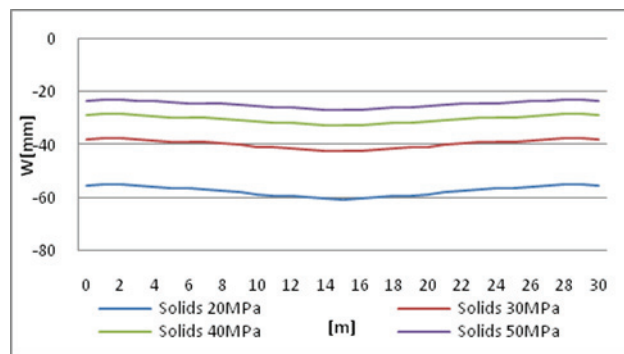
Slika 6. Dijagram momenata M_x u podužnom pravcu



Slika 7. Dijagram momenata M_y u podužnom pravcu

Na slici 8. prikazan je dijagram sleganja temelja u podužnom pravcu.

Upoređivanjem dijagrama momenata savijanja M_x i M_y možemo primjetiti da dolazi do preraspodele uticaja, tj. povećanjem modula elastičnosti solid elemenata vrijednosti momenata savijanja u temeljnoj ploči se smanjuju u zonama između stubova i zidova dok se u poljima povećavaju.



Slika 8. Dijagram sleganja W u podužnom pravcu

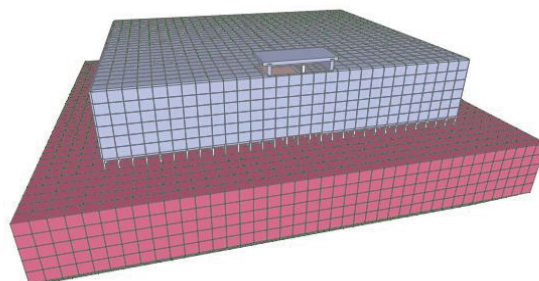
Analiza dijagrama sleganja ukazuje da povećanjem modula elastičnosti dolazi do smanjenja vrijednosti sleganja objekta.

U drugoj analizi upoređeni su rezultati momenata savijanja i sleganja u temeljnoj ploči rezervoara koji je modeliran na solid elementima čije se dimenzije razlikuju, a modul elastičnosti je konstantan i iznosi 30 MPa. Modeli tla su:

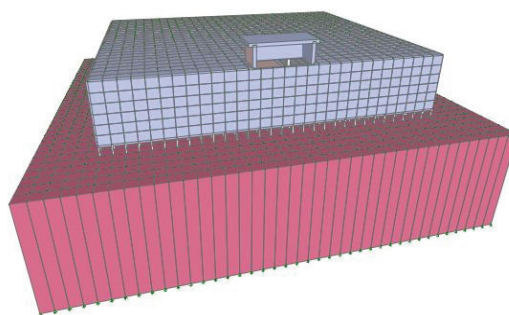
- stišljivi sloj sa solid elementima dimenzija 1x1x1 i debljine 10m
- stišljivi sloj sa solid elementima dimenzija 1x1x1 i debljine 5m
- stišljivi sloj sa solid elementima dimenzija 1x1x10m i debljine 10m

Kombinacija opterećenja uzeta pri analizi je pun i zasut rezervoar.

Slike 9. i 10. predstavljaju trodimenzionalan prikaz modela rezervoara i solid elemenata.

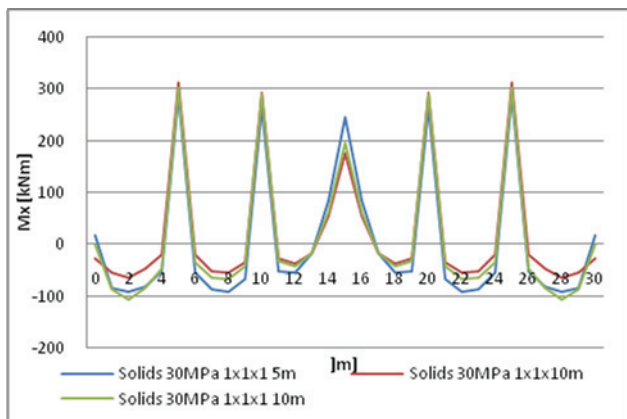


Slika 9. Model sa solid elementima 1x1x1 do dubine 5m

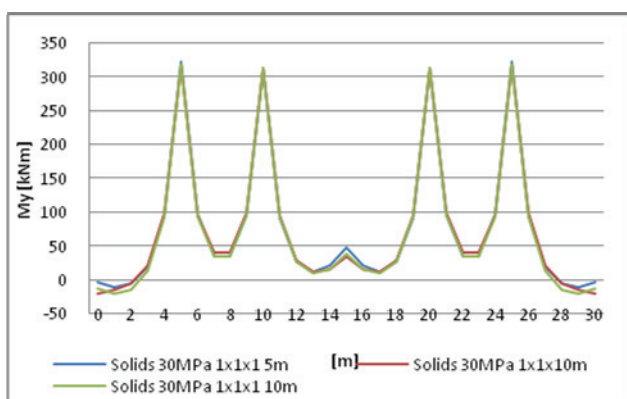


Slika 10. Model sa solid elementima 1x1x10m

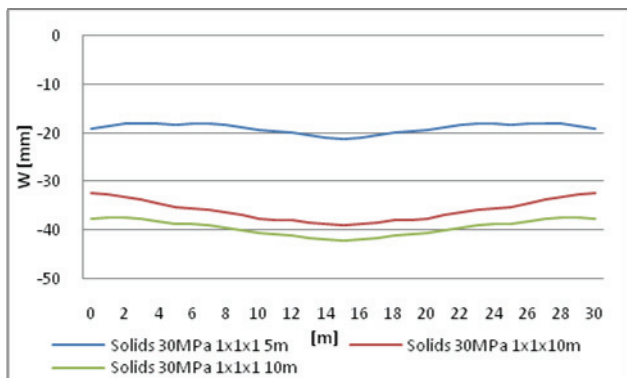
Slika 11. i Slika 12. prikazuju dijagrame momenata M_x i M_y u podužnom pravcu. Na slici 13. prikazani su uporedni dijagrami sleganja W u podužnom pravcu.



Slika 11. Dijagram momenata M_x u podužnom pravcu



Slika 12. Dijagram momenata M_y u podužnom pravcu



Slika 13. Dijagram sleganja W u podužnom pravcu

Upoređivanjem dijagrama momenata savijanja M_x i M_y (sl.11. i sl.12.) zaključeno je da su momenti savijanja ispod stubova i zidova približno jednaki, a da su u poljima bitno različiti. Model u kome su korišteni solid elementi $1x1x10$ daje najmanje vrijednosti momenata savijanja M_x u poljima. Proračunski modeli sa solid elementima dimenzija $1x1x1$ do dubine stišljivog sloja 5m i 10m daju približno jednake rezultate M_x i M_y .

Analizom dijagrama sleganja temeljne ploče (sl.13) primjećeno je da su sleganja proračunata na sloju dubine 5m najmanja. Upoređivanjem dijagrama sleganja dobijenih iz modela sa stišljivim slojem debljine 10m uočeno je da su dobijene vrijednosti manje za model koji koristi solid elemente dimenzija $1x1x10$ u odnosu na model sa elementima dimenzija $1x1x1$. Tačnije rezultate daje model sa finijom podjelom tj. većim brojem elemenata, međutim u praksi proračun tog modela je dosta duži od modela sa manje solid elemenata.

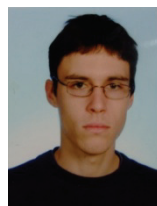
8. ZAKLJUČAK

Ispitivanja temeljnog tla poslužila su za izradu projekta fundiranja rezervoara u Prnjavoru. Objekat je fundiran na temeljnoj ploči debljine 50cm. Dubina fundiranja iznosi 3m. Programskim paketom Tower 6.0 dimenzionisani su elementi konstrukcije kao i temeljna ploča. Proračun je izvršen korišćenjem Winkler-ovog modela tla. Takođe je izvršena uporedna analiza rezultata proračuna temeljnog nosača modeliranom na solid elementima korišćenjem softvera SAP2000.

9. LITERATURA

- [1] Stevan Stevanović, "Fundiranje građevinskih objekata" - Knjiga 1, Beograd 2009.
- [2] Dušan Milović, Mitar Đogo, "Problemi interakcije tlo - temelj - konstrukcija.", monografija, SANU, Novi Sad, 2009.
- [3] "Beton i armirani beton prema BAB87 – Osnove proračuna i konstruisanja", Univerzitetska štampa, Beograd, 2000.
- [4] „Tower-3D model builder 6.0”,
Web: <http://www.radiimpex.rs>
- [5] "Sap2000 ver.12",
Web: <http://www.csibarkley.com>

Kratka biografija:



Dario Fužinato rođen je u Banja Luci 1985. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo – Fundiranje objekata odbranio je 2010.god.

PROJEKAT ARMIRANOBETONSKOG REZERVOARA ZA VODU REINFORCED CONCRETE WATER TANK PROJECT

Goran Filipović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – Tema ovog projekta jeste armirano-betonski rezervoar za vodu u okviru postojećeg melioracionog sistema koji se nalazi u Velikoj Narodnoj Socijalističkoj Arapskoj Republici Libiji. Rezervoar je pravougaone osnove, kapaciteta 10.000 m³. Ideja projekta, pored dokaza stabilnosti i funkcionalnosti objekta, je da pokaže sličnosti i razlike između srpskih i internacionalnih standarda, konkretno britanskog standarda BS8007 i srpskog PBAB'87.

Abstract – The topic of this project is a reinforced concrete water tank as a part of existing water supply system which has been placed in Great Socialist People's Libyan Arab Jamahiriya. The tank base has a rectangular shape and 10.000 m³ capacity. The main idea, apart from proving stability and functionality of the structure, was to compare Serbian and international standards – British Standard BS8007 and Serbian Standard PBAB'87

Ključne reči: rezervoar, armirani beton, prsline

1. TEHNIČKI OPIS USLOVA PROJEKTOVANJA I GRAĐENJA

1.1. Tehnološko-tehnički uslovi za projektovanje

Projektnim zadatkom predviđena je izgradnja betonskog rezervoara za vodu zapremine 10.000 m³ u Velikoj Socijalističkoj Narodnoj Arapskoj Republici Libiji u okviru melioracionog sistema Great Man-Made River.

Voda se iz oaze Kufra cevovodima doprema kroz pustinju do poljoprivredne zone uz obalu Sredozemnog mora. Od rezervoara voda se pod pritiskom transportuje dalje u poljoprivrednu zonu do takozvanih malih farmi, gde se dalje distribuira prema potrebama poljoprivrednika.

Površina na kojoj se gradi ravna je i bez rastinja. Teren se nalazi na 56 m nadmorske visine. Nije utvrđeno postojanje podzemnih voda. Tlo je uglavnom peskovito ali su primećeni glineni džepovi.

Objekat se nalazi u IIa seizmičkoj zoni definisanoj UBC standardom iz 1997. godine, zbog čega je potrebno primeniti odredbe o gradnji u seizmičkim područjima definisane istim standardom.

Klima je suptropska sa temperaturnim oscilacijama do 40°C (prema merenjima u poslednjih 50 godina kreće se u intervalu od +10°C do +50°C). Gradilište se nalazi u poljoprivrednoj zoni i do same lokacije postoje izgrađene saobraćajnice, što omogućava nesmetan transport građevinskog materijala i opreme.

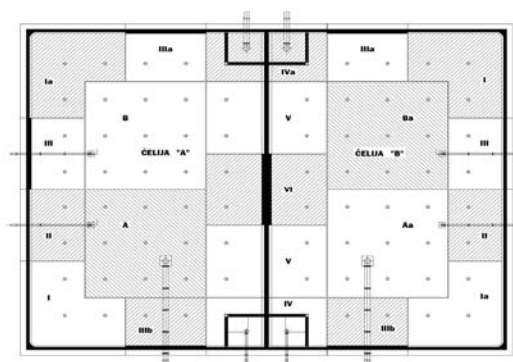
NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Zoran Brujić.

Potreban građevinski materijal se na gradilište dovozi iz centralnog skladišta izvođača. Svi materijali koji se koriste moraju imati potvrdu o kvalitetu izdatu od merodavne ustanove.

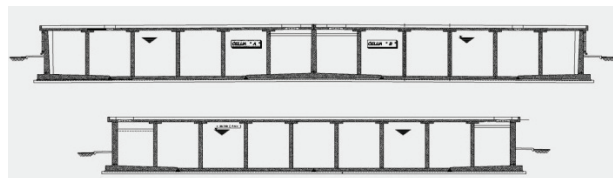
1.2. Opis objekta

Rezervoar je pravougaone osnove, spoljašnjih dimenzija 61,00 m sa 46,00 m. Prosečna visina rezervoara iznosi 5,40m.



Slika 1. Osnova rezervoara

Ukupna površina rezervoara je 2.440,00 m², a kapacitet 10.000 m³. Rezervoar je podeljen na dve glavne ćelije unutrašnjih dimenzija 28,85 x 43,30 m. U svakoj ćeliji predviđena je komora za punjenje i prelivna komora. Komore su odvojene AB zidom od ostatka ćelije.



Slika 2. Preseci

Objekat je projektovan kao deo sistema u okviru kojeg se već nalaze objekti za skladištenje i transport vode i njegova namena ne može biti promenjena.

1.3. Konstrukcija objekta

Objekat je osmišljen kao sistem ploča oslonjenih direktno na stubove sa kapitelima u gornjoj zoni. Kapiteli su pravougaone osnove, a stubovi su postavljeni na međusobnom rastojanju od 5,0 m. Veza ploče sa zidovima ostvarena je na dva načina. Prvi način oslanjanja je preko dva sloja tvrde gume koji dopušta pomeranja u horizontalnoj ravni i slobodno obrtanje ploče na mestima oslanjanja. Drugi način je monolitna veza krovne ploče i odgovarajućeg zida.

Prekidi betoniranja između tipskih panela su unapred definisani i tretirani kao dilatacione i vodonepropusne razdelnice. Ipak, zbog ograničenog veka trajanja vodonepropusnog materijala koji se koristi za zaptivanje, ispod

rezervoara je predviđen sistem za detekciju procurivanja (Megaflo System). Na spojevima starog i novog betona predviđena je gumena traka (Water Stop) za sprečavanje prodora vode kroz spojnicu. Svaki nepredviđeni prekid betoniranja mora biti obrađen na isti način. Svi otvori i prodori cevi su mali i ne utiču na ponašanje konstrukcije. Svi elementi se rade od armiranog betona marke C35A, čvrstoće na pritisak $f_c = 35$ MPa, livenog na licu mesta. Armatura upotrebljena za armiranje ima granicu razvlačenja $f_y = 460$ MPa. Cement koji se koristi za spravljanje mešavine mora biti sulfatno otporni cement C-150 tip II.

2. PRORAČUN KONSTRUKCIJE

Proračun konstrukcije, koji obuhvata analizu opterećenja, određivanje i izbor merodavnih uticaja je urađen u okviru programskog paketa STAAD. Navedeni program je izabran zbog velikog niza mogućnosti koje pruža u pogledu korišćenja internacionalnih standarda. Dimenzionisanje elemenata konstrukcije u graničnim stanjima nosivosti urađen je pomoću programskog paketa STAAD, a prema britanskom standardu BS 8110 iz 1997. godine. Za dimenzionisanje prema graničnim stanjima upotrebljivosti korišćen je Microsoft-ov program Excel. Proračun prslina urađen je prema britanskom standardu BS 8007 iz 1987. godine i prema PBAB takođe iz 1987.

2.1. Analiza opterećenja

Analiza opterećenja za seizmička dejstva urađena je uz pomoć programskog paketa STAAD, a prema američkom standardu UBC iz 1997. godine, koji je zasnovan na spektralnoj analizi. Objekat se nalazi u seizmičkoj zoni IIa koja je definisana pomenutim standardom. Vrednost seizmičkih sila zavisi od sledećih parametara:

Seizmička zona	IIa
Tip tla	SD
Seizmički koeficijent	$C_v = 0,32$
Faktor kategorije objekta	$I = 1,25$
Faktor duktilnosti	$R = 4,5$
Ukupno seizmičko opterećenje	W
Sopstveni period oscilovanja	T

Proračun seizmičkih sila urađen je za dva ortogonalna pravca paralelna sa zidovima rezervoara. Ukupna seizmička sila je računata prema sledećem obrascu:

$$V = \frac{C_v \times I}{R \times T} \times W \quad (1)$$

pri čemu ukupna seizmička sila ne sme biti veća od:

$$V = \frac{C_v \times I}{R \times T} \times W \quad (2)$$

ni manja od:

$$V = 0.11 \times C_a \times W \times I \quad (3)$$

Sopstvena težina betona iznosi $\gamma_c = 25,00$ kN/m³, dok je sopstvena težina vode $\gamma_w = 10,00$ kN/m³. Stalno opterećenje na krovu iznosi $g = 3,00$ kN/m².

Za povremeno opterećenje na krovu usvojeno je minimalno opterećenje propisano britanskim standardom BS 6399: Part 3 i iznosi $p = 0,75$ kN/m². Usvojena temperaturna razlika između gornjeg i donjeg vlakna je T

$= 20^\circ$ C. Usvojena temperaturna promena iznosi $\Delta T = 10^\circ$ C.

Tabela 1. Osnovna opterećenja u STAAD-u

Number	Name
1	SEIZMIKA U X PRAVCU
2	SEIZMIKA U Z PRAVCU
3	STALNO OPERECENJE
4	POKRETNOST OPTERECENJE
5	OPTERECENJE OD VODE
6	TEMP PROMENA
7	TEMP RAZLIKA

2.2. Dimenzionisanje elemenata konstrukcije

Za konstrukcije poput ove pokazalo se da je proračun prema graničnim stanjima upotrebljivosti – prslina merodavan za dimenzionisanje elemenata. Proračun maksimalne širine prslina urađen je prema britanskom standardu BS8007: „Design of concrete for retaining aqueous liquids“.

Proračun karakteristične širine prslina prema Pravilniku za betoni Armirani beton iz 1987. urađen je za element izložen čistom savijanju za proizvoljni trenutak vremena.

3. PRORAČUN MAKSIMALNE ŠIRINE PRSLINA PREMA BS 8007

Proračun maksimalne širine prslina urađen je za sledeća stanja:

1. Zatezanje u mladom betonu
2. Zatezanje u zrelom betonu
3. Zatezanje u zrelom betonu izazvano savijanjem

3.1. Zatezanje u mladom betonu

Pod mladim betonom podrazumeva se beton ne stariji od tri dana a maksimalna širina prslina se računa prema:

$$w_{\max} = s_{\max} \times \frac{\alpha_c}{2} \times T \quad (4)$$

i iznosi:

$$w_{\max} = 0.1007 \text{ mm}$$

Maksimalno rastojanje između prslina se računa kao:

$$s_{\max} = \frac{f_{ct}}{f_b} \times \frac{\Phi}{2 \times r} \quad (5)$$

i iznosi:

$$s_{\max} = 593 \text{ mm}$$

gde su:

$f_{ct} = 1,60$ N/mm² napon zatezanja u mladom betonu propisan standardom

$f_b = 2,40$ N/mm² prosečni napon prijanjanja propisan standardom

$\alpha_c = 10^{-5}$ 1/C koeficijent toplotnog širenja betona

$T = 34$ °C temperaturna promena u betonu

$r = 0,9$ % efektivni procenat armiranja

Dopuštena računarska širina prslina u betonu za ovu vrstu objekata propisana je standardom i iznosi 0,2 mm.

3.2. Zatezanje u zrelom betonu

Pod zrelim betonom Britanski standard podrazumeva beton starosti 28 dana. Dilatacije u betonu izazvane delovanjem normalne sile računaju se prema jednačini:

$$\varepsilon'_1 = \frac{N_x}{A_s \times E_s} = 0.00014 \quad (6)$$

gde su:

$N_x = 56,00 \text{ kN}$	normalna sila
$A_s = 2011 \text{ mm}^2$	površina zategnute armature
$E_s = 27,00 \text{ kN/mm}^2$	modul elastičnosti betona

Maksimalna širina prslina usled zatezanja neće biti sračunata zato što na presek deluju i momenti savijanja. Propis u takvim slučajevima predlaže da se dilatacije izazvane ovim uticajima sumiraju pa da se sa takvim vrednostima dilatacija pristupi daljem proračunu.

3.3. Zatezanje u zrelom betonu izazvano savijanjem

Dilatacije u betonu izazvane savijanjem računaju se prema sledećoj formuli:

$$\varepsilon''_1 = \frac{h - X}{d - X} \times \frac{f_{sM}}{E_s} = 0.00137 \quad (7)$$

gde su:

$h = 600 \text{ mm}$ visina preseka

$X = 154 \text{ mm}$ položaj neutralne ose

$d = 550 \text{ mm}$ statička visina preseka

f_{sM} napon u armaturi izazvan momentima savijanja koji se računa prema formuli:

$$f_{sM} = \frac{M}{A_s \times \left(d - \frac{X}{3}\right)} = 243.00 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (8)$$

gde je:

$M = 243,66 \text{ kNm}$ momenat savijanja u stanju upotrebljivosti.

3.4. Maksimalna širina prslina

Maksimalna širina prslina se računa za zbirnu vrednost dilatacija izazvanih normalnom silom i momentima savijanja:

$$\varepsilon_m = \varepsilon'_1 + \varepsilon''_1 - \varepsilon_2 = 0.00095 \quad (9)$$

Član ε_2 predstavlja sadejstvjuće dejstvo betona između prslina u prenošenju napona zatezanja i računa se prema jednačini:

$$\varepsilon_2 = \frac{b \times (h - X) \times (a' - X)}{3 \times E_s \times A_s \times (d - X)} = 0.00042 \quad (10)$$

za graničnu vrednost prslina 0,2 mm.

Vrednost maksimalne širine prslina za graničnu vrednost širine prslina 0,2 mm računa se prema formuli:

$$w_{\max} = \frac{3 \times a_{cr} \times \varepsilon_m}{1 + 2 \times \frac{a_{cr} - c_{\min}}{h - X}} \quad (11)$$

i iznosi:

$$w_{\max} = 0.169 \text{ mm}$$

gde su:

a_{cr} –rastojanje između mesta gde nastaje prslina i najbliže šipke armature

$c_{\min}$ –minimalni zaštitni sloj betona do armature.

3.5. Maksimalna širina prslina

Maksimalna širina prslina se računa za zbirnu vrednost dilatacija izazvanih normalnom silom i momentima savijanja:

$$\varepsilon_m = \varepsilon'_1 + \varepsilon''_1 - \varepsilon_2 = 0.00095 \quad (12)$$

Član ε_2 predstavlja sadejstvjuće dejstvo betona između prslina u prenošenju napona zatezanja i računa se prema jednačini:

$$\varepsilon_2 = \frac{b \times (h - X) \times (a' - X)}{3 \times E_s \times A_s \times (d - X)} = 0.00042 \quad (13)$$

za graničnu vrednost prslina 0,2 mm.

4. PRORAČUN KARAKTERISTIČNE ŠIRINE PRSLINA PREMA PBAB '87

Pravilnik BAB '87 podrazumeva proračun karakteristične širine prslina prema graničnim stanjima upotrebljivosti. Pod karakterističnom širinom prslina (a_k) armiranobetonskog elementa PBAB '87 podrazumeva vrednost koja je za 70% veća od srednje širine prslina (a_s). Pri ovakvoj formulaciji može se sa 95% tačnosti tvrditi da stvarna širina prslina u armiranobetonskom elementu neće premašiti vrednost karakteristične širine prslina.

$$a_k = 1.7 \times a_s \quad (14)$$

i iznosi: .

$$a_k = 0.287$$

Dopuštena računaska širina prslina je propisan standardom, u zavisnosti od vrste opterećenja, agresivnosti sredine i vrste objekta, a kreće se između 0.05 – 0.4 mm.

4.1. Srednja širina prslina

Proračun srednje širine prslina vrši se prema sledećim pretpostavkama:

1. sve prsline su upravne na osu elementa
2. sve prsline se prostiru po celoj visini zategnute zone
3. sve prsline su jednake širine i ta vrednost jednaka je srednjoj širini prslina (a_s)
4. prsline su raspoređene po dužini elementa na istom međusobnom rastojanju (l_{ps})
5. slika prslina je stabilizovana odnosno promena stanja se odvija samo promenom srednje širine prslina dok njihovo međusobno rastojanje ostaje nepromenjeno.

Srednja širina prslina se računa prema jednačini:

$$a_s = l_{ps} \times \varepsilon_{a1s,R} = 0.19 \text{ mm} \quad (15)$$

gde su:

l_{ps} –srednje rastojanje prslina

$\varepsilon_{a1s,R}$ – relativna srednja dilatacija armature

Srednje rastojanje prslina računa se prema izrazu:

$$l_{ps} = 2 \times (a_0 + 0.1 \times e_\phi) + k_1 \times k_2 \times \frac{\Phi}{\mu_{1z,ef}} \quad (16)$$

i iznosi:

$$l_{ps} = 16.845 \text{ cm}$$

gde su:

a_0 - zaštitni sloj betona do armature

e_ϕ - međusobno rastojanje šipki armature

k_1 i k_2 - koeficijenti zavisni od oblika dijagrama zatezanja

$\mu_{1z,ef}$ - efektivni procenat armiranja,

4.2. Sadejstvo zategnutog betona između prslina

Uticaj sadejstvujuceg betona između prslina uvodi se u proračun preko koeficijenta ζ koji je kvadratna funkcija odnosa napona u donjoj zategnutoj armaturi za naponska stanja neposredno posle pojave prslina i u proizvoljnom trenutku vremena. Pri određivanju koeficijenta ζ koriste se koeficijenti β_1 i β_2 preko kojih se u proračun uvodi stepen prijanjanja između betona i armature kao i reološke karakteristike betona u toku vremena. Za preseke izložene čistom zatezanju ili čistom savijanju koeficijent ζ se određuje iz izraza:

$$\zeta = 1 - \beta_1 \times \beta_2 \times \frac{M_r^2}{M^2} \quad (17)$$

$$\zeta = 1 - \beta_1 \times \beta_2 \times \frac{N_r^2}{N^2} \quad (18)$$

4.3. Relativna srednja dilatacija armature

Vrednost srednje dilatacije zategnute armature (ε_{a1s}) proporcionalna je sadejstvu betona između prslina i nalazi se između minimalne vrednosti za naponsko stanje bez prslina i maksimalne vrednosti za naponsko stanje sa prslinom. Konkretna vrednost se može odrediti iz izraza:

$$\varepsilon_{a1s} = (1 - \zeta) \times \varepsilon_{a1}^I + \zeta \times \varepsilon_{a1}^{II} \quad (19)$$

gde su:

ε_{a1}^I - dilatacije za naponsko stanje bez prslina

ε_{a1}^{II} - dilatacije za naponsko stanje sa prslinom

Međutim za određivanje srednje širine prslina merodavna je samo relativna srednja dilatacija zategnute armature:

$$\varepsilon_{a1s,R} = \zeta \times \varepsilon_{a1}^{II} = \zeta \times \frac{\sigma_{a1}^{II}}{E_a} \quad (20)$$

gde je:

σ_{a1}^{II} - napon u zategnutoj armaturi u stanju sa prslinom

Razlika između dilatacije zategnute armature za naponsko stanje sa prslinom i relativne srednje dilatacije zategnute armature predstavlja uticaj sadejstva betona između prslina na prenošenje napona zatezanja.

4.4. Idealizovani homogeni presek

Trenutni elastični naponi i dilatacije sračunavaju se u idealizovanom homogenom preseku. Za stanje bez prslina koriste se sledeći izrazi za izračunavanje geometrijskih karakteristika idealizovanog preseka:

$$I_i^I = I_b + n \times I_a \quad (21)$$

$$A_i = A_b + n \times A_a \quad (22)$$

a za stanje sa prslinom:

$$I_i^{II} = I_b^{II} + n \times I_a + A_b^{II} \times (y_{a2} - y_{b2}^{II}) \times (y_{i2}^{II} - y_{b2}^{II}) \quad (23)$$

$$A_b^{II} = X^{II} \times b \quad (24)$$

gde su:

n - modularni koeficijent

y - rastojanja težišta armature, betona, idealizovanog preseka od pritisnute ivice betona, označena su indeksima $a2$, $b2$, $i2$

X^{II} - položaj neutralne ose u idealizovanom preseku sa prslinom

5. ZAKLJUČAK

Iz (11) se vidi da je maksimalna računaska širina prslina manja od granične propisane BS standardom. Međutim uporedni proračun prema PBAB'87 pokazao je da ovako dimenzionisana konstrukcija ne bi zadovoljila domaći standard. Granična širina prslina propisana PBAB-om iznosi 0,1 mm za ovakvu vrstu konstrukcija. Takođe iz (14) se vidi da dobijena vrednost karakteristične širine prslina, prema PBAB'87, uveliko premašuje računsku vrednost maksimalne širine prslina dobijene prema BS8007. Da bi objekat zadovoljio domaći standard potrebno je povećati visinu poprečnog preseka, povećati marku betona ili promeniti raspored armature. Presek je već armiran šipkama $\Phi 16/100$ mm i povećanje broja šipki u preseku bi otežalo ugradnju betona pa se za ovaj slučaj ne preporučuje. S obzirom da je presek kvalitetno armiran i da visina preseka nije mala (600 mm) postavlja se pitanje opravdanosti ovako strogog kriterijuma koji propisuje PBAB'87. Odgovor na ovo pitanje mogla bi da bude tema nekog obimnijeg rada.

6. LITERATURA

- [1] "BS 8110: Structural use of concrete / Part 1. Code of practice for design and construction" British Standard Institute, London, 1997
- [2] "BS 8110: Structural use of concrete / Part 2. Code of practice for special circumstances" British Standard Institute, London, 1985
- [3] "BS 8007: British Standard Code of practice for design of concrete structures for retaining aqueous liquids" British Standard Institute, London, 1987
- [4] "BS 6399: Part 1: Code of practice for dead and imposed loads" British Standard Institute, London, 1996
- [5] "BS 6399: Part 3: Code of practice for imposed roof loads" British Standard Institute, London, 1988
- [6] "1997 Uniform Building Code, Volume 1-3" International Conference of Building Officials, Whittier, California, 1997
- [7] "Zbirka jugoslovenskih pravilnika i standarda za građevinske konstrukcije – Knjiga 1-6", Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu u saradnji sa JDGK i Saveznim zavodom za standardizaciju, Beograd, 1995.

Kratka biografija:



Goran Filipović rođen je u Loznici 1973. FTN je upisao 1992. godine. Diplomski - master rad odbranio je 2010. god. na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva.

UTICAJI SPECIFIČNOSTI LOKACIJE I ZNAČAJA OBJEKTA NA ORGANIZACIJU GRADILIŠTA**INFLUENCES SPECIFICITIES OF LOCATION AND IMPORTANCE OF OBJECT ON ORGANIZATION BUILDING SITE**

Marija Radić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je prikazan uticaj lokacije i značaja objekta na veličinu gradilišta, njegovo organizovanje i izbor materijala koji se ugrađuju). Specifičnosti lokacije i objekta prikazani su kao faktori koji predstavljaju izvesna ograničenja prilikom organizovanja gradilišta, a utiču i na organizovanje same gradnje objekta.

Abstract – The influence of location and importance of object upon the size of building site, it's organization and choice of materials is presented. Specificities of location and object are shown like factors witch presents limitations for organization of building site, but also have an influence to organization of building object.

Ključne reči: Specifičnosti lokacije, Značaj objekta, Organizacija gradilišta

1. UVOD

Predmetni objekat nalazi se na području Kalemegdana, tj. u njegovom Donjem gradu, u Beogradu. Objekat je prizemne spratnosti, pravougaonog oblika, dimenzija u gabaritu 62.5x10.0 m. Lociran je između dva postojeća bedema koji su sastavni deo Beogradske tvrđave.

Prostor je projektovan kao multifunkcionalan za održavanje programa i projekata iz oblasti kulture sa mogućim postavkama izložbi i organizovanjem skupova, javnih tribina, predstava, performansa, itd. Transformacija izložbenog prostora u auditorijum moguća je pomeranjem pokretnih panela.

Objekat se nalazi u sklopu Kule Nebojše. Za razliku od kule koja je projektovana u skladu sa strogim konzervatorskim zahtevima zbog izuzetnog istorijskog i kulturnog značaja, prostor unutar bedema ima svoj značaj na drugačiji način jer je deo unutrašnjosti fortifikacijskog bedema.

Tako je bedem tretiran kao savremeni izraz arhitektonske pojave i obrade, jasno određujući svoju ovovremenost po pristupu i izboru materijala.

2. SPECIFIČNOSTI LOKACIJE I OBJEKTA

Sama lokacija ima dosta specifičnosti u pogledu okruženja, svog položaja i istorijskog značaja. Na parceli na kojoj se objekat gradi nalaze se ostaci bedema, kao i različiti srednjovekovni objekti. Otežavajuća okolnost pri

izvođenju radova predstavljaju postojeći bedemi koji će ulaziti u sastav objekta prilikom njegove izgradnje.

Multifunkcionalni prostor, samim tim što se nalazi na području Beogradske tvrđave, predstavlja objekat koji će biti pod zaštitom države. Takođe, ovaj objekat spada u kategoriju objekata koji su od izuzetnog kulturnog značaja.

Specifičnost lokacije na kojoj se objekat gradi u velikoj meri utiče na veličinu gradilišnog prostora, a samim tim i na organizaciju gradilišta. Male dimenzije gradilišta se odražavaju na način i dinamiku dopremanja i skladištenja materijala u okviru gradilišnog prostora, utiču na rešenje spoljašnjeg i unutrašnjeg transporta, razmeštaj pomoćnih prostorija i na izbor mehanizacije.

Izuzetan značaj objekta koji se gradi utiče na izbor materijala koji se ugrađuje u konstrukciju. Budući spoljašnji izgled objekta mora u potpunosti odgovarati ambijentu u kome se nalazi. Činjenica da se objekat oslanja na Kulu Nebojšu, ali i da se gradi između dva postojeća bedema, ne ostavlja mnogo prostora za korišćenje savremenih materijala u izradi njegovog eksterijera. Da bi se objekat što bolje uklopio u okruženje, za eksterijer su korišćeni kamen i opeka starog formata.

Usled blizine reke postoji opasnost od plavljenja zemljišta oko objekta, kao i prodiranje vode u sam objekat. Iz tog razloga, kao zaštita, korišćeni su materijali sa hidroizolacionim svojstvima.

Specifičnosti lokacije i objekta koji se gradi su sledeće:

- mala veličina parcele na kojoj se objekat gradi,
- blizina reke,
- blizina prometne ulice (bulevara),
- teren na kome se objekat gradi je pod nagibom,
- položaj objekta u okviru gradilišnog prostora,
- objekat je pod zaštitom države,
- ostaci srednjovekovnih bedema ulaze u sastav objekta koji se gradi,
- na parceli se nalaze srednjovekovni objekti i ostaci bedema koji će se naći u okviru gradilišnog prostora,
- blizina železničke pruge.

Veličina parcele

Parcela na kojoj se objekat gradi je zbog brojnih spoljašnjih ograničenja malih dimenzija. Sa jedne strane parcele nalazi se ulica Bulevar vojvode Bojovića, sa druge strane je sporedna ulica – prolaz koji vodi do Vodene (Sava) kapije II. Sa ostalih strana parcela je ograničena visokim bedemima. Bedemi su pod zaštitom države i iz tog razloga ne smeju se uklanjati, niti praviti prolazi u njima. Isključena je svaka mogućnost za eventualno proširenje prostora na kome se objekat gradi.

NAPOMENA:

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

Blizina reke

Objekat se nalazi na uzvišenju u neposrednoj blizini reke Dunav. U vreme visokog vodostaja reke postoji opasnost od plavljenja zemljišta na kome se objekat gradi. U normalnim uslovima, usled visokog vodostaja reke, dolazi do prezasićenja zemljišta vodom što može izazvati vlaženje podova i zidova objekta. U ekstremnim slučajevima može doći do prodiranja vode u sam objekat što u izvesnoj meri može ugroziti ne samo njegovo funkcionisanje nego i bezbednost konstrukcije. Iako ovo nije česta pojava, konstrukcija se mora zaštititi od nepovoljnog dejstva vode. Osnovni vid zaštite je u izboru materijala koji se ugrađuje. Zidovi i podovi se izrađuju od vodonepropusnog betona sa visokim faktorom vodonepropusnosti. Radi bolje zaštite od vlage koriste se horizontalna i vertikalna hidroizolacija. Takođe, sa velikom pažnjom je rešeno odvođenje atmosferske vode. Na ulaze u objekat postavljaju se metalna vrata koja se hermetički zatvaraju.

Blizina prometne ulice (bulevara)

Uz samu parcelu nalazi se ulica Bulevar vojvode Bojovića. S obzirom da je ulica veoma prometna naročita pažnja se mora posvetiti mestu postavljanja ograde gradilišta, ali i obezbeđenju ulaza na samo gradilište. Ulazi za mehanizaciju i dopremanje materijala postavljeni su iz sporedne ulice i jasno označeni. Na čitavom delu gradilišta koje se nalazi uz ulicu nije predviđen ni jedan ulaz da ne bi dolazilo do zastoja i remećenja redovnog saobraćaja. Postavljanje ograde omogućava fizičko odvajanje gradilišta i povećava njegovu bezbednost.

Teren pod nagibom

Teren na kome se objekat gradi je pod nagibom što utiče na rešenje organizacije gradilišta odnosno unutrašnjeg transporta materijala i opreme. Usled nemogućnosti korišćenja mašina za horizontalni transport u okviru gradilišta prenošenje materijala i opreme se obavlja građevinskim kolicima. Teren nema direktnog uticaja na vertikalni transport tako da se on obavlja građevinskom elektrodizalicom.

Položaj objekta u okviru gradilišnog prostora

Objekat koji se gradi proteže se čitavom dužinom gradilišta tako da ne postoji prolaz oko objekta. Ovakav položaj objekta utiče na trasu, broj i širinu privremenih saobraćajnica. Zbog malog prostora između objekta i gradilišne ograde širine saobraćajnica su ograničene na 2,75 m.

Objekat pod zaštitom države

Objekat koji se gradi nalazi se između dva postojeća bedema i u sklopu Kule Nebojše, na području Beogradske tvrđave koja je kulturno dobro od izuzetnog značaja pa se samim tim i predmetni objekat nalazi pod zaštitom države. Da bi se izgled novog objekta vizuelno uklopio u ambijent potrebno je veliku pažnju pokloniti njegovom eksterijeru. U skladu sa tim biraju se materijali koji po boji, obliku i kvalitetu ne odstupaju od postojećih. Od materijala potrebno je nabaviti opeku starog formata, kamen u komadima koji se pre ugradnje obrađuje i oblikuje, mleveni kamen u četiri frakcije, sivi i beli

cement, gašeni kreč, pesak, kvarcni pesak u četiri frakcije koji se koristi za čišćenje postojećih bedema.

Ostaci srednjovekovnih bedema ulaze u sastav objekta koji se gradi

Zidovi novog objekta će se oslanjati na postojeće bedeme. Potrebno je prvo očistiti i oprati postojeći zid tj. bedem, postaviti potrebnu izolaciju i armaturu, a nakon toga betonirati novi zid vodonepropusnim betonom. Oplata koja se koristi je jednostrana. Na gradilište se dovozi gotova oplata i odmah montira, tako da ne postoji potreba za skladištenjem drvene građe na gradilištu. Eventualna dodatna oprema se dovozi iz centralnog magacina gde postoji cirkular za njenu obradu. Postojeći zid bedema i novi armiranobetonski zid se povezuju ankerima.

Na parceli se nalaze srednjovekovni objekti i ostaci bedema

Od objekata, na samom gradilišnom prostoru, nalaze se Kula Nebojša, Potkovičasta kula i ostaci bedema na više mesta. Postojanje ovih objekata utiče na organizovanje gradilišta. Gradilište treba organizovati tako da ne dođe do oštećenja ovih objekata; objekte treba zaštititi i izbegavati postavljanje skladišta i deponija materijala u njihovoj neposrednoj blizini. Neophodna je pažnja prilikom upravljanja mehanizacijom u blizini ovih objekata.

Blizina železničke pruge Beograd–Pančevo

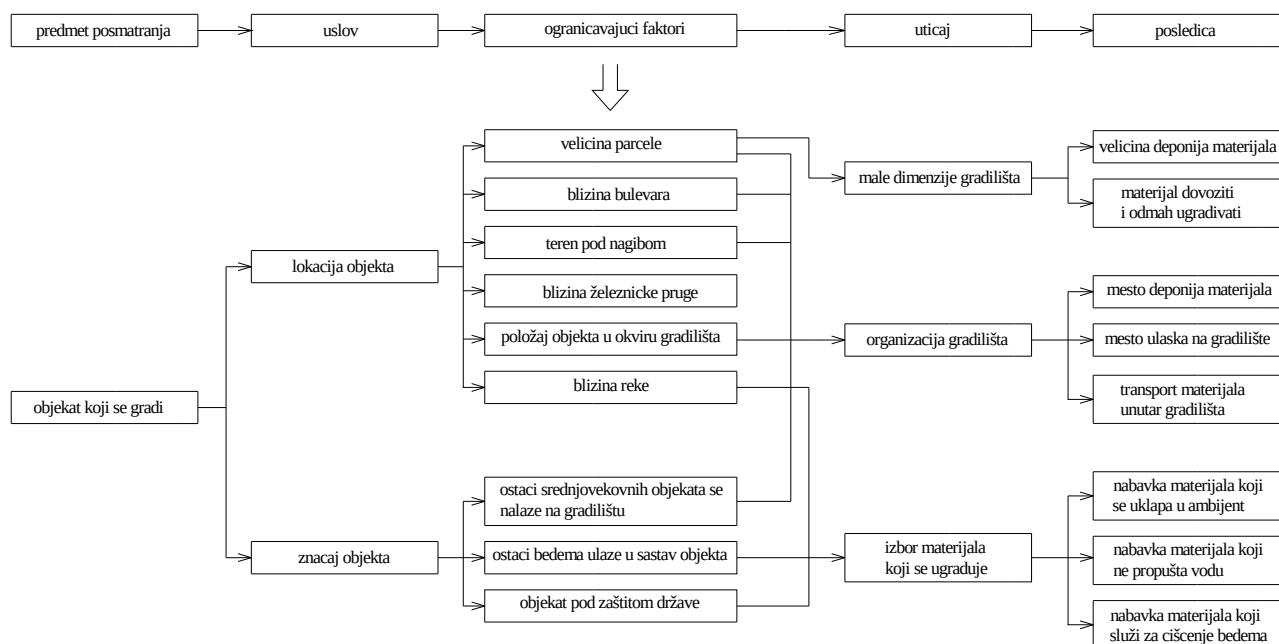
Na prostoru između reke i objekta nalazi se železnička pruga. Prilikom prolaska voza stvara se buka koja može uticati na odvijanje programa unutar objekta. Ovaj problem je rešen projektovanjem objekta takve konstrukcije da zidovi imaju veliku debljinu, a jedini otvori na objektu su vrata koja se nalaze na suprotnoj strani od pruge. Dakle, na objektu ne postoje prozori, osvetljenje je rešeno pomoću krovnih lanterni, a provetravanje se vrši kroz ventilacione kanale koji prolaze kroz tavaničnu ploču.

2.1. Specifičnosti lokacije i objekta kao ograničavajućih faktora

Posmatrajući navedene specifičnosti lokacije i značaja objekta dolazi se do zaključka da oni imaju veliki uticaj na organizovanje gradilišta i izbor materijala koji se ugrađuje u sam objekat. Iz tih razloga sve navedene specifičnosti možemo u izvesnoj meri smatrati ograničavajućim faktorima. Ograničavajući faktori se mogu podeliti na dve velike grupe:

- ograničavajući faktori lokacije objekta i
- ograničavajući faktori značaja objekta.

Na slici 1. dat je globalni prikaz povezanosti objekta, ograničavajućih faktora, uticaja koji proističu iz tih faktora i posledica koje nastaju. Predmet posmatranja predstavlja objekat koji se gradi tj. multifunkcionalni prostor. Uslovi koji utiču na pojavu ograničavajućih faktora su lokacija i značaj objekta. Pojedini ograničavajući faktori imaju odgovarajuće uticaje na organizaciju gradilišta, njegove dimenzije i izbor materijala koji se ugrađuje, a svaki od navedenih uticaja ima odgovarajuće posledice.



Slika 1. Veze između uzroka i posledica koje nastaju usled različitih spoljašnjih ograničenja

3. ORGANIZACIJA GRADILIŠTA

Na organizaciju gradilišta utiče niz faktora: dimenzije gradilišta, postojanje objekata unutar gradilišnog prostora i njihov položaj, položaj gradilišta u odnosu na okolinu. Zbog ovih faktora javlja se ograničen prostor za smeštaj materijala, deponije otpadnog materijala, ograničen prostor za alat i radnike. Iz tih razloga za smeštaj materijala i alata pored gradilišta koristi se i prostor na Kalemegdanu tzv. centralni magacin.

Ulaz na gradilište

Organizovana su tri ulaza na gradilište, jedan za zaposlene i dva za mehanizaciju. S obzirom da se gradilišna ograda nalazi uz samu ivicu veoma prometne saobraćajnice–Bulevar vojvode Bojovića, nije omogućen ni jedan ulaz iz bulevara da bi se gradilišni prostor zaštitio od ulaska neovlašćenih lica. Da bi se obezbedilo neometano funkcionisanje saobraćaja bulevarom, imajući u vidu blizinu gradilišta, ulazi na gradilište su mogući isključivo iz sporedne ulice. Mesta ulaza su jasno označena.

Deponije materijala na gradilištu

Male dimenzije gradilišnog prostora utiču na veličinu i mesto deponija materijala. Na gradilištu se nalaze manja skladišta materijala koja su neophodna za radove koji se tog trenutka obavljaju, dok se veća skladišta nalaze u centralnom magacinu. Na gradilištu se spravlja samo male količine betona i maltera.

Radovi koji zahtevaju velike količine materijala, poput betoniranja, postavljanja oplata i armature rešeni su tako što su ovi materijali dovoženi iz fabrika na gradilište i odmah ugrađivani u konstrukciju. Na taj način izvršena je ušteda u prostoru koji bi se morao obezbediti za njihovo skladištenje. Ovakav način organizovanja gradilišta ima veliki uticaj na skraćenje roka građenja. Materijali su

dovoženi odjednom ili u etapama u zavisnosti od potreba i od predviđene dinamike rada.

Centralni magacin

Nedostatak prostora na gradilištu, koji je glavni problem, rešen je otvaranjem centralnog magacina Centralni magacin je smešten na Kalemegdanu, pored Barutane, i predstavlja glavni magacin materijala i opreme za sva gradilišta na prostoru Beogradske tvrđave. Nalazi se na oko 200 m od objekta koji je predmet ovog rada. Za obavljanje transporta između centralnog magacina i gradilišta obezbeđena su tri kombija i jedan kamion. Angažovanje potrebnih vozila po kapacitetu reguliše se operativnim planom i dnevnim potrebama, a u zavisnosti od dinamike izvođenja radova na objektu. Potreba za velikim količinama kamena i opeke starog formata uslovljava je postavljanje pogona za njihovu obradu. Pogon se nalazi u sklopu centralnog magacina čime su postignute znatne uštede u njihovom dopremanju.

Privremene (gradilišne) saobraćajnice

Privremene saobraćajnice treba da obezbede optimalno snabdevanje gradilišta materijalom za građenje i odvoženje otpadnih materijala sa deponija. Saobraćajnicu je potrebno projektovati tako da njena trasa bude najkraća moguća, ali da u isto vreme ima odgovarajući pristup radnom prostoru, skladištima materijala i deponijama.

Na projektovanom gradilištu predviđene su dve odvojene saobraćajnice (ispred i iza objekta). Obe saobraćajnice su širine 2,75 m. Razlog izrade dve unutrašnje saobraćajnice je u tome što se postojeći bedemi objekta protežu čitavom dužinom gradilišnog prostora zbog čega je nemoguće projektovati samo jednu saobraćajnicu. Takođe, na severnoj strani objekta (zadnji deo objekta) zbog ograničenog prostora između samog objekta i ograde gradilišta saobraćajnica mora biti jednosmerna. Kamioni za dopremanje materijala i odvoženje otpadnog materijala izlaze iz gradilišnog prostora kretanjem unazad. Sa

prednje strane objekta (strana gde je ulaz u objekat) saobraćajnica je projektovana kao jednosmerna sa mogućnošću okretanja vozila unutar gradilišta.

Privremeni objekat

Baraka za smeštaj alata, presvlačenje radnika i za čuvara postavljena je u blizini radnog prostora. Baraka je izrađena od dasaka sa drvenom konstrukcijom. Prekrivena je salonitom. U baraci se čuva alat za radove koji se trenutno obavljaju na gradilištu. Ostali alat se nalazi u centralnom magacinu.

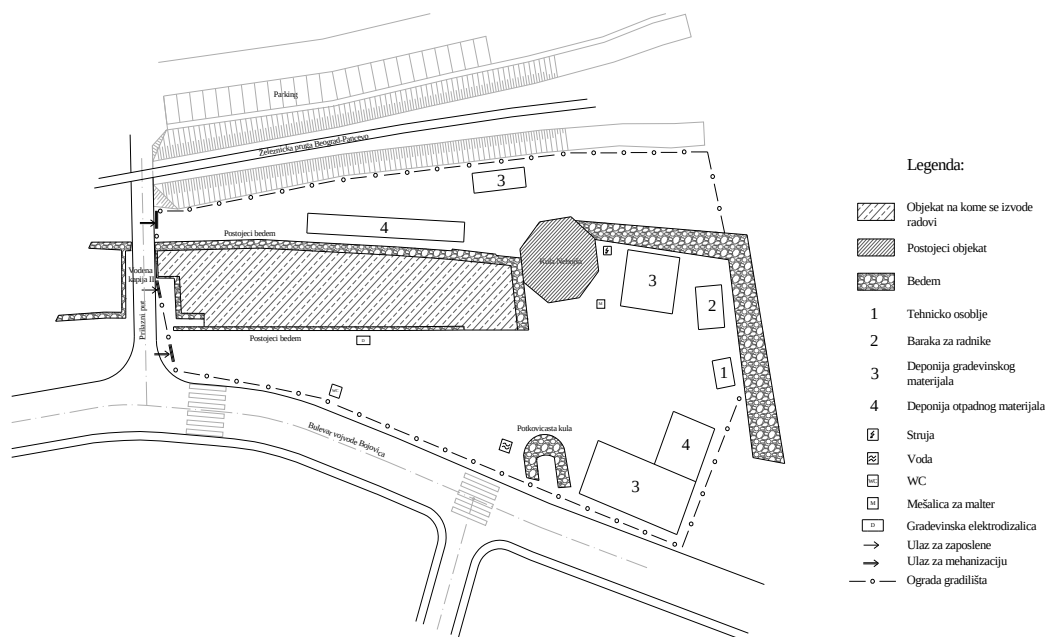
Po pravilu, kancelariju je potrebno postaviti u blizini ulaza na gradilište. Međutim, zbog ograničenog prostora u tom delu, kancelarija je postavljena na suprotnom kraju gradilišta.

Ograda gradilišta

Treba da omogući odvajanje gradilišnog od okolnog prostora. Izrađena je od armaturne mreže. Na svaka dva metra predviđen je stub za zatezanje pletiva. Postavljene su kapije za prolaz. Na ogradu se postavlja tabla sa upozorenjem za prolaznike.

Na slici 2. data je šema organizacije gradilišta.

Gradilišna kancelarija



Slika 2. Šema organizacije gradilišta

4. ZAKLJUČAK

Organizacija i tehnologija građenja objekta u velikoj meri zavise od karakteristika terena, geoloških osobina terena, lokacije objekta, hidrometeoroloških uslova i mnogih drugih spoljašnjih faktora. Iz tog razloga velika pažnja se mora posvetiti detaljnom proučavanju svih spoljašnjih okolnosti koje bi mogle imati uticaja na različite segmente gradnje objekta. Pored toga što je prikazano da lokacija i teren na kome se objekat gradi utiču na organizaciju gradilišta, a značaj objekta sužava izbor materijala koji se ugrađuje, ovaj rad je za cilj imao i da ukaže na značaj prethodnog proučavanja terena.

Lokacija i teren na kome se objekat gradi često diktiraju način organizovanja gradilišta i utiču na tok i dinamiku gradnje. Zbog toga prilagođavanje datim uslovima predstavlja ključnu tačku prilikom organizovanja gradnje. Takođe, dobro organizovano gradilište doprinosi uštedi u vremenu, a dostupnost materijala i opreme doprinosi njegovom boljem funkcionisanju.

5. LITERATURA

- [1] M. Trivunić, Z. Matijević, "Tehnologija i organizacija građenja", praktikum, FTN izdavaštvo, Novi Sad, 2004.
- [2] G. Ćirović, "Problemi planiranja, organizacije i tehnologije građenja", Viša građevinsko – geodetska škola, Beograd, 2000.

Kratka biografija:



Marija Radić rođena je u Beogradu 1982. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva – Proizvodni sistemi u građevinarstvu odbranila je 2010.god.

PROJEKAT KONSTRUKCIJE VIŠESPRATNOG ARMIRANOBETONSKOG HOTELA U NOVOM SADU**DESIGN PROJECT OF STRUCTURE OF MULTISTORY RC HOTEL IN NOVI SAD**

Miodrag Radić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast- GRAĐEVINARSTVO

Sadržaj- U radu je prikazan projekat armiranobeton-
ske konstrukcije hotela S+Pr+7 spratova i uporedna
analiza različitih tipova temeljnih ploča.

Abstract- The project of structure of multistory rein-
forced concrete hotel, basement + ground floor + 7 sto-
ries, and a comparative analysis of different types of
base plates.

Ključne riječi: armiranobeton-
ski hotel, skeletni sistem
sa platnima za ukrućenje, temeljne ploče.

1. UVOD

Zadatkom je predviđeno projektovanje, armiranobeton-
skog hotela spratnosti suterena+prizemlje+sedam spratova
Ukupna visina objekta od kote temelja je 35.40 m, a od
nulte kote, tj. kote prizemlja 30.40 m. Spratne visine
suterena, prizemlja i prvog sprata su 5.00 m, a ostalih
šest spratnih visina su po 3.40 m. Osnova objekta je
pravougaona širine 19.00 m i dužine 49.50 m. Objekat se
nalazi u Novom Sadu, VIII seizmička zona.
Konstruisanje elemenata i detalja je takvo da
konstrukcija u eksploatacionom vijeku ispuni sve
propisane zahtjeve u pogledu nosivosti, upotrebljivosti,
trajnosti, mogućnosti održavanja i funkcionalnosti.

2. OPIS OBJEKTA**2.1. Projektni zadatak i arhitektonsko rješenje**

Generalna koncepcija objekta je u užem gradskom jezgru
sa jasnim karakterom i fizionomijom u funkcionalnom
smislu, koji zadovoljava sve kriterijume modernog stan-
ovanja, odmora, zabavljanja i poslovanja. Horizontalni
gabarit i dispoziciju objekta određuju građevinske linije
definisanе regulaciono-nivelacionim elementima. Glavni
ulaz za goste i radnike hotela je na koti ± 0.00 m i na
ovom nivou se nalaze: prijemni hol, recepcija, restoran,
kafé bar i svečana sala, a u suterenu na koti -5.00 m su
smješteni: kuhinja, ostave za hranu, piće, kao i prostorije
za tehničku opremu hotela. Na prvom spratu, nivou
definisanim kotom +5.00 m se nalazi: teretana, hitna
pomoć, biblioteka, bilijar klub, kazino, internet sala i bar,
a narednih šest spratova su namjenjeni za stanovanje,
odmaranje, dok se na drugoj etaži nalazi i sauna koja
dopunjuje kriterijume modernog hotelijerstva. Podovi
objekta su termički izolovani materijalima poslednje
generacije URSA- N-III-I i URSA-TSP.

NAPOMENA:

**Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji
mentor je bio dr Zoran Brujić.**

Zaštita od vlage u kupatilima kao i u sauni je obezbjeđena
slojem hidroizolacije. Estetski kriterijumi obloga poda su u
skladu sa namjenom prostorija, te su parketom od bukovog
drвета obložene prostorije kao što su svečana sala,
biblioteka, teretana, sobe za odmaranje i stanovanje, a
mermernim pločicama su obloženi prijemni hol, recepcija,
restoran, bar, hitna pomoć, kazino, bilijar klub i internet
sala, dok su kupatila, sauna i toaleti obloženi keramičkim
pločicama. Vertikalna komunikacija je obezbjeđena sa šest
liftova i stepeništima projektovanim da pružaju
zadovoljavajuću udobnost pri kretanju. Obloga ovih
konstrukcijskih elemenata je urađena od mermera,
obuhvatajući gazište i čelo stepenika. Zidovi objekta su
debljine 25 cm i 12 cm, zidani blokovima sistema "ytong".
Kako bi se upotpunili estetski zahtjevi i obezbjeđila
arhitektonska sloboda, predviđena je dekoracija zidova i
plafona „Rigips“ pločama. Definisana fizionomija objekta
zaštićena je strukturalnom fasadom u kombinaciji sa
„ALUCOBOND“ panelima.

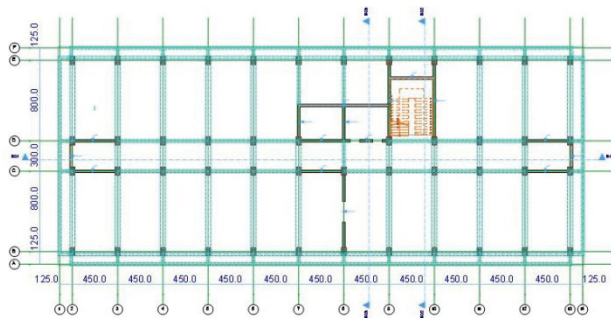
2.2. Krovna konstrukcija

Predviđen je ravan krov koji ima i funkciju terase. Plafon
šestog sprata je ujedno i krovna ploča, zaštićena slojevima
hidroizolacije, termoizolacije debljine 14 cm proizvođača
URSA XPS-III-L, finog šljunka debljine 10 cm, na koje se
postavljaju specijalni nosači podnih mermernih pločica i
njima se reguliše pad krovne ravni od 2%.

2.3. Konstruktivni sistem

Konstruktivni sistem čine vertikalni elementi - stubovi,
zidna platna i horizontalni elementi – grede i ploče.
Rastjeri stubova u podužnom pravcu su 4.50 m, a u
poprečnom 8.0 m i 3.0 m. Visine stubova, odnosno spratne
visine suterena, prizemlja i prvog sprata su 5.0 m sa
dimenzijama poprečnih presjeka 50/70 cm za obodne i
50/80 cm za srednje stubove. Četiri obodna stuba u
uglovima objekta se protežu cijelom visinom sa
dimenzijama 50/70 cm. Na ostalim etažama dimenzije
poprečnih presjeka stubova su 50/50 cm i 35/35 cm.
Zidovi za ukrućenje su postavljeni u oba ortogonalna
pravca. Njihova uloga je da prime i prenesu horizontalna
seizmička opterećenja i doprinesu celokupnoj krutosti
konstrukcije. Dimenzije zidnih platana u podužnom pravcu
su 25/450 cm a u poprečnom pravcu su dimenzija 25/300
cm, 20/800 cm. Zidovi za ukrućenje su projektovani tako
da zadovoljavaju propisane uslove iz pravilnika o
tehničkim normativima za izgradnju objekata
visokogradnje u seizmičkim područjima. U podrumu su
projektovani armiranobeton-
ski zidovi debljine 25 cm.
Njihova uloga je da prime i prenesu opterećenje od tla, te
su proračunom obezbeđeni u smislu mogućnosti prijema

odgovarajućih momenata savijanja. Gredni elementi su izloženi savijanju u vertikalnoj ravni sa malim aksijalnim silama. Dimenzije poprečnih greda su 50/80 cm u suterenu i prizemlju, a na ostalim etažama 50/70 cm, 50/50 cm, 25/50 cm, 25/70 cm. Podužne grede su dimenzija 30/45 cm, i 25/45 cm. (Slika 1).



Slika 1. Šema stubova, zidova i greda u osnovi prizemlja

Međuspratne konstrukcije su projektovane kao sistem kontinualnih krstastoarmiranih ploča debljine 20 cm i 15 cm. Debljina ploče usvojena je prema preporučenoj vrijednosti $0.8/l/35$, gdje je l raspon ploče. Stepenište objekta je dvokrako sa dimenzijama stepenika u suterenu, prizemlju i prvom spratu širine 28 cm, visine 17 cm, a na ostalim etažama širine 30 cm, visine 17 cm, sa širinom stepenišnog kraka od 180 cm. Odnos dimenzija je napravljen kako bi se obezbijedilo što ugodnije i sigurnije kretanje. Ploča stepenišnog kraka je debljine 15 cm, konstruisana u vidu koljenaste ploče oslonjene na podvlake u međuspratnim tavanicama. Objekat se fundira na sandučastoj temeljnoj ploči visine 110 cm. Donja kontaktna ploča je debljine 40 cm, a gornja podna ploča 15 cm. Rebra sanduka su dimenzija 50/110 cm i 60/110 cm. Ispod temeljne ploče se nasipa tampon sloj od šljunka debljine 15 cm, a preko šljunčanog tampona sloj mršavog betona debljine 10 cm, zatim hidroizolacija, a preko nje ponovo sloj mršavog betona debljine 5 cm. Svi elementi projektovani su u betonu MB 40, armirani čelikom kvaliteta RA400/500 i dimenzionisani prema PBAB' 87, uz poštovanje specifičnih odredaba za aseizmičko projektovanje.

2.4. Analiza opterećenja

Stalno opterećenje čine sopstvena težina konstrukcije (stubovi, grede, zidna platna, tavanice) i težina nenosivih elemenata (zidovi ispane, obloge podova, krovne obloge, fasadne obloge), nanijeta na ploče kao površinska i linijska opterećenja. Zidovi su aplicirani kao linijsko opterećenje na grednim elementima. Korisna opterećenja su u funkciji namjene prostorije, definisana prema važećem Pravilniku [1] i nanijeta na ploče kao površinska, inteziteta 2.0 KN/m^2 (sobe i apartmani), 4.50 KN/m^2 (teretana, kafe bar, biblioteka, bilijar klub), 3.0 KN/m^2 (hodnjaci, stepeništa, krovna prohodna terasa). Opterećenje snijegom iznosi 1.0 KN/m^2 osnove krova. Prema važećem Pravilniku i standardu [1] analiziran je uticaj vjetra na konstrukciju i nanijet kao linijski raspodjeljeno opterećenje po stubovima u dva ortogonalna pravca. Seizmičko opterećenje je dobijeno metodom statički ekvivalentnog opterećenja saglasno pravilniku [1]. Dejstvo temperature na konstruktivne elemente

ploče i grede razmatrano je kao temperaturna promjena u osi elementa $t_0 = \pm 10^\circ \text{C}$.

2.5. Statički i dinamički proračun

Konstrukcija je modelirana prostorno u specijalizovanom programskom paketu Tower 6.0 baziranom na primjeni metode konačnih elemenata. Opterećenja na model su aplicirana kao linijska i površinska, saglasno analizi opterećenja, a posebno za svaki slučaj osnovnog opterećenja. Pri formiranju proračunskog modela korišćena je gusta mreža konačnih elemenata (stranica elementa 0.7 m). Tlo je modelirano pomoću Vinklerovog (Winkler) modela podloge tako što je zamjenjeno elastičnim oprugama postavljenim u čvorove mreže konačnih elemenata. Krutost opruge definisana je kao proizvod koeficijenta posteljice izraženog u KN/m^3 i pripadajuće površine tla kojeg opruga zamjenjuje. Koeficijent posteljice je 25 MN/m^3 , i predstavlja odnos stvarnog napona u tlu i istovremene deformacije tla-slijeganja. Analiza dejstva horizontalnih opterećenja, kao i modalna analiza, pretpostavlja nedeformabilnost tavanične konstrukcije u svojoj ravni. Statički i dinamički proračun sproveden je na modelu kod koga su kombinovani linijski i površinski elementi. Modalna analiza definiše dinamičko ponašanje diskretnog sistema za više stepeni slobode, pa je sprovedena sa realnim rasporedom masa bez redukovanja faktora krutosti i modula elastičnosti seizmičkih zidova, što omogućuje realniji prikaz sadejstva ploča i seizmičkih zidova u odnosu na ravanske modele. Grupisanje masa po nivoima zamišljeno samo kao lokalni efekat, znači pola mase stuba u donju, a pola u gornju tavanicu, pola mase zida u donju pola u gornju tavanicu. Vrijednost perioda oscilovanja konstrukcije u prvom tonu je $T = 0.887 \text{ s}$ (slika 2).



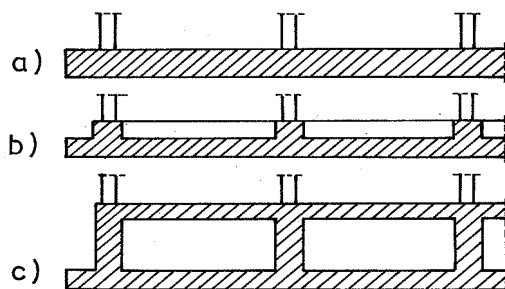
Slika 2. Renderovan prikaz modela konstrukcije

2.6. Dimenzionisanje i armiranje elemenata

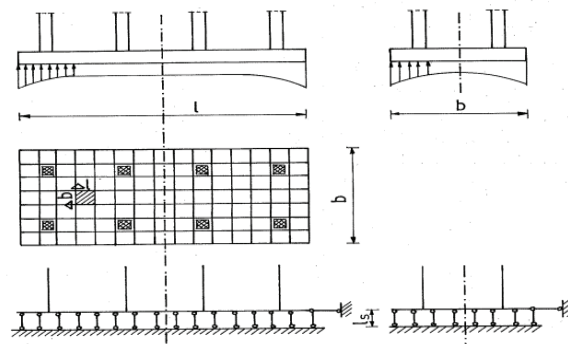
Svi elementi su dimenzionisani saglasno Pravilnicima [1] i [2], prema uticajima mjerodavnih graničnih kombinacija opterećenja, za šta je iskorišćene mogućnosti softvera. Naknadno, neke veličine su korigovane u samom programu i odnose se na torziju krutost greda, koja je umanjena za 90%, ili na korekciju generisanih planova armiranja. U detaljima armiranja korigovana je poprečna armatura saglasno zahtevima propisa. Grede su dimenzionisane kao jednostruko armirane podužnom i poprečnom armaturom, dok su stubovi dimenzionisani kao koso savijani, obostrano, simetrično armirani podužnom i poprečnom armaturom. AB zidovi su dimenzionisani saglasno Pravilnicima [1] i [2]. Sprovedena je kontrola aksijalnog naprezanja u

3. UPOREDNA ANALIZA RAZLIČITIH TIPOVA TEMELJNIH PLOČA

U pojedinim slučajevima temeljna ploča može biti racionalnije rješenje u poređenju sa ostalima, ne samo po pitanju jednostavnosti izvođenja nego i utroška materijala. Temeljne ploče se mogu podijeliti na tri tipa: a) pune ploče; b) rebraste ploče; c) sandučaste ploče (slika 4).



Temeljna ploča se u proračunu tretira kao površinski nosač (vrlo kruta u horizontalnoj ravni) ili se dijeljenjem u poprečne i podužne trake po osama stubova aproksimira štapnim sistemom. Naime, pitanje distribucije reaktivnog opterećenja u slučaju ploča je od velike važnosti. Pretpostavka o linearnoj preraspodjeli može biti opravdana samo u slučaju manjih temeljnih ploča a velike krutosti (veće debljine, manji rasponi) i/ili deformabilnog tla. Ipak, preporuka je koristiti uvijek složenije idealizacije tla (Vinklerova podloga i elastični poluprstor). Prema približnom postupku temeljno tlo se zamjenjuje gusto raspoređenim diskretnim oprugama na razmacima l i b . Krutost vertikalne opruge, zglobno spojena na svojim krajevima (elastična opruga), ekvivalentna je pravougaonoj površi temeljnog tla širine Δb i dužine Δl , slika 5.



Pošto se Vinklerov model pokazao vrlo pogodnim u sklopu računarskih aplikacija za strukturalnu analizu, on danas predstavlja vrstu standarda kada je o uobičajenim objektima visokogradnje riječ. Na slici 6 prikazane su kvalitativno distribucije osnovnih statičkih veličina u temeljnoj ploči u funkciji deformabilnosti tla.



3758

3.2 Prednosti i nedostaci različitih tipova ploča

Pune ploče: Prednosti ovog tipa ploče u odnosu na reb-rasti i sandučasti, su jednostavan oblik, zatim jednostavni tesarski i armirački radovi, kao i plića jama. Nedostaci u odnosu na druge tipove temeljnih konstrukcija su praćeni ograničenjem debljine ploče, manjom savojnom krutošću i utroškom materijala. **Rebraste ploče:** Prednosti ovih ploča se ogledaju u manjoj debljini kontaktne ploče i povećanoj savojnoj krutosti, zbog čega se projektuju tamo gdje pune ploče postaju neracionalne, a nedostaci su zahtjevnija izrada i veći utrošak materijala u odnosu na pune ploče. **Sandučaste ploče:** Imaju znatnu prednost u odnosu na druga dva tipa u savojnoj krutosti same temeljne konstrukcije, prostornoj krutosti cijele konstrukcije, smanjenim naponima u betonu i smanjenom dubinom fundiranja. Nedostaci proizilaze iz veoma skupe izrade koja se odnosi naročito na tesarske radove, dok jedan deo oplata ostaje zarobljen u betonu. Analiza ovih ploča u master radu je sprovedena u programskom paketu Tower 6.0 na projektnom zadatku konstrukcije armiranobetonskog hotela. Usvajene dimenzije zavise od tipa primjenjene ploče. Puna ploča je ograničena i modelirana debljine 60 cm. Svako povećanje debljine ove ploče gubi smisao u pogledu racionalnosti. Rebraste ploče su modelirane sa debljinom kontaktne ploče 40 cm, i rebra u dva ortogonalna pravca 60/160cm, 50/160 cm. Sandučasti tip temeljne ploče je visine (debljine) 110 cm, u kome su kontaktna ploča debljine 40 cm, podna ploča 15 cm, a rebra dimenzija 50/110 cm i 60/110 cm.

Upoređivanje se odnosilo na: 1. Preraspodjelu kontaktnih napona, 2. Savojnu krutost, 3. Formu oscilovanja konstrukcije, 4. Analizu cijena i količinu upotrebljenog materijala ali samo za količinu utrošenog, betona, armature, oplata i šljunka za zasipanje kasete rebraste ploče (tabela 1. i tabela 2.).

Tabela 1. Rezultati analize u konstrukivnom pogledu

Tip temeljne ploče	Preraspodjela kontaktnih napona σ_{m} [KN/m ²]	Savojna krutost M_u [KNm/m]	Forma oscilovanja T [sec]
Pune ploče	267.83	1637.87	0.916
Rebraste ploče	246.43	318.60	0.914
Sandučaste ploče	228.25	321.97	0.887

Tabela 2. Rezultati analize u ekonomskom pogledu

Tip temeljne ploče	Količina ugrađenog betona [m ³]	Količina ugrađenog čelika [Kg]	Količina utrošene oplata [m ²]	Količina utrošene šljunka [m ³]
Pune ploče	606.00	78614.00	84.00	/
Rebraste ploče	780.50	93015.50	680.45	808.5
Sandučaste ploče	675.64	56619.00	1126.56	/

Na osnovu sprovedene analize, tabelarno su dati rezultativni navedenih stavki, iz kojih se može zaključiti da je sandučasta temeljna ploča pokazala najbolje rezultate i predstavlja najadekvatnije rješenje, ali samo

na analizira-noj konstrukciji. U nekim drugim slučajevima, objektima potpuno drugačije koncepcije stubova u osnovi i opterećenja, ovaj tip temeljne ploče može da bude skuplja varijanta fundiranja.

4. ZAKLJUČAK

U slučaju kada je tlo na koga treba osloniti objekat male nosivosti, odnosno, kada je opterećenje od objekta veliko tako da je temeljna ploča najpouzdanije fundiranje konstrukcije iznad, onda od tri različita tipa ovih ploča treba primijeniti onu koja predstavlja najracionalnije rješenje, ne samo po pitanju jednostavnosti izvođenja, nego i utroška materijala. Zato je potrebno analizirati konstrukciju u potpunosti, a onda dati rješenje koje će biti prihvatljivo u konstruktivnom i ekonomskom pogledu.

5. LITERATURA

- [1] Zbirka *Jugoslovenskih pravilnika i standarda za građevinske konstrukcije*: Jugoslovenski standard sa obaveznom primenom od 1988 - stalna opterećenja građevinskih konstrukcija (JUS U.C7.123)
Jugoslovenski standard sa obaveznom primenom od 1988 - korisna opterećenja stambenih i javnih zgrada (JUS U.C7.121)
Jugoslovenski standard sa obaveznom primenom od 1992 - opterećenje vetrom (JUS U.C7.110-112)
Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima
- [2] Grupa autora: *Beton i armirani beton* prema BAB 87, knjige 1 i 2, Univerzitetška štampa, Beograd, 2000.
- [3] Ž. Radosavljević, D. Bajić: *Armirani beton 3*, Građevinska knjiga, Beograd, 2007.
- [4] B. Petrović: *Odabrana poglavlja iz zemljotresnog inženjerstva*, Građevinska knjiga, Beograd, 1989.
- [5] S. Stevanović: *Fundiranje I*, Naučna knjiga, Beograd, 1989.
- [6] Z. Bruić: *Predavanja – Plitki temelji*, Višespratne zgrade
- [7] Normativi i standardi u građevinarstvu-visokogradnja: Građevinska knjiga
- [8] Prospekti: URSA izolacije, ALUCOBOND paneli, WICTEC strukturalne fasade, YTONG blokovi.

Kratka biografija:



Miodrag Radić rođen je u Loznicima 1985. godine. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo-konstrukcije odbranio je 2010. godine.

PROJEKAT KONSTRUKCIJE MONTAŽNE AB HALE I MONOLITNE AB ZGRADE I VEZE PREKO TEMELJNE ČAŠICE**DESIGN PROJECT OF STRUCTURE OF PREFABRICATED RC HALL AND MONOLITHIC RC BUILDING AND CONNECTION OVER COLUMN BASE SUPPORT**

Nenad Dimitrijević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je prikazan projekat konstrukcije montažne AB proizvodne hale i monolitne AB upravne zgrade, kao i problemi koji se javljaju pri projektovanju ovakvih objekata. U drugom delu rada prikazane su veze preko temeljnih čašica i njihov proračun.

Abstract – The paper gives the description of the project of a prefabricated RC production hall and monolithic RC administration building as well as the problems that may occur while designing. Second part of the paper gives a connection over column base support and their calculation.

Ključne reči: armirani beton, zgrada, hala, temeljna čašica.

1. UVOD

Projektnim zadatkom predviđeno je projektovanje upravne jednospratne zgrade i proizvodne hale za flaširanje vode. Definisani su gabariti, rasteri stubova, namena, površina, lokacija zgrade i hale, kao i konstruktivni sistem. Objekat se nalazi u Jasku, Republika Srbija.

2. OPIS PROJEKTA**2.1. Projektni zadatak i arhitektonsko rešenje**

Projektnim zadatkom je zahtevano projektovanje upravne zgrade, koja je spratni objekat gabarita 22,23·10,87 m, što u osnovi zauzima bruto površinu od 241,64 m², korisne visine 2,75 m, a koja je hodnikom povezana sa proizvodnom halom. Proizvodna hala je predviđena kao dvobrodna, gabarita 66,85·40,85 m, bruto površine u osnovi 2730,82 m² i korisne visine 6,0 m, sa nadstrešnicom u produžetku (sa severne strane).

Upravnu zgradu, kao armiranobetonski objekat sa dve etaže projektovati kao armiranobetonski prostorni skelet sa ramovima u dva pravca. Međuspratna konstrukcija je zadata kao fert tavanica, a za vertikalnu komunikaciju projektovati dvokrako armiranobetonsko stepenište. Objekat se fundira na temeljnoj ploči debljine 40 cm. Proizvodna hala je u konstruktivnom smislu objekat od montažnih armiranobetonskih elemenata.

U većem delu prizemlja smešten je proizvodni deo hale, dok su u manjem smeštene prostorije za prateće sadržaje.

NAPOMENA:

Ovaj rad je proistekao iz diplomskog - master rada čiji je mentor bio dr Zoran Brujić, docent.

Iznad manjeg dela, na spratu, nalazi se garderoba sa sanitarnim čvorom i laboratorija.

Uz projektni zadatak se prilaže i geomehanički elaborat. Objekti se nalaze u Jazku, koji je u VIII seizmičkoj zoni.

2.2. Konstruktivni sistem

Upravna zgrada je armiranobetonski objekat sa dve etaže. Krovna konstrukcija se sastoji od sedam čeličnih rešetki postavljenih u sistemske ose, statičkog sistema kontinualne grede na četiri oslonca. Rešetke imaju poligonalan gornji pojas, koji prati lučni oblik krova. Međuspratna konstrukcija se sastoji od fert tavanica debljine 16+4 = 20 cm i dve polukružne armiranobetonske ploče debljine 15 cm i nalazi se na koti +3,45 m i na koti +6,71 m.

Armiranobetonska skeletna konstrukcija se sastoji od poprečnih i podužnih ramova. Unutrašnji ramovi u poprečnom pravcu i kalkanski ramovi su trobrodni ramovi sa osnim rasponima 4,2 m/1,8 m/4,2 m, a sastoje se od greda na koti +6,71 m dimenzija b/d = 25/35 cm (ove grede imaju konzolne prepuste dužine 90 cm za montiranje montažnih greda tipa Brisolej raspona 3,60 m i poprečnog preseka b/d = 10/60 cm), greda na koti +3,45 m dimenzija b/d = 25/35 cm i stubova dimenzija b/d = 25/30 cm (svi spoljašnji stubovi) i dimenzija b/d = 30/35 cm (svi unutrašnji stubovi) koji se izvode do kote +7,00 m. Poprečni ramovi povezani su gredama dimenzija b/d = 30/30 cm, formirajući podužne ramove na osnim razmacima od 3,60 m.

Vertikalna komunikacija je izvedena dvokrakim armiranobetonskim stepeništem 2x10x16,8/29,0 cm.

Temeljna ploča je debljine 40 cm. U sklopu ove ploče izvode se poluskrivene grede dimenzija b/d = 30/140 cm, koje se nalaze ispod obodnih stubova, a ploča je prepuštena preko njih za 50 cm i ima dimenzije 22,85·11,50 m. Ona je modelirana u sklopu prostornog modela armiranobetonskog skeleta i proračunata kao ploča na elastičnoj podlozi sa koeficijentom posteljice u iznosu od 16000 kN/m³.

Betoniranje svih elemenata skeletne konstrukcije, kao i temeljne ploče zgrade se vrši betonom MB 35 (ostali elementi betonom MB 30, a za uzengije je korišćena RA 400/500), a armiranje rebrastom armaturom RA 400/500 je projektovano saglasno Pravilnicima [1] i [2].

Proizvodna hala je armiranobetonski objekat montažnog tipa sa monolitno izvedenim vezama stubova i greda zbog čega su u stubovima ostavljeni ankeri za vezu sa gredama. Krovna konstrukcija je projektovana od armiranobetonskih dvopojasnih nosača raspna 20,0 m na koje se postavljaju rožnjače raspona 6,0 m.

Stubova ima deset pozicija dimenzija $b/d = 25/25, 35/45, 40/25, 40/50$ i $45/45$ cm, različitih visina koje se kreću od 3,80 m do 8,96 m.

Grede su razvrstane po spratovima i veoma su različitog poprečnog preseka, tako da ima dvadesetpet pozicija greda, tri pozicije rožnjača, jedna kolenasta greda nadstrešnice i jedna kolenasta greda kalkana, a sve su date detaljno tehničkom dokumentacijom. Rožnjače, temeljne grede i olučna greda su vezane zgloбно, dok su sve ostale veze izvedene monolitno.

Krovnna konstrukcija, stubovi i poprečne grede su povezane u dva kalkanska rama i osam poprečnih središnjih ramova postavljenih na razmacima od 6,0 m, koji su povezani podužnim gredama.

Međuspratna konstrukcija se sastoji iz montažnih omnia ploča debljine 8 cm proizvedenih u pogonu, koje se kruto vezuju za grede, što se postiže naknadnim betoniranjem dodatnih 12 cm na licu mesta do ukupne debljine od 20 cm uz pomoć ankera ostavljenih da vire iz greda.

Opterećenje se na tlo prenosi preko temelja samaca, a veza sa stubovima je predviđena preko temeljne čašice.

Zidovi za ukrućenje su debljine 15 cm, uklješteni u temeljne trake, a projektovani su tako da zadovolje uslove propisane Pravilnikom [2].

Betoniranje svih elemenata glavnog konstruktivnog sistema hale se vrši betonom MB 35, a armiranje sa RA 400/500 i izvršeno je prema Pravilnicima [1] i [2].

2.3 Analiza opterećenja

Za oba objekta su analizirani sledeći slučajevi opterećenja:

Stalno opterećenje čini sopstvena težina konstrukcije (stubovi, zidna platna, grede, tavanice) i težine nenosivih elemenata (zidovi ispun, podovi, krovne obloge, ...) JUS U.C7.123/1988. – Osnove projektovanja građevinskih konstrukcija [2].

Korisno opterećenje je definisano propisima JUS U.C7.121/1988. – Osnove projektovanja građevinskih konstrukcija. Korisno opterećenje poslovnog objekta iznosi $2,0 \text{ KN/m}^2$, a hodnika i stepenišog prostora $3,0 \text{ KN/m}^2$ [2].

Opterećenje snegom je prema propisima (Privremeni tehnički propisi za opterećenje zgrada – opterećenje snegom Sl. list SFRJ 61/48) [3] za ravan krov $0,75 \text{ KN/m}^2$ osnove krova. U proračunu je uzeta veća vrednost $1,00 \text{ KN/m}^2$.

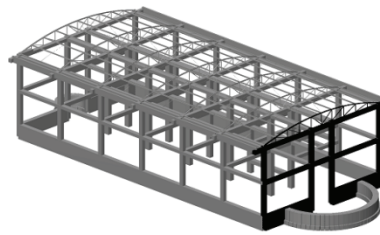
Opterećenje vetrom je računato prema važećim standardima JUS U.C7.110 – 112 [2]. Analiza je vršena na dejstvo vetra upravno na podužnu stranu objekta i upravno na poprečnu stranu objekta u oba smera.

Seizmičko opterećenje je određeno metodom ekvivalentnog statičkog opterećenja prema Pravilniku o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima SL. 31/1981 [2].

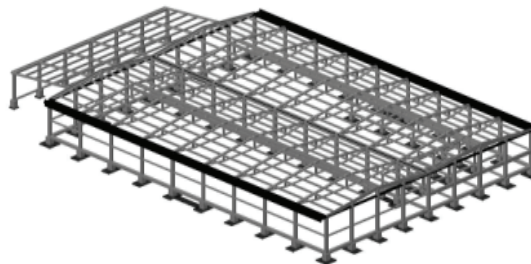
2.4. Proračun konstrukcije

Konstrukcije oba objekta su modelirane u programskom paketu Tower 6.0 (slika 1 i slika 2), trodimenzionalnom analizom uz pomoć računara.

Modeliranje je izvršeno pomoću površinskih i linijskih elemenata, čije se opterećenje preko temeljne ploče u zgradi, odnosno više temeljnih ploča u hali prenosi na tlo.



Slika 1. Izometrijski prikaz proračunskog modela zgrade



Slika 2. Izometrijski prikaz proračunskog modela hale

Tlo je aproksimirano idealno elastičnim – homogenim materijalom (pomoću elastičnih površinskih oslonaca) krutosti jednake koeficijentu posteljice.

Sopstvena težina konstrukcije generisana je softverski, dok su ostala opterećenja aplicirana kao linijski i površinski raspodeljena, saglasno analizi opterećenja, posebno za svaki slučaj opterećenja.

Modalna analiza je urađena primenom odgovarajuće opcije korišćenog softvera (površinski elementi su podeljeni na konačne elemente veličine $25 \times 25 \text{ cm}$), a seizmičke sile su dobijene metodom ekvivalentnog statičkog opterećenja po teoriji I reda sa periodima oscilovanja dobijenim modalnom analizom, takođe sve softverski.

Uticaji u stubovima od seizmičkih sila kod hale su sračunati i metodom ekvivalentnog statičkog opterećenja po teoriji II reda, tako što su seizmičke sile dobijene po teoriji I reda nanete na novi model kao statičko opterećenje, te je statički proračun po teoriji II urađen softverski.

2.5. Dimenzionisanje i armiranje

Elementi konstrukcije dimenzionisani su prema rezultujućim veličinama presečnih sila u određenim presecima i važećim propisima.

Dimenzionisanje linijskih i površinskih elemenata u oba objekta je izvršeno pomoću programskog paketa Tower 6.0, prema domaćem standardu PBAB '87.

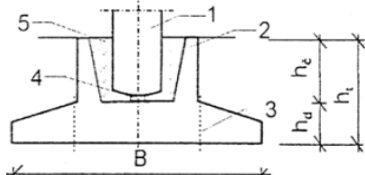
Kod hale je u stubovima izvršena uporedna analiza po teoriji II reda (stubovi su dimenzionisani prema dominantnim uticajima dobijenim iz dva uporedna modela), ploče su proverene za momenat nalivanja sveže betonske mase, a svi montažni elementi su provereni na odvajanje od oplata prilikom odizanja.

Na osnovu potrebne armature dobijene dimenzionisanjem, usvojena je armatura i napravljeni su planovi armiranja, u skladu sa pravilima armiranja, a sve uz pomoć Tower-a i ArmCad-a.

3. VEZE PREKO TEMELJNE ČAŠICE

3.1. Temelji montažnih armirano betonskih stubova

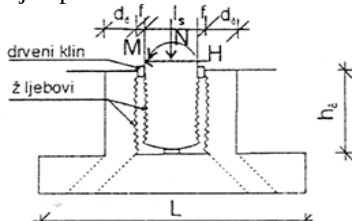
Razvijanjem montažne gradnje, pojavili su se zahtevi za građenje temelja koji omogućavaju montažu prefabrikovanih stubova. Potrebno je gornji deo temelja izvesti oblika i dimenzija koji treba da omoguće što jednostavniju montažu gotovih stubova. U temeljima tada predviđamo „gnezda“ ili „čashiće“ (slika 3).



Slika 3. Temelj montažnog armirano betonskog stuba

Osnovne dimenzije čašice su dubina čašice (h_c), debljina zida čašice (d_c) i dubina zalaska stuba u čašicu (h_{st}).

Za postizanje što bolje veze između stuba i temelja potrebno je da odgovarajuće površine stuba i unutrašnjih zidova čašice budu ohrapvljene kanelavrima (slika 4). Kada su zidovi u čašičnom spoju glatki, a ispunjena običnim zalivanjem sitnozrnim betonom, ne može se obezbediti monolitna saradnja i potpuno sprezanje stuba i temelja. Ovakva veza se naziva nemonolitnom, kod koje je za ostvarenje potrebnog stepena uklještenja i prenošenja sila sa stuba na temelj potrebna veća dubina čašice i veća debljina temeljne ploče.



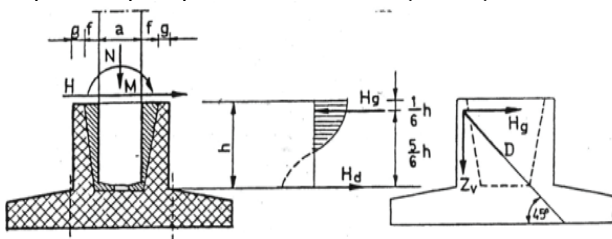
Slika 4. Monolitna veze između stuba i čašice

4. METODE PRORAČUNA

U našoj literaturi su najčešće pominjane dve metode, a ono što je zajedničko obema je da se u proračun uzimaju samo zidovi čašice, dok se ispunjena čašice, temeljna ploča, tlo ispod i oko temelja u potpunosti zanemaruju.

4.1. Uklještenja stuba u temelj ostvoreno spregom sila upravnih na osu stuba

Ukoliko je između stuba i čašice obezbeđena monolitna veza može se usvojiti pretpostavka o parabolnoj raspodeli otpora po visini zida čašice (slika 5).



Slika 5. Parabolna raspodela otpora po visini čašice

$$M + H \cdot h - \frac{5}{6} \cdot h \cdot H_g = 0 \cdot H_g \Rightarrow H_g = \frac{6M}{5h} + \frac{6}{5} H \quad (1)$$

$$H_d = \frac{6M}{5h} + \frac{H}{5} \quad (2)$$

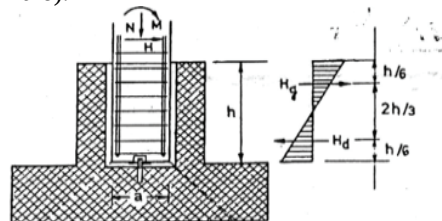
Potrebna površina armature za prijem zatežujuće sile jednaka je:

$$F_{av} = \frac{H_d}{\sigma_a} \quad (3)$$

Za prenošenje sila H_g sa bočnih na podužne zidove čašice potrebnu površinu armature možemo odrediti iz sledećeg odnosa:

$$F_{ag} = \frac{H_g}{\sigma_a} \quad (4)$$

Za raspodelu otpora po visini zida čašice, u slučaju kada između stuba i čašice nije obezbeđena monolitna veza, usvaja se pravolinijska raspodela otpora po visini zida čašice (slika 6).



Slika 6. Osnovne dimenzije čašice

Uslov da je suma momenata svih spoljašnjih sila koje deluju na čašicu u odnosu na njenu donju ivicu, jednaka nuli možemo napisati u sledećem obliku:

$$H_g = \frac{3M}{2h} + \frac{5}{4} H = Z_v \quad (5)$$

Iz uslova da je suma svih horizontalnih projekcija svih sila jednaka nuli nalazimo

$$H_d = \frac{3M}{2h} + \frac{H}{4} \quad (6)$$

Sila H_g se i u ovom slučaju prihvata armaturom i prenosi na podužne zidove čašice temelja. Potrebna površina armature za prijem sila H_g i H_d jednaka je:

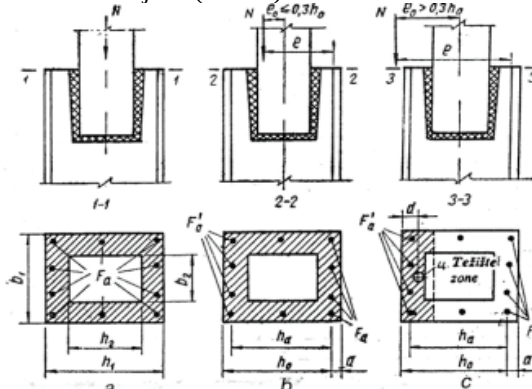
$$F_{ag} = \frac{H_g}{\sigma_a} = F_{av} \quad (7)$$

$$F_{ad} = \frac{H_d}{\sigma_a} \quad (8)$$

Armatura za prijem sile H_g se raspoređuje tako da joj težište bude na odstojanju $h/6$ od gornje ivice čašice temelja.

4.2. Uklještenje stuba u temelj ostvoreno spregom sila paralelnih osi stuba

Površina preseka podužne armature zidića čašice nalazi se za sledeće slučajeve (slika 7):



Slika 7. Šema uz proračun podužne armature zidića čaše

Kada sila N deluje centrično ($e_0=0$), prema obrascu:

$$F_c \geq \frac{N - R_{pr} F}{R_{aggric}} \quad (9)$$

gde je: $F = b_1 h_1 - b_2 h_2$; (10)

Kada je $e_0 < 0,3h_0$ ($S_0 \geq 0,8S_0$) prema obrascu:

$$F_c = F_c \square = \frac{N(e - R_{pr} S_0)}{R_{aggric} \cdot h_a} \quad (11)$$

gde su: $e = e_0 + 0,5h_a$; (12)

$$S_0 = 0,5(b_1 h_0^2 - b_2 h_2 h_a); \quad (13)$$

Kada je $e_0 \geq 0,3h_0$ ($S_0 < 0,8S_0$) prema obrascu:

$$F_c = F_c = \frac{N(e - h_a + d)}{R_{aggric} \cdot h_a}, \quad (14)$$

gde je d – odstojanje od pritisnute ivice preseka do težišta površine pritisnute zone koju nalazimo po obrascu:

$$F_b = \frac{N}{R_{aggric}}. \quad (15)$$

Površina preseka poprečne armature zidića „časiće“ nalazi se prema obrascu:

$$F_u = \frac{N + Q R_{aggric} - N \cdot y}{R \sum x_x} \quad (16)$$

gde je F_u – površina preseka svih poprečnih šipki jedne armature mreže, koje leže paralelno sa ravni savijanja;

$$F_u = 4f_u \quad (17)$$

f_u – površina preseka jedne poprečne šipke, paralelne sa ravni savijanja,

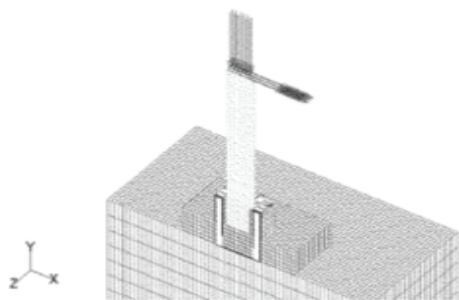
y – rastojanje od ose stuba do uslovne ose obrtanja stuba, a uzima se sa sledećim vrednostima:

$$y = 0,7e_0 \quad - \quad \text{kada je} \quad \frac{h_a}{e} < e_0 < \frac{h_a}{2}, \quad (18)$$

$$y = 0,5h_a \quad - \quad \text{kada je} \quad e_0 > \frac{h_a}{2} \quad (19)$$

x_x – rastojanje od čela stuba do poprečne mreže, postavljene u granicama zidića čaše.

4.3. Savremene metode proračuna temeljne čašice (primena metode konačnih elemenata)



Slika 8. Karakterističan model proračuna

Proračun statičkih uticaja u cilju utvrđivanja dimenzija elemenata od armiranog betona usled datih opterećenja vrši se na idealizovanoj strukturi-modelu (slika 8), koji bi trebao da što realnije predstavlja stvarni sistem, njegovu geometriju, način oslanjanja, opterećenje i mehaničke karakteristike materijala. Broj modela za jedan problem je beskonačan, a osnovni zadatak bi bio izabrati model koji će reprezentovati poseban problem što je moguće tačnije, a koji će biti jednostavan za praktičnu upotrebu.

Jedan od problema modeliranja temelja stubova pomoću metode konačnih elemenata, pored izbora oblika, veličine i broja konačnih elemenata, jeste da realno predstavljaju veze između pojedinih segmenata. Ponašanje veze može se lako predstaviti pomoću jednodimenzionalnog veznog

elementa, ali trenje koje postoji u vezi između stubova i fundamenta je veoma teško aproksimirati.

Ponašanje kontakta između stuba i ploče, odnosno čašice temelja je u stvari mreža konačnih kvadratnih i pravougaonih elemenata-ljuski, koji prenose aksijalnu silu pritiska, uz zanemarenje trenja na ovim spojevima. Nakon odabira odgovarajućeg modela možemo analizirati konvergencije rešenja variranjem broja konačnih elemenata i uporediti ih sa klasičnim proračunom.

U zonama gde očekujemo veću koncentraciju napona mreža bi trebala da bude gušća, međutim, veliki broj konačnih elemenata ne garantuje konvergenciju i stabilnost rezultata u matematičkom smislu.

5. ZAKLJUČAK

Analiza rezultata iz primera koji je paralelno urađen klasičnim i savremenim metodama proračuna pokazuje da klasične metode nedovoljno dobro modeliraju čašični spoj stuba i temelja. Šta više, one uopšte ne tretiraju elemente spoja kao što su deo stuba koji je u čašici i ispunu čašice, a upravo u njima su skoncentrisane najveće vrednosti napona pritiska i zatezanja. Uočena prekoračenja čvrstoće betona pri zatezanju savijanjem i istovremeno male vrednosti napona zatezanja u armaturi ukazuju na činjenicu da je vrlo važno da armatura čašice treba da bude pravilno oblikovana i raspoređena da bi pružila garanciju sigurne i kvalitetne veze.

6. LITERATURA

- [1] Grupa autora: Beton i armirani beton prema BAB 87, Univerzitetska štampa, Beograd, 2000.
- [2] Zbirka Jugoslovenskih pravilnika i standarda za građevinske konstrukcije: Jugoslovenski standard sa obaveznom primenom od 1988 - stalna opterećenja građevinskih konstrukcija (JUS U.C7.123), Jugoslovenski standard sa obaveznom primenom od 1988 – korisna opterećenja stambenih i javnih zgrada (JUS U.C7.121), Jugoslovenski standard sa obaveznom primenom od 1992 – opterećenje vetrom (JUS U.C7.110, 111 i 112), Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima SL. 31/1981
- [3] Privremeni tehnički propisi za opterećenje zgrada – opterećenje snegom SL. list SFRJ 61/48)
- [4] V. Prolović, N. Spasojević, Z. Bonić: Temelji monražnih armirano betonskih stubova sa aspekta njihovog pravilnog konstruisanja i proračuna, INDIS 2003, Novi Sad, 2003.
- [5] S. Stevanović: Fundiranje, "Izgradnja", Beograd, 2006.
- [6] I. I. Ulicki, S. A. Rivkin i drugi: Armiranobetonske konstrukcije, Građevinska knjiga, Beograd, 1977.

Kratka biografija:



Nenad Dimitrijević rođen je u Novom Sadu 1979, studirao na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu na departmanu za građevinarstvo, usmerenje konstrukcije. Diplomski master rad iz predmeta betonske konstrukcije odbranio 2010. godine.

ORGANIZACIJA IZGRADNJE AUTOPUTA E-75 OD 108 DO 115 KM NA BAZI OPTIMALNOG TRANSPORTA DROBLJENOG KAMENA I ASFALJNIH MEŠAVINA**ORGANIZATION OF THE E-75 HIGHWAY CONSTRUCTION FROM 108 TO 115 KM BASED ON OPTIMAL TRANSPORT OF CRUSHED STONE AND ASPHALT MIXTURE**

Jovan Rnić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – Rad se bazira na planiranju izgradnje dela autoputa E-75 u skladu sa primenjenom tehnologijom i izvršenom optimizacijom transporta drobljenog kamena i asfaltnih mešavina. Rad sadrži dinamičke planove transporta za analizirane varijante, procenu i identifikaciju rizika izvršenja aktivnosti koje uključuju transport drobljenog kamena i asfaltnih mešavina.

Abstract – This paper is based on a study of new technologies, optimal transport of crashed stone and asphalt mixture which could be applied in planning and constructing a part of the E-75 highway. The study comprises of dynamic transport plans for necessary activities involved in crashed stones and asphalt mixture transport.

Ključne reči: Građevinarstvo, optimizacija, tehnologija građenja, planiranje, transport, autoput, E-75, upravljanje rizikom

1. UVOD

Putna mreža Republike Srbije predstavlja jedan od najbitnijih elemenata infrastrukture našeg društva i njegovo najveće bogatstvo. Autoputevi predstavljaju glavne arterije putne privrede i posebnu klasu puteva koja značajno utiče na pokretanje i razvoj čitave zemlje. Izgradnje novih i održavanje postojećih puteva, a posebno autoputeva, je od posebnog značaja za nadolazeće domaće i strane investicije.

Predmet ovog rada je organizacija i dinamika izvršenja radova na izgradnji autoputa E75, od 108+000,00 km do 115+280,00 km. obilaznica oko Novog Sada na bazi optimalnog transporta drobljenog kamena i asfaltnih mešavina.

Analiza je obuhvatila više različitih lokacija snabdevanja građevinskim materijalom, i raznovrsnu građevinsku mehanizaciju uključenu u proces transporta.

Transport građevinskog materijala, u ovom slučaju drobljenog kamene i asfaltnih mešavina, spada u ključne aktivnosti pri izgradnji kolovoznih konstrukcija. Stoga treba biti obazriv prilikom planiranja, jer greške pri planiranju mogu skupo da nas koštaju prilikom izvođenja i upotrebe.

Osnovno načelo kojim se vodimo pri optimizaciji je da transport mora biti usklađen sa kapacitetima pozajmišta i mehanizacije, da prati usvojenu tehnologiju i dinamiku projekta.

NAPOMENA:

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

2. OPŠTI PODACI O PROJEKTU**Opšti podaci o autoputu E-75**

Početak autoputa E-75 je na krajnjem severu Evrope kod mesta Nordkap na severu Norveške, preko Srbije i Crne Gore od Horgoša do granice sa Makedonijom, pa do mesta Sitija na jugu Grčke. Trasa autoputa E-75 kao deo značajnih međunarodnih transvezalnih putnih pravaca, sa makrogeografskog stanovišta, doprinosi boljoj povezanosti naše zemlje sa zemljama severozapadne i jugoistočne Evrope.

Opšti podaci o projektu

Predmetna deonica podeljena je u sedam etapa:

- 1) od 108+000.00 km do 109+100.00 km, L=1100 m
- 2) od 109+100.00 km do 109+600.00 km, L=500 m
- 3) od 109+600.00 km do 111+100.00 km, L=1500 m
- 4) od 111+100.00 km do 111+900.00 km, L=800 m
- 5) od 111+900.00 km do 112+500.00 km, L=600 m
- 6) od 112+500.00 km do 114+440.00 km, L=1940 m
- 7) od 114+440.00 km do 115+280.00 km, L=840 m

Uslovi građenja

Planirano je da se snabdevanje drobljenim kamenom vrši sa tri pozajmišta: kamenolom „Atlas Rakovac“, Rakovac; deponija „Karin-komerc“, Futog; deponija „Inter-kop“, Beška; Snabdevanje gradilišta asfaltnim mešavinama BNS22sA, SMA i AB11s obavlja se iz asfaltnih baza: JKP „Put“ u Rumenci i „Bačkaput“ u Ledincima.

3. KOLOVOZNA KONSTRUKCIJA

Na novim saobraćajnim trakama izvedena je fleksibilna kolovozna konstrukcija na posebno urađenim završnim slojevima zemljanog trupa.

Kolovozna konstrukcija vozne trake:

- habajući sloj AB 16 sA d=6 cm
- bitumenizirani noseći sloj BNS 22 sA d=16 cm
- drobljeni agregat 0 / 31.5 d=20 cm
- posteljica: drobljeni kamen 0 / 63 d=30 cm

Kolovozna konstrukcija zaustavne trake:

- habajući sloj AB 16 sA d=6 cm
- drobljeni agregat 0 / 31.5 d=34 cm
- pesak d=2x30 cm

4. TEHNOLOGIJA IZGRADNJE

Radovi koji uključuju transport drobljenog kamena: **Izrada sloja od drobljenog kamenog agregata 0/63, d=30cm i Izrada sloja od drobljenog kamenog agregata 0/31.5, d=20cm;** Ove aktivnosti obuhvataju nabavku materijala odgovarajućeg kvaliteta, dovoz, planiranje i zbijanje prema kotama i nagibima datim glavnim projektom. Radovi na izgradnji ovih slojeva mogu početi tek kada je primljen po kotama niži sloj.

Radovi se ne smeju izvoditi preko zamrznutog nižeg sloja. Samo materijal koji se prethodno ispita i zadovolji kriterijume kvaliteta se može primeniti za izradu nosećeg sloja. Kontrola materijala donetog i razastrtog na trasi sprovodi se minimalno jednom na 1000m². Kontrola ravnosti se vrši na bilo kojem mestu po izboru nadzornog organa, a najmanje sa učestalošću opitnih mesta na svakom projektnom poprečnom profilu. Pri merenju letvom dužine 4 m u bilo kom pravcu, maksimalno odstupanje ispod letve može biti 3 cm. Izabrana tehnologija potrebna za obavljanje aktivnosti: utovarivač, kamion kiper zapremine koša 22m³, dozer, valjak, vibro jež i cisterna za vodu.



Slika 1. Kamion-kiper

Radovi koji uključuju transport asfaltnih mešavina:

Izrada izravnujućeg sloja od bitumeniziranog drobljenog agregata BNS22sA, d_{min}=5cm; Izrada gornjeg nosećeg sloja BNS22sA, d=16 cm; Pozicija obuhvata nabavku materijala, spravljanje, razastiranje, ugradnju i zbijanje asfaltne mešavine po vrućem postupku od mineralnog materijala i bitumena u dva sloja projektovanih debljina. Proizvodnja asfaltne mešavine se vrši mašinskim putem u postrojenju za proizvodnju asfaltne mešavine. Neposredno nakon proizvodnje, asfaltna masa se direktno otprema na mesto ugrađivanja. Pre polaganja BNS-a podloga mora biti čista i ne sme biti smrznuta. Ugrađivanje asfaltne mešavine vrši se samo u povoljnim vremenskim uslovima, temperatura podloge i vazduha mora biti viša od +5°C. Temperatura asfaltne mešavine na mestu ugrađivanja ne sme biti niža od 140°C i viša od 175°C. Razastiranje asfaltne mešavine se vrši mašinskim putem i neposredno nakon toga se mora obezbediti odgovarajući režim valjanja kako bi se osiguralo traženo zbijanje asfaltnog sloja. Izabrana tehnologija potrebna za obavljanje aktivnosti: cisterna za vodu, kamion sa ugrađenim prskalicama za prskanje podloge emulzijom, kompresor, kamion-kiper zapremine koša 12m³, finiše i valjaci.



Slika 2. Ugradnja asfaltne mešavine

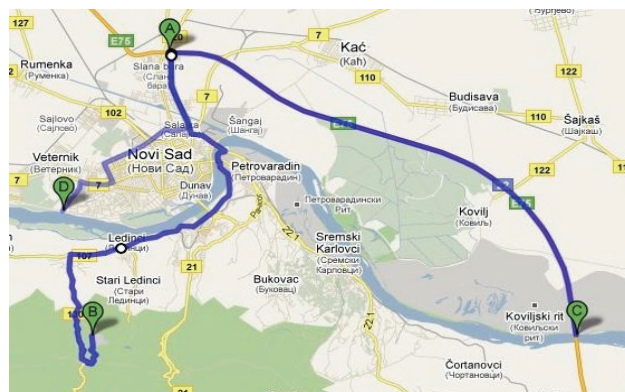
Izrada habajućeg sloja SMA 0/11, d=4cm; Ova aktivnost obuhvata nabavku, spravljanje, ugrađivanje i zbijanje habajućeg sloja od skeletnog mastiks-asfalta SMA 0/11S (THS-11) u debljini sloja od min 4 cm. Sredstva za transport asfaltne mešavine moraju imati uređaj za kipovanje. Svaki kamion mora imati cirađu da bi se asfaltna mešavina zaštitila od hlađenja, atmosferilija,

prašine i vetra, tj. da bi se održala njena temperatura do ugrađivanja i sprečilo vlaženje asfaltne mešavine. Temperatura asfaltne mešavine na ugrađivanju ne sme biti niža od 165 °C niti viša od 180 °C. Izvođač mora da obezbedi dovoljan broj kamiona za transport s obzirom na kapacitet asfaltnog postrojenja, transportne daljine i veličine gradilišta, da ne bi došlo do prekida rada finišera. Finišer ne sme stati! Izabrana tehnologija potrebna za obavljanje aktivnosti: cisterna za vodu, kamion sa ugrađenim prskalicama za prskanje podloge emulzijom, kompresor, kamion-kiper zapremine koša 12m³, finiše i valjaci.

Izrada habajućeg sloja AB 11s, d=6cm; Ova aktivnost obuhvata nabavku materijala, spravljanje, razastiranje, ugradnju i zbijanje asfaltne mešavine po vrućem postupku od mineralnog materijala bitumenom BIT 60 ili polimer-modifikovanim bitumenom (PmB 60) ili u jednom sloju projektovane debljine od d=6 cm odnosno prema kotama i dimenzijama datim u građevinskom projektu. Neposredno nakon proizvodnje, asfaltna masa se direktno otprema na mesto ugrađivanja. Razastiranje asfaltne mešavine se vrši mašinskim putem i neposredno nakon toga se mora obezbediti odgovarajući režim valjanja kako bi se osiguralo traženo zbijanje asfaltnog sloja. Izabrana tehnologija potrebna za obavljanje aktivnosti: cisterna za vodu, kamion sa ugrađenim prskalicama za prskanje podloge emulzijom, kompresor, kamion-kiper zapremine koša 12m³, finiše i valjaci.

5. OPTIMIZACIJA TRANSPORTA DROBLJENOG KAMENA I ASFALNTIH MEŠAVINA

Drobljeni kamen - Snabdevanje gradilišta na predmetnoj lokaciji vrši se sa jednog pozajmišta: kamenolom „Atlas Rakovac“, Rakovac i dve deponije: „Karin Komerc“, Futog i „Inter-kop“, Beška, oni svojim kapacitetom upotpunosti zadovoljavaju potrebe za materijalom, kako bi se radovi odvijali predviđenom dinamikom.



Slika 3. Karta Novog Sada sa oznacenim lokacijama snabdevanja

U procesu snabdevanja gradilišta drobljenim kamenom sa navedenih lokacija učestvuju tri tipa građevinskih mašina koje su ključne da se ovaj proces obavlja nesmetano i sa ciljem: izvršenja radova u najkraćem periodu. Analizom karakteristika raspoložive mehanizacije za utovar, transport i razastiranje došlo se do zaključka da sledeće mašine najviše odgovaraju postavljenim zahtevima dinamike i tehnologije rada. Na svakom od navedenih lokacija predviđeno je da se utovar materijala vrši utovarivačem **CAT 950H**, za transport koristimo kamione **Volvo FMX** zapremine koša 22m³, a razastiranje grejder

Caterpillar dužine noža 425 cm. Ova mehanizacija je proistekla iz analize više obrađenih varijanti:

UTOVARIVAČ				
Proizvođač	Up= 60/Tc·(q·kv·kp·ku) [m³]	Zapremina koša kamiona [m³]	Vreme punjenja [min]	Prednost:
Volvo L50F	65.124	22	20	CAT 9505H
CAT 9505H	81.405	22	16	

Tabela 5.1 Up, vreme punjenja, povoljnija mašina

Zahvaljujući svojim karakteristikama odabran je utovarivač tipa **CAT 950H**, te se ovaj tip utovarivača raspoređuje na svakoj od tri lokacije sa kojih se vrši snabdevanje drobljenim kamenom.

Kamion - kiper					
Pozajmište	Tip	Broj ostvarenih tura u smeni	Broj različitih kamiona u smeni	Isporučena količina /dan [m³]	Max UKUPNO [m³]
Kamenolom Rakovac	Volvo FMX	24	7	528	1672
Deponija Beška		25	6	550	
Deponija Futog		27	4	594	

Tabela 5.2 Maksimalni učinak, i broj kamiona na svakom pozajmištu

Na osnovu učinka utovarivača, udaljenosti pozajmišta, uslova saobraćaja, određeni su učinci kamiona za svaku od tri lokacije, dobijeni podaci su dalje korišćeni za određivanje neophodnog broja kamiona i maksimalne isporuke drobljenog kamena na gradilište.

Kao ulazni podaci za optimizaciju koristile su se potrebne količine materijala (drobljenog kamena) i moguće isporuke istog za jednu radnu smenu, u cilju iskorišćenja radnog vremena u što većem obimu. Variranjem ukupnog mogućeg dnevnog učinka (**1144 m³/dan** i **1672 m³/dan**), dobijamo koliko je dana potrebno za izvršenje svake aktivnosti razvrstane po etapama. Na osnovu broja dana i količina koje se dnevno ugrađuju određujemo broj angažovanih kamiona na sat/dan.

etapa	Sloj od drob. kamen 0/63 d=30cm	dana	kamiona/ h	dnevno [m³]	tura manje na kraju smene
I	5,127.70	5	7	1144	5
II	5,127.70	5	7	1144	5
III	16,080.66	10	10	1672	2
IV	8,424.72	8	7	1144	4
V	5,670.50	5	7	1144	0
VI	14,623.49	13	7	1144	0
VII	7,602.66	5	10	1672	6

Tabela 5.3 Spisak aktivnosti, količine, proračun vremena i mehanizacije

Asfalt - Analizom situacije na terenu utvrđeno je da na području Novog Sada imamo dve asfaltne baze koje svojom tehnologijom i referencama mogu garantovati kvalitet isporučenih asfaltnih mešavina. To su asfaltna baza JKP „Put“ u Rumenci i asfaltna baza „Bačkaput“ u Ledincima. Na predmetnoj trasi izvode se četiri aktivnosti

koje se odnose na ugradnju asfaltnih mešavina, svaka od njih zahteva različitu asfatnu meševinu i karakterišu ih različite debljine slojeva. Vodeći se ovim i problemu optimizacije transporta se prišlo posmatrajući svaku od aktivnosti zasebno.

ASFALTNE BAZE	TIP	Udaljenost [km]	Ut [t/h]
JKP PUT Rumenska	Marini	16.6	120
BAČKAPUT Ledinci	Wibau	16.3	200

Tabela 5.4 Opšti podaci alsfaltne baze

Za izvršenje svake od navedenih aktivnosti potrebno je angažovanje različite mehanizacije, koja je ključna u pogledu kvaliteta i dinamike izvođenja radova na predmetnoj trasi. Rešavanje problema optimizacije transporta zahtevao je analizu situacije na terenu i definisanje potrebne mehanizacije u cilju ispunjenja uslova na koje se izvođač obavezao. Pre svega tu se misli na obavezu (uslov):

Izvođač mora da obezbedi dovoljan broj kamiona za transport s obzirom na kapacitet asfaltnog postrojenja, transportne daljine i veličine gradilišta, da ne bi došlo do prekida rada finišera. Finišer ne sme stati!

U procesu transporta asfaltne mešavine, sa navedenih asfaltnih baza do mesta ugradnje, varirana su dva tipa kamiona kiperu različitih karakteristika u cilju dobijanja podataka potrebnih za odabir optimalnog broja i vrste kamiona. Takođe, na osnovu karakteristika raspoložive mehanizacije određena je brzina rada finišera i vreme trajanja svake od aktivnosti. U zavisnosti od potrebnih količina po aktivnostima: odrađuje se angažovanje jedne ili obe asfaltne baze, transport se poverava kamionima proizvođača **Mercedes** model **Actros** zapremina koša **12m³**, dok se za ugradnju koristi finišer proizvođača **Vögele** model **SUPER1900-2** maksimalne širine rada **11m**.

Referentna mašina je asfaltna baza, jer diktira dinamiku izvođenja svake od aktivnosti, odnosno, maksimalne isporuke obe asfaltne baze određuju i praktičan učinak finišera i definišu potreban broj kamiona i njihove karakteristike. Ukoliko se transport vrši kamionima zapremine 12m³ moguće je ostvariti veće isporuke asfaltne mešavine u jednoj smeni, a maksimalna isporuka iz obe asfaltne baze iznosi 900 m³ asfaltne mešavine, što zahteva angažovanje dvanest različitih kamiona.

etapa	izrada nosećeg sloja BNS22sA d=16cm	dana	kamiona /h	dnevno [m³]	tura manje u smene
I	2,464.86	3	10	900	6
II	2,224.38	4	6	564	0
III	5,486.39	7	10	900	9
IV	3,525.32	4	10	900	1
V	2,851.46	6	6	564	7
VI	5,662.77	7	10	900	7
VII	2,971.71	6	6	564	5

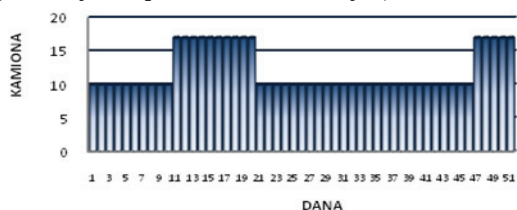
Tabela 5.4 Spisak aktivnosti, količine, proračun vremena i mehanizacije

Isporučka asfaltne mešavine BNS 22sA vrši se iz asfaltnih baza JKP Puta u Rumenci i Bačkaputa u Ledincima, transport zahteva upošljavanje maksimalno **dvanaest (12)** kamiona a minimalno **sedam (7)** kamiona zavisno od toga da li se isporuka vrši iz obe asfaltne baze (900m³/dan) ili samo iz asfaltne baze Bačkaputa u Ledincima

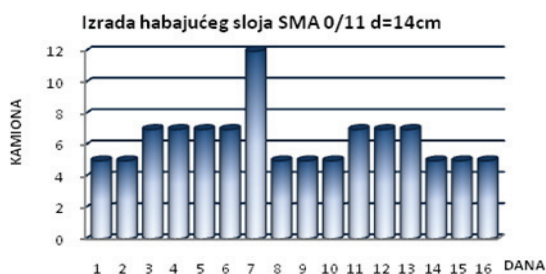
(564m³/dan). Vreme potrebno za izvršenje aktivnosti je **tridesetsedam (37) radnih dana**.

6. DINAMIKA

U radu gantogrami su urađeni pomoću programa MS Project. Gantogrami prikazuju vreme početka radne smene (7:00 h) i završetka (15:00 h). Ova tehnika je pregledna, ali ne daje tehnološke i organizacione veze među aktivnostima, već samo vreme trajanja transporta, njegov početak i kraj. Na ovaj način možemo sagledati koliko nam je potrebno kamiona za obavljanje transporta građevinskog materijala sa svake od ponuđenih lokacija, te broj ostvarenih tura u toku jedne radne smene (8:00 h). Izabrani izlaz iz programa predstavljen je dijagramima urađenim u programu MS Office, Excel, na kojima je prikazano vreme trajanja transporta svake od aktivnosti i angažovanje neophodne mehanizacije (kamioni – kiperi).



Slika 4. Izrada sloja od drobljenog kamena 0/63; angažovanje kamiona po danima. vreme trajanja 52 dana.



Slika 5. Angažovanje kamiona po danima; vreme trajanja aktivnosti :16 dana; potreban broj kamiona max 12-min 5

7. PROCENA RIZIKA

Kod aktivnosti koje uključuju transport drobljenog kamena i asfaltnih mešavina nekoliko je faktora koji učestvuju na veličinu rizika: mehanizacija, ljudski faktor, uslovi saobraćaja, kašnjenje predhodnih aktivnosti. Kao ključni faktor je izdvojena mehanizacija, jer su aktivnosti u potpunosti zavisne od nje. Bez mehanizacije nema progressa u radu. Kako bi bolje uočili rizike vezano za mehanizaciju izvršena je podela u odnosu na grupe aktivnosti vezane za transport drobljenog kamena i transport asfaltnih mešavina. Kod transporta drobljenog kamena izdvojene su mašine koje su ključne za izvršenje ove aktivnosti to su: utovarivači, kamioni–kiperi i grejder. Kod transporta asfaltnih mešavina ključne mašine su: asfaltne baze, kamioni–kiperi i finiše.

Transport asfaltnih mešavina				
mehanizacija	podaci iz baze ili ekspertske grupe	verovatnoća (0-1)	posledice (0-1)	faktor rizika
Kamion Mercedes Actros	max 12 kamiona. Starost mehanizacije: 1god. izvršen je tehnički pregled prestartovanja projekta i uočeni nedostaci su otklonjeni, izvođač raspolaže sa velikom zalihom rezervnih delova. Angažovani vozači su sa min 5 god. iskustva.	0.1	0.2	0.02

Tabela 7.1 Indetifikacija i ocena rizika

Mogućnost da dođe do problema, odnosno velikih posledica su male. Rizike svrstavamo u grupu **moćnih**. Najveće posledice po projekat imaju mašine koje koristimo za ugradnju transportovanog materijala, a najmanje mašine koje se koriste za sam transport. Odgovarajućim tehničkim merama treba preduprediti moguće posledice i umanjiti rizik po projekat.

8. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Sagledavši rezultate dobijene na osnovu analiza, koje su prikazane u tabelama i grafički, zaključujemo da za optimalni transport drobljenog kamena koristimo kamione Volvo FXM zapremine koša 22m³, a za transport asfaltnih mešavina kamione tipa Mercedes Actros zapremine koša 12m³. Izbor ove mehanizacije obezbeđuje nam planiranu dinamiku i ispunjava propisani kvalitet radova. Vreme trajanja aktivnosti koje uključuju transport drobljenog kamena je 83 (osamdesetri) dana, a vreme trajanja aktivnosti koje uključuju transport asfaltnih mešavina je 58 (pedesetosam) dana. Takođe, usvojena mehanizacija nam obezbeđuje male rizike i posledice po projekat.

Kako je već rečeno, putna mreža Republike Srbije predstavlja jedan od najbitnijih elemenata infrastrukture našeg društva i njegovo najveće bogatstvo. Autoputevi predstavljaju glavne arterije putne privrede i posebnu klasu puteva koja značajno utiče na pokretanje i razvoj čitave zemlje. Izgradnje novih i održavanje postojećih puteva, a posebno autoputeva, je od posebnog značaja za nadolazeće domaće i strane investicije. Kako velike investicije tek predstoje u ovom sektoru, bitno je detaljno sagledati sve aspekte investiranja, planiranja i izgradnje putne infrastrukture.

9. LITERATURA

- 1). Trivunić, M., Matijević, Z. Tehnologija i organizacija građenja - praktikum (drugo izdanje), Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2006.
- 2). Trivunić, M., Matijević, Z., Upravljanje projektima - skripta I, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2004.
- Mirković, S., Građevinska mehanizacija, Građevinska knjiga a.d., Beograd, 2005.
- 3). Project Management Institute, A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide), PMI, Pennsylvania, 2003.
- 4). Glavni projekat autoputa E-75 (M22), od Feketića do Beograda (zona Novog Sada), od km 108+000,00 do km 120+000, 00 (sektor II), I faza od km 108+000,00 do km 115+280,00, Centar za puteve Vojvodine, Jovana Đorđevića br.2, Novi Sad

Kratka biografija:



Jovan Rnić rođen je u Zrenjaninu, Srbija 1981 god. Srednju građevinsku školu „Jovan Vukanović“, odsek visokogradnja – ogledno odeljenje, završio je u Novom Sadu. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka, u Novom Sadu, iz oblasti Građevinarstvo, Organizacija i tehnologija građenja (Upravljanje projektima) odbranio je 2010. godine.

HIDRAULIČKA ANALIZA KANALIZACIONE MREŽE OTPADNIH VODA JUŽNOG DELA NASELJA CRVENKA**HYDRAULIC ANALYSIS OF SEWERAGE WASTEWATER SOUTH PART OF SETTLEMENT CRVENKA**

Dragan Erceg, Duško Đurić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U okviru ovog diplomskog - master rada prikazana je kanalizaciona mreža za naselje Crvenka koji sadrži analizu za odabir najpovoljnijeg rešenja odvođenja upotrebljenih voda, hidraulički proračun i grafičke priloge (osnove i presece). Rad sadrži i opis delova i funkcionisanje primene računara ("3DNet") u proračunu otpadnih voda.

Abstract – In this diploma- work the sewer network is shown in the area Crvenka that contains an analysis to select the best solution of draining water, hydraulic calculation and graphic attachments (base and cross sections). It also contains a description of the parts and operation of computer applications ("3DNet") in the calculation of waste water.

Ključne reči: Kanalizaciona mreža naselja Crvenka (reon JUG), geografski informacioni sistemi...

1. UVOD

Kanalisanje naselja obuhvata skupljanje, odvođenje i prečišćavanje upotrebljenih voda naselja. Zadatak kanalisanja naselja je odvođenje prljavih i zagađenih voda iz naselja brzo i sistematski. Ovim planom predviđeno je odvođenje upotrebljenih voda koje obuhvataju odvođenje svih otpadnih voda iz domaćinstava, male privrede, zanatskih pogona i industrije. Zadatak ovog master rada jeste hidraulička analiza dela kanalizacione mreže naselja Crvenka, reon "Jug". Hidrauličkoj analizi je prethodila izrada digitalnog modela terena na navedenom delu naselja kao i modeliranje svih elemenata kanalizacione mreže (cevovodi i crpne stanice). Softver „3DNet“ sa kojim je kreiran model kanalizacije na predmetnom području naselja omogućio je brz, iterativan postupak projektovanja što je, oslanjajući se na realnu predstavu terena - geodetski snimak, veoma brzo dovelo do sagledavanja nižih delova područja, lokalnih depresija, i omogućilo da se postigne optimalno rešenje sistema kolektora za odvođenja otpadnih voda.

2. OPŠTI DEO

U zavisnosti od načina sakupljanja i evakuacije otpadnih voda, razlikujemo sledeće sisteme kanalisanja: opšti (zajednički), separacioni (dvojni) i mešoviti (kombinovani).

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je prof dr Duško Đurić.

1. Opšti sistem kanalisanja je takav sistem pri kome se sve tri vrste otpadnih voda (domaće, industrijske i atmosfenske) evakušu jednom kanalizacionom mrežom.
2. Mešoviti sistem kanalisanja nazivamo onaj sistem kanalisanja pri kome u jednom naselju postoje i opšti i separacioni sistem kanalisanja.
3. Separacionim sistemom kanalisanja nazivamo takav sistem kanalizacije, gde se atmosfenske i čiste industrijske upotrebljene vode odvođe jednom mrežom kanala, a domaće i industrijske upotrebljene vode odvođe se drugim sistemom mreže kanala.

3. KARAKTERISTIKE PODRUČJA NASELJA CRVENKA

Crvenka je opština, koja se nalazi na severozapadnom delu Srbije. Udaljena je od Novog Sada oko 60 km, Sombora 40 km, i Subotice – udaljene 60 km. Udaljenost Crvenka do Beograda je 140 km. Opština pripada Zapadnoblačkom okrugu [3].

Po poslednjem službenom popisu stanovništva iz 2002 godine, opština Crvenka imala je 21023 stanovnika. U opštinu spadaju naselja Sivac, Kruščić, Nova Crvenka i Crvenka. Sama Crvenka po poslednjem popisu iz 2002 godine ima 10163 stanovnika.



Slika 1. Optimalna orijentacija kuće u odnosu na strane sveta

Crvenka je naselje vojvođanskog tipa, koja je građena planski za vreme kolonizacije Nemaca. Ulice su paralelne i ukrštaju se pod pravim uglom. Širina ulica se kreće od 10 – 30 metara. Naselje se sastoji iz dva dela: većeg, severno od Velikog kanala i manjeg, južno od Velikog kanala [3].



Slika 2. Raspored ulica naselja Crvenke.

Hidrografiju Crvenke čine površinske i podzemne vode. Površinske vode predstavljaju Veliki bački kanal sa sistemom manjih kanala u hataru Crvenke. Ukupna površina područja koje obuhvata generalni plan naselja je 535,7 ha, dok sama površina reona "Jug" iznosi 146,1 ha.

4. KANALIZACIJA UPOTREBLJENIH VODA

U južnom delu naselja najviši deo se nalazi u ulici "Železnička" i ona iznosi 85,55 mm. Nagib terena ide od južnih delova naselja prema kanalu. Najniži delovi reona "Jug" su u ulicama "Nade Dimić-a" gde kota terena iznosi 84,21 mm i u ulici "Masarikovoj" gde je kota 84,38 mm. Upotrebljene otpadne vode prikupljene novoprojektovanom mrežom kolektora će se usmeravati ka jednoj, sabirnoj tački, prema ulici "Moše Pijade" (delu ulice prema mostu) gde će se potisnim cevovodom, preko postojeće pumpe stanice, prebacivati na severnu stranu i spojiti sa postojećim glavnim kolektorom u ulici "Maršala Tita".

Savremena građevinska praksa u izgradnji kanalizacije poznaje nekoliko osnovnih varijantnih rešenja i načina odvođenja otpadnih voda iz naselja. Postoje u osnovi tri varijantna rešenja kod odvođenja otpadnih voda i to: 1. Odvođenje otpadnih voda sa slobodnim tečenjem u kanalizacionim kolektorima, kao i primena crpnih stanica za savlađivanje velikih dubina ukopavanja i „liftovanja“ otpadne vode

2. Odvođenje otpadnih voda sa periodičnim tečenjem, pod pritiskom (pritisak veći od atmosferskog), sa velikim brojem crpnih stanica i dugačkim potisnim vodovima

3. Odvođenje otpadnih voda sa periodičnim tečenjem, stvaranjem vakuma (pritisak u cevovodu je manji od atmosferskog) pomoću vakum crpnih stanica [2].

Na osnovu svega prethodno rečenog se ovde određuje za izgradnju gravitacione kanalizacije sa tečenjem pri slobodnom vodenom ogledalu, sa crpnim stanicama za „liftovanje“ otpadne vode. Ograničava se dubina polaganja kanalizacione cevi na maksimalno 3,80m [1].

5. HIDRAULIČKI PRORAČUN I DIMENZIONISANJE CEVOVODA I CRPNIH STANICA

Prema "Uparedna analiza tehničkog rešenja priključenja Crvenke na regionalni sistem" izrađenog od strane FTN-a za planski period do 2035. godine predviđa se da naselje Crvenka ima 10462 stanovnika. Za reon "Jug" proračunat broj stanovnika za projektni period do 2035. godine je 2854 tj. gustina stanovnika iznosi 27 ES/ha.

Prema planskoj dokumentaciji usvaja se norma potrošnje od $q_{spec} = 130$ l/dan po stanovniku i koeficijent dnevne neravnomernosti od $k_{dn}^{max} = 1.23$. Za maksimalnu vrednost koeficijenta časovne neravnomernosti usvojilo se $k_{čas}^{max} = 1.60$. Količina otpadnih voda od industrije, zanatstva i privrede je preuzeta iz gore spomenute projektne dokumentacije.

U narednoj tabeli 1.prikazuju se usvojene količine otpadnih voda za navedene kategorije.

Tabela 1 Količine otpadnih voda

Poreklo otpadnih voda	Dnevni prosek (m^3 /dan)	Dnevni maksimum (m^3 /dan)
INDUSTRIJA	80	120
MALA PRIVREDA	35	44
RAZVOJNA REZERVA	600	770
INFILTRACIJA		1400
UKUPNO:		4000

Uobičajena veličina koja se, prema literaturi, usvaja za dotok stranih voda je 25% od Q_{sr}^{dn} od stanovništva ili u iznosu od 0.2 l/s po kilometru projektovane mreže. [2]

Primenom specifičnog organskog opterećenja po jednom ekvivalentnom broju stanovnika od 60 gBPK5/st na dan (BPK5 – biološka potrošnja kiseonika), ukupno organsko opterećenje je prikazano u sledećoj tabeli br 2:

Tabela br.2 biološka potrošnja kiseonika

broj stanovnika i ekvivalentnih stanovnika	jedinica mere	2035. godina naselje Crvenka	2035. godina reon "Jug"
stanovnici	st.	10462	2856
ostala industrija	ES	200	55
mala privreda	ES	800	218
razvojna rezerva	ES	3000	819
UKUPNO	st+ES	14500	3958
Hidrauličko opterećenje sa infiltracijom	m^3 /dan(L/s)	4000	1100 (12,7 L/s)

Količina otpadnih voda za kanalizacioni sistem reon "JUG" iznosi:

$$Q_{max}^{dn} = 12,7 \text{ l/s (sa infiltracijom)}$$

$$Q_{max}^h = 1,6 \times 12,7 = 20,3 \text{ l/s}$$

U hidrauličkom proračunu kanalizacione mreže dat je prikaz svih deonica u naselju. Svaka deonica je prikazana krajevima brojeva čvorova, dužina i maksimalna časovna potrošnja sa infiltracijom dotoka stranih voda. Zatim je izvršen proračun količina vode u l/s za svaku deonicu, i

određena merodavna količina vode za dimenzionisanje cevovoda. Određen je prečnik svake cevi i nagib svake deonice. Utvrđena je ispunjenost cevovoda otpadnom vodom, data dubina vode i brzina vode. Za svaku deonicu i cev određen je protok pri punoj ispunjenosti cevovoda i brzina vode. Takođe su date i kote terena početnih i krajnjih tačaka deonice, kote dna cevi i dubine iskopa svakog početka i kraja deonice.

Za proračun kanalizacione mreže primenjuju se takvi kriterijumi koji će omogućiti tehnički ispravno rešenje (dozvoljeno punjenje cevovoda, minimalne brzine) bez prevelikih dubina i malih padova. Osnovni kriterijum pri polaganju cevovoda tj. vođenju nivelete je ispoštovati minimalni nagib cevovoda tako da se omogući tečenje uz ostvarenje samočišćujuće brzine. Na osnovu toga, za minimalni prečnik kanalizacione mreže se usvaja Ø250 mm sa minimalnim podužnim padom od 2.8 ‰. Materijal za kanalizacionu cev koji se primenjuje u širem okruženju za ovakvu vrstu upotrebljenih voda i uslove izgradnje je uglavnom PVC. Pri izboru vrste PVC-a potrebno je voditi računa o debljini zida cevi, shodno dubini polaganja cevovoda i saobraćajnog opterećenja. Hidraulički proračun kanalizacije upotrebljenih voda izvršen je primenom programskog paketa „3Dnet“, koji sa integrisanim modulom SIPSON omogućava hidraulički proračun nestacionarnog tečenja u sistemu cevovoda.

Ovaj način proračuna pokazuje svoju punu snagu u današnjim uslovima, kada su personalni računari dostigli visok nivo potrebnih performansi za komplikovane matematičke proračune primenjene u ovoj metodi. Značajna je mogućnost menjanja ulaznih parametara, i skoro istovremeno dobijanje rezultata proračuna.

Treba napomenuti da su za ovaj način proračuna korišćene metode GIS-a (geografski informacioni sistem), koji kratko rečeno, priprema za hidraulički proračun tečenja geografske, topografske, morfološke i druge karakteristike terena sa tačno određenim položajem mreže kanala i cevovoda u prostoru. Hidrauličkom proračunu prethodila je obrada podloga odnosno priprema ulaznih podataka za simulaciju tečenja u sistemu kolektora. Ova priprema ulaznih podataka je urađena korišćenjem savremenih postupaka pri čemu se imalo u vidu da tačnost pri unošenju podataka direktno utiče na dobijene rezultate. To podrazumeva da su se na rastersku podlogu - situaciju naselja, u programskom paketu „3Dnet“ nanosili podaci potrebni za pripremu datoteke digitalne predstave terena. Digitalni model terena (DMT) kreiran je tako što su sa postojećih podloga digitalizovane izohipse i tačke poznatih visina. Nakon toga je urađena triangulacija i interpolacija kota na pravilnu mrežu dimenzija 2 m. U primenjenom softveru omogućeno je bilo da se model posmatra iz raznih perspektiva te da se uoče depresije i vododelnice. U narednim fazama planiranja mreže kanalizacije upotrebljenih voda kote čvorova, tj. kote terena na tim mestima, su se automatski preuzimale sa DMT-a. Rešenje koje je dato ovim radom postiglo je da se sabirna mreža sa celokupnog naselja direktno priključi na postojeću kanalizaciju u ulici "Maršala Tita". To

znači da svi kolektori predmetne kanalizacije gravitiraju ka jednom mestu.

Rešenje je diktirano što morfološkim prilikama predmetnog područja što položajem postojeće crpne stanice. Pod pripadajućom slivnom površinom se podrazumeva deo sliva sa koga voda otiče u jednu određenu deonicu kolektora. U smislu hidrauličkog proračuna kanalizacije upotrebljenih voda, iste pripadajuće slivne površine će svojom površinom svakoj deonici generisati tačan broj ekvivalentnih stanovnika koji gravitiraju i opterećuju određenu deonicu kolektora. Nakon što je početna varijanta trasa kanala kreirana digitalizacijom na ekranu preko rasterske podloge naselja, uz istovremeno unošenje pretpostavljenih dimenzija preseka svih 116 kolektora, softverski su testirani ovi podaci o mreži u smislu povezanosti. Ovako dobijeni profili su praktično prva iteracija mreže tj. osnovna varijanta za proračun koja je kasnije proveravana po kapacitetu odnosno dimenzionisana na osnovu rezultata proračuna oticanja upotrebljenih voda. Manningov koeficijent hrapavosti se, s obzirom na izabrani cevni materijal usvojio

$n = 0.012 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$. Na mestima gde cevovod prelazi dubinu preko 3,8 m postavljene su crpne stanice. Ukupno je predviđeno u naselju 2 (dve) crpne stanice. Od toga jedna crpna stanica služe za liftovanje otpadne vode, dok je jedna sa potisnim vodom. Proračun i dimezionisanje crpnih stanica se sastoji od:

1. Proračuna zapremine crpnog bazena-uz poštovanje uslova maksimalnog broja uključivanja pumpe na sat od $N_{\max} = 10 \text{ starta}/\text{čas}$.
2. Stvarno vreme između dva uključivanja pumpe za usvojenu zapreminu crpnog bazena.
3. Proračun parametara za izbor pumpe.

Ukupna manometarska visina podizanja otpadne vode ili napor pumpe je zbir geodetske visine i ukupnog zbira linijskih i lokalnih gubitaka, gde se linijski gubitak pritisak računa po obrascu:

$$\Delta h_{\text{lin}} = A \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}, \quad (1)$$

dok se lokalni gubici računaju:

$$\Delta h_{\text{lok}} = \xi \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (2)$$

6. GEOGRAFSKI INFORMACIONI SISTEMI

U radu su prikazani rezultati primene GIS-a u projektovanju kanalizacionih sistema. Korišćeni softer omogućava eksport u AutoCAD i zasnovan je na GIS-u. Kroz sistem menija, korisnik može lako da pripremi podatke o kolektorima, unese informacije o objektima u mreži, nacrti ili učita iz spoljne datoteke kuće, ulice i druge elemente površine terena, kao i da startuje ugrađene operacije zasnovane na GIS-u. Softver pruža i mogućnost kreiranja DMT-a (Digitalnog Modela Terena) zasnovanog na TIN-u (Triangular Irregular Network- mreža nepravilnih trouglova). Postoji i niz mogućnosti za automasku podelu sliva na slivne površine. Razvijeni softver ima sledeće mogućnosti:

- crtanje elemenata mreže— postoji niz unapred definisanih slojeva (layer-a), simbola i objekata za cevi, čvorove ... Kroz sistem menija, korisnik može da nacrti (digitalizuje) mrežu, unese podatke o kolektorima (oblik, dimenzije, položaj, hrapavost), koriguje postojeću mrežu, kao i da proveriti konzistentnost podataka.

- učitavanje elemenata mreže – pošto je softver namenjen širokom krugu korisnika, postoji i mogućnost da se stare ulazne datoteke učitaju u AutoCAD, čime se kreira baza podataka i omogućava nastavak rada novom metodologijom.

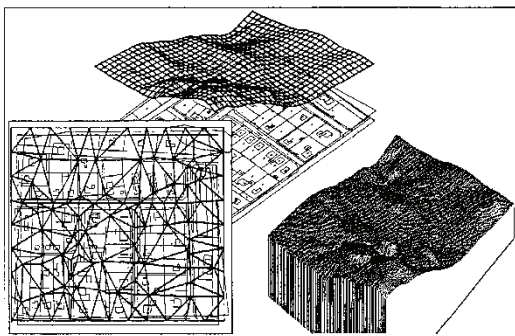
- crtanje elemenata površine (kuće, ulice ...) – time se unose podaci za kreiranje slike namene površina.

- postavljanje pitanja o mreži i o elementima površine – korisnik može da računaru postavi pitanja gde je ..., šta je ..., koliko ... i sl. Takođe, karakteristike svakog elementa mogu da se pogledaju, ili da se promene.

- kreiranje Digitalnog Modela Terena (DMT-a)

- automatsko kreiranje podslivova – podsliv je površina sa koje se voda sliva u jednu cev. Parametri vezani za podsliv računaju se i smeštaju u internu bazu podataka.

DMT je numerička prestava kontinualnih promena terena po prostoru i kreira se kroz proces prostorne interpolacije, odnosno visina svake tačke računa se koristeći poznate visine okolnih tačaka. Ovo je osnovna operacija za većinu GIS paketa.



Slika 3. DMT prikazan (sa leva na desno) trouglovima, grubom mrežom i finijom mrežom u spoljnoj datoteci

U softveru koji se prikazuje u ovom radu, DMT se kreira tako što se prvo, na osnovu poznatih visina okolnih tačaka, kreira mreža nepravilnih trouglova (TIN – Triangular Irregular Network) sa kompletnom bazom podataka u spoljnim datotekama.



Slika 4. a) granica sliva i recipijent, b) izohipse, c) kanalizacija, d) podslivovi

Ukoliko korisnik to želi, TIN može da se učitava u crtež kao 3D površina. Ovako dobijen model terena je gladak i nema nepravilnih uzvišenja i udubljenja koji bi mogli da prouzrokuju čudne rezultate u kasnijim proračunima. Izvori podataka za kreiranje DMT-a su različiti: kote vrhova šahtova, linije konstantnih visina (izolinije), pojedinačne tačke sa poznatom visinom. Pošto je automatska podela na podslivove osnovna svrha ovog GIS-a, postoji i mogućnost poboljšanja DMT-a duž ulica linearnom interpolacijom između visina šahtova duž cevi.

Praktična primena prikazanih numeričkih metoda postavlja niz problema: predstavljanje mreže, tečenje pod pritiskom, tečenje u burnom režimu, unutrašnji granični uslovi, početni uslov, kompleksni objekti, pojednostavljanje velike mreže

7. ZAKLJUČAK

U ovom radu je urađen Idejni projekat odvođnja otpadnih voda u delu naselja Crvenka, reon "Jug". Kroz prikaz intenzivnog korišćenja računarske podrške u projektovanju demonstrirane su velike mogućnosti novih tehnologija. Prikazana analiza predstavlja pokušaj simulacije jedne izuzetno složene pojave u sistemu sa puno elemenata i sa znatnim brojem parametara zasnovanih na fizičkim zakonitostima. Drugim rečima, dobijeni rezultati predstavljaju realno moguće funkcionisanje sistema kada bi se on izveo kako je projektovan.

8. LITERATURA

- [1] Miloje Milojević, "Snadbevanje vodom i kanaliziranje naselja", Beograd, 2003
- [2] Branislav Kujundžić, "Urbani sistemi za odvođenje otpadnih voda", Beograd, 2001
- [3] Mirić Savo, "Naselja Vojvodine", Novi Sad 1983

Kratka biografija:



Dragan Erceg rođen je u Zadru, R. Hrvatska, 1982. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva-Hidrotehnika-Komunalna hidrotehnika odbranio je 2010 god.



Duško Đurić rođen je u Ladevićima, BIH, 1949 god. Doktorirao je na Građevinskom fakultetu u Beogradu 1999.god., a od 2005.god je docent na Fakultetu tehničkih nauka. Oblast interesovanja je Komunalna hidrotehnika

SNABDIJEVANJE VODOM ISTOČNOG DELA OPŠTINE SOMBOR**WATER SUPPLYING EASTERN PART OF SOMBOR AREA**

Goran Jeftenić, Duško Đurić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je izložena studija snabdijevanja vodom istočnog dela opštine Sombor. Rad sadrži analizu za odabir najpovoljnijeg rešenja snabdijevanja vodom ovog regiona sa postojećom izgrađenom i izgradnjom preostalog dela mreže, hidraulički proračun, grafičke priloge i ekonomsku opravdanost odabira najpovoljnijeg rešenja. Takođe u radu je izložen i kratak opis funkcionisanja pumpne stanice sa rezervoarom.

Abstract – The paper is exposed to the water supply study of the eastern part of Sombor area. The work contains an analysis for the selection of the best water supply solutions in this region with the existing built and the construction of the remaining part of the network, hydraulic calculation, graphic attachments and economic justification of choosing the best solution. Also in the paper is exposed and a short overview of functioning pump station with reservoir.

Ključne reči: Snabdijevanje vodom istočnog dela opštine Sombor,

1. UVOD

U ovom radu su razmatrane i analizirane sve mogućnosti snabdevanja vodom ovog regiona radi najefikasnijeg rešenja snabdevanja vodom istočnog dela opštine Sombor. Urađen je i hidraulički proračun i dimenzionisanje zapremine vodotornjeva, podzemnih rezervoara, pumpnih stanica kao i cevovoda za vodovodnu mrežu ovog regiona.

2. OBJEKTI SISTEMA VDS-a OPŠTINE SOMBOR

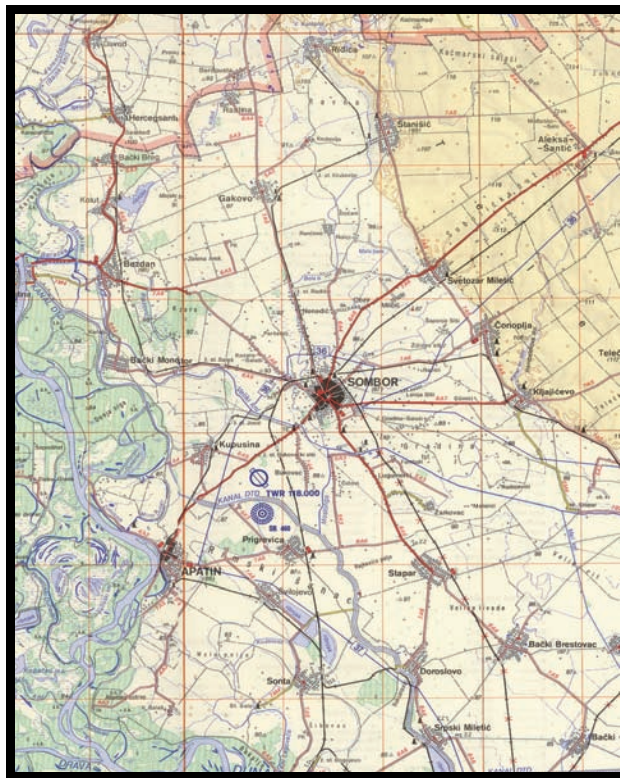
Sva naseljena mesta u opštini Sombor imaju sopstvene vodovode, koji nisu međusobno povezani. Od prigradskih naselja vodovode imaju samo Lugovo i Žarkovac, na pravcu ka Stapar. Koristi se isključivo podzemna voda, koja se zahvata bušenim bunarima.

Ukupno dnevno zahvatanje podzemne vode je nešto preko 200 l/s. Kvalitet zahvaćene vode je vrlo različit i ni u jednom slučaju ne zadovoljava u potpunosti zahteve Pravilnika o kvalitetu vode za piće.

Postrojenja za preradu vode imaju samo somborski i bezdanski vodovod. U svim ostalim slučajevima, voda se pumpanjem potiskuje u mrežu.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada Gorana Jeftenića čiji mentor je bio dr Duško Đurić, red.prof.



Slika 1. – Situativni prikaz grada Sombora sa okolnim selima

2.1. Vodovodna mreža

Cela vodovodna mreža Sombora pripada jednoj visinskoj zoni, odnosno zoni sa jednim pumpanjem. Distribucija vode obavlja se sa izvorišta „Jaroš“ centrifugalnim potisnim pumpama ukupnog kapaciteta 570 l/s. Voda se potiskuje u vodovodnu mrežu i šalje do potrošača putem priključnih vodova, na kojima postoje merači utrošene zapremine vode – vodomeri. Sa izvorišta kreću dva magistralna voda, jedan prema gradu Ø500 koji se grana na dva: LIV Ø300 i AC Ø400, i drugi prema industriji AC Ø500 mm. Radni pritisak u mreži se kreće od 2.5 – 3.5 bara.

Pokrivenost grada vodovodnom mrežom je zadovoljavajuća (skoro 100%), uglavnom prstenastog sistema, uz nekoliko grana prema prigradskim naseljima. U sklopu mreže nalazi se dohlorna stanica Bukovac, punkt za dodatno hlorisanje dela gradske mreže prema potrošačima na delu grada – Bukovac.

Mreža je ukupne dužine oko 170 km, minimalnog prečnika Ø50 mm, a maksimalnog Ø500 mm. Od materijala najviše je zastupljen AC 50%, LIV 25%, PVC 20%, a u poslednje vreme se ugrađuje polietilen. Mreža je

opremljena čvorištima i hidrantima. Starost mreže je od 30 – 40 godina.

Kada se govori o gubicima vode tada se misli na razliku vode koja se šalje u mrežu sa izvorišta i gradskih bunara i fakturisane količine vode. Gubici se sastoje u sledećim: gubici pri havarijama, potrošnja na ispiranju vodovodne mreže, gubici na neotkrivenim kvarovima, potrošnja sa uličnih hidranata, potrošnja nelegalnih priključaka i nefakturisana potrošnja. U 2008. Godini gubici su bili oko 27%.

Po obodu grada formiran je obodni prsten vodovodne mreže, ukupne dužine 16,5 km, prečnika od Ø500 mm do Ø200 mm. Sa južne strane prstena odvaja se ogranak prečnika Ø400 mm, dužine 1800 m, ka Stapar. Unutar prstena se nalazi najveći deo distribucione mreže grada Sombora. Gustina mreže je zadovoljavajuća, a dimenzije cevovoda su od 25 do 300 mm.

2.2. Gradski bunari

U gradu, na osam lokacija, postoje bunari izgrađeni u periodu od 1977. do 1985. godine, koji crpe vodu iz arterske izdani sa 120 – 160 m. Voda je zadovoljavajućeg kvaliteta za piće, a bunari se vremenski uključuju zavisno od potrošnje u gradu. Ovi bunari šalju vodu direktno u mrežu, bez prečišćavanja. Vrš se samo dezinfekcija natrijum hipohloritom, putem membranskih pumpi. Ukupni kapacitet ovih bunara je oko 80 l/s.

2.3. Izvorište CSV Jaroš

Snabdevanje vodom stanovnika i dela privrede u Somboru oslanja se na izvorište „Jaroš“, oko 3 km istočno od centra grada, južno od puta za Čonoplju, u kompleksu centra za snabdevanje vodom CSV „Jaroš“. Izgradnja izvorišta započeta je 1961. godine. Danas „Jaroš“ zauzima oko 25 ha ograđenog zemljišta sa mogućnošću proširenja u pravcu jugoistoka. Izvorište je na koti 86 – 87,00 m.n.m. Izvršenim terenskim hidro – geološkim istraživanjima, a sa aspekta vodosnabdevanja grada izdvajaju se dva osnovna horizonta

- Plića tzv. gornja izdan, pod pritiskom između kote +25 i 78 m, i
- Dublja tzv. donja izdan pod pritiskom između kota 61 i 148 m, mereno od nivoa terena

Analizom oscilacije pijezometara i analizom hidroizohipsa utvrđeno je da je generalni pravac strujanja podzemne izdani severoistok – jugozapad, dok prihranjivanje ide uglavnom infiltracijom površine terena od atmosferskih padavina. Bitno učešće u bilansu voda imaju reka Dunav u vreme visokih vodostaja i doticaja sa Telečke visoravni.

Za 40 godina eksploatacije izvorišta, pijezometrijski nivo je opao za oko 9 m. Početni nivo prve – plitke izdani i osnovnog vodonosnog sloja je bio oko 1 m ispod površine tla, a u subarterskoj/arterskoj izdani oko 1.7 – 3 m ispod površine tla.

Danas je u eksploataciji ukupno 15 bunara, kojima se zahvata prosečno dnevno oko 135 l/s. Maksimalni kapacitet je oko 200 l/s., što se u letnjim mesecima nije pokazalo kao sasvim dovoljno. Pored izvorišta „Jaroš“, u gradu postoji još sedam dubokih bunara, čija se voda ako

je to potrebno, direktno potiskuje u mrežu. Uloga ovih bunara je prevashodno interventne prirode.

Istražnim radovima sprovedenim sa ciljem utvrđivanja mogućnosti proširenja izvorišta i povećanja njegovog kapaciteta, pokazano je da se na lokalitetu „Jaroš“ može zahvatiti još oko 200 l/s (po nekim procenama i 400 l/s), što bi bilo sasvim dovoljno za perspektivan razvoj jedinstvenog vodovodnog sistema na području opštine.

2.3.1. Rezervoari u okviru CSV Jaroš

Prerađena voda se odvodi u niski rezervoar, zapremine 3000 m³, odakle se pumpnom stanicom Jaroš, koja je takođe u kompleksu vodozahvata i postrojenja za prerađu vode, potiskuje ka distribucionoj mreži u gradu.

Granični nivoi u rezervoaru, odnosno crpnom bazenu su:

- donji granični nivo, K_{min} 85,50 m.n.m.
- gornji granični nivo (preliv) K_{max} 88,50 m.n.m
- srednji nivo K_{sr} 87,00 m.n.m

2.3.2. Pumpne stanice u okviru CSV Jaroš

Danas je u PSJ instalisano ukupno 6 pumpi:

- 3CN7 Q = 25 l/s H = 65 – 70 m
kom. 2
- 4CN7 Q = 60 l/s H = 65 – 70 m
kom. 2
- 5CN7 Q = 150 l/s H = 65 – 70 m
kom. 2

Sve pumpe su proizvod LITROSTROJ – Ljubljana. Dve najveće imaju ugrađene regulatore frekvencije.

Pijezometrijska kota na pragu pumpne stanice

- 1) Srednji nivo na usisnoj strani, K_{sr} (mnm) 87,0
- 2) Procenjeni gubici na usisnoj grani PSJ, h_{us} (m) 3,0
- 3) Srednji napor pumpe (man. visina), H_p (m) 67,0
- 4) Procenjeni gubici na potisnoj grani PSJ, h_{pot} (m) 5,0

što u odnosu na teren proizvodi pritisak od blizu šest bara na pragu pumpne stanice. Pumpna stanica radi sa redukovanim pritiscima: dnevni režim 4,4 bara, a noćni 3,9 bara.

3. POTREBE ZA VODOM U PLANSKOM PERIODU

Potrebe za vodom u planskom periodu, do 2028. godine, procenjene su na osnovu sledećih elemenata:

- prognoze demografskih promena zasnovane na rezultatima popisa 2002. godine i demografskih promena u drugoj polovini prošlog veka,
- normativa za potrošnju vode stanovništva,
- procenjenih ostalih potreba (stoka, javna potrošnja, privreda),
- ciljno utvrđene veličine gubitaka iz distribucione mreže.

Svi nabrojani elementi su pažljivo razmatrani i na osnovu rezultata analize predložene su vrednosti potreba za vodom sa kojima se računalo u ovom projektu.

Broj stanovnika je utvrđen na bazi rezultata popisa stanovništva 2002. godine. Pretpostavljeno je da u planskom periodu do 2028. godine neće doći do bitnijih promena broja stanovnika.

Potrošnja vode se menja u zavisnosti od godišnjeg doba, karaktera naselja i vremenskih uslova, pa se specifična potrošnja vode mora množiti koeficijentima neravnomernosti potrošnje. Za proračun distributivne mreže merodavna je maksimalna časovna potrošnja ($Q_{max,h}$). Maksimalna časovna potrošnja se dobija kao proizvod časovnog koeficijenta neravnomernosti – **usvojen $K_h=1.9$** i maksimalne dnevne potrošnje koja se dobija kao proizvod dnevnog koeficijenta neravnomernosti i srednje dnevne potrošnje. Usvojeni koeficijent dnevne neravnomernosti potrošnje je **$K_d=1.9$** .

U proračunu su korišćeni sledeći proračunski elementi:

- specifična potrošnja vode stanovništva:
 - Sombor $q_{sp,st} = 135 \text{ l/st/dan}$
 - naselja $q_{sp,st} = 130 \text{ l/st/dan}$
- koeficijenti neravnomernosti potrošnje:
 - Sombor $K_{max,dn} = 1.9, K_{max,h} = 1.9$
 - naselja $K_{max,dn} = 1.9, K_{max,h} = 1.9$

4. OPIS ANALIZIRANIH VARIJANTI

U okviru ovog zadatka dat je predlog rešenja za snabdevanje vodom opštine Sombor i osam naseljenih mesta (Svetozar Miletić, Stanišić, Aleksa Šantić, Čonoplja, Kljajićevo, Telečka, Stapar, Doroslovo).

Po ovoj varijanti sva naselja opštine su fizički povezana u jedinstven sistem snabdevanja vodom sa jednim izvorishem i jednim postrojenjem za preradu vode (CSV „Jaroš“). U okviru ovog rešenja analizirane su četiri varijante sa istim izvorishem, ali sa različitim oblicima povezivanja naselja u sistem.

Za sve četiri analizirane varijante, urađen je model u programskom paketu „EPANET“.

4.1. Programski paket “EPANET”

Matematički modeli su veštačka tvorevina koja ima zadatak da pomogne u shvatanju ponašanja vodovodnih sistema u različitim pogonskim situacijama.

Problematika vodovodnih sistema se najviše obrađuje u hidrauličkim modelima (promene pritiska i proticanja u čvorovima i vezama, ustaljeno, kvaziustaljeno, kruti udar, hidraulički udar, oscilatorno kretanje, itd.) i modelima kvaliteta (kvalitet vode u vodovodnim mrežama, starost vode, rezidualni hlor, modeliranje procesa na postrojenju za tretman vode).

Modeli vodovodnih mreža između ostalog služe za uočavanje i rešavanje sledećih problema u vodovodnim mrežama: pronalaženje uskih grla u sistemu, neekonomičnih pumpanja, nedovoljnih pritisaka, visokih pritisaka u periodu male potrošnje i predimenzionisanih cevi.

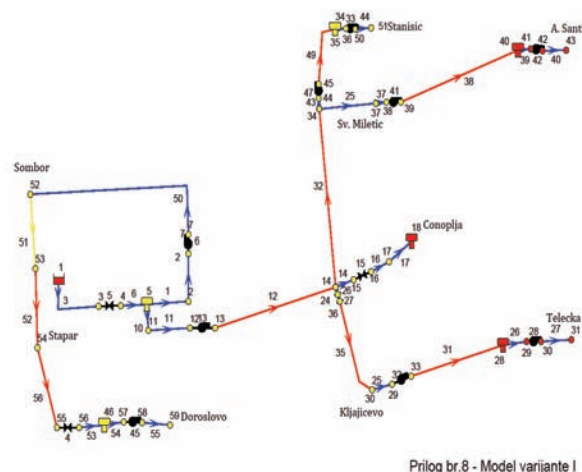
EPANET je softer za stimulaciju rada vodovodnih distributivnih mreža i kvaliteta vode u njima. Softver je za

javnu upotrebu i razvijen je od strane „water Supply and Water resources Division – U. S. Environmental Protection Agency“.

Ovaj Softver radi na Windows operativnom sistemu, sposoban je za kontinualne simulacije hidrauličkih veličina i kvaliteta vode i mrežama a poseduje integrisano grafičko okruženje što podrazumeva zajedničko i istovremeno prikazivanje ulaznih podataka, toka simulacije i pregleda rezultata. EPANET nema ograničenja u obziru veličine unetog vodovodnog sistema, omogućava korisniku izbor jedne od tri formule za proračun gubitaka na trenje (Darcy – Weisbach, Hazen – Williams, Manning), uzima u obzir lokalne gubitke, sposoban je za modeliranje rada pumpi kako sa konstantnom tako i sa varijabilnom brzinom obrtaja motora, računa energiju i koštanje pumpanja, modelira različite tipove zatvarača, razne tipove i oblike rezervoara i više kategorija potrošača sa sopstvenim vremenskim neravnomernostima. Pored ovih mogućnosti, EPANET modelira i „starost“ vode, simulira kretanje ne – reaktivnog trasera kroz mrežu kao i kretanje i stanje reaktivnog materijala.

5. PREDLOŽENA REŠENJA

5.1. Varijanta I



Slika 2. model varijante I

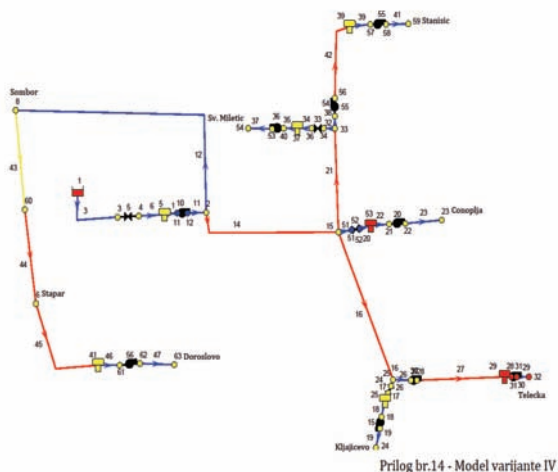
Tabela 1. Ukupni troškovi varijante I

	Ukupni troškovi (€)
Varijanta I	5.229.670

5.2. Varijanta II

Tabela2. Ukupni troškovi varijante II

	Ukupni troškovi (€)
Varijanta II	4.533.470



Slika 3. model varijante II

6. ZAKLJUČAK

Rešenje snabdevanja vodom naselja opštine Sombor, po ovoj varijanti, je klasično rešenje centralnog snabdevanja vodom iz jednog izvorišta. Raspored naselja u odnosu na centar opštine i postojeće izvorište sa postrojenjem za tretman vode (CSV „Jaroš“), kao i osnovni saobraćajni pravci praktično su odredili konfiguraciju distributivnog dela sistema. Formiran u tri osnovna kraka, sistem omogućuje etapnu izgradnju po kracima, međutim sistem je krut. Na jednom započetom kraku teško su moguće promene bez dodatnih radova na već izgrađenom delu.

Kada se govori o etapnosti izgradnje, može se reći da je krak I, tj. krak koji povezuje Sombor sa Staparom i Doroslovom najbliži realizaciji. Za njegovu izgradnju nema nikakvih prethodnih uslova. Krak I se nastavlja na izgrađeni cevovod Ø400 mm. Jedino ograničenje koje bi se moglo postaviti je eventualno nedovoljan kapacitet vodovodnog sistema Sombora danas.

Drugi po redosledu mogao bi biti krak II, tj. krak koji povezuje Čonoplju, Kljajićevo i Telečku, a zatim krak III koji vodi do Stanišića. Međutim posto se ovim krakom odvodi znatna količina vode koju vodovodni sistem Sombora danas ne može odvojiti neophodna je:

- dogradnja izvorišnih kapaciteta,
- izgradnja dodatnog kapaciteta prerade vode,
- izgradnja pumpne stanice „Jaroš nova“.

Jedan od ozbiljnih nedostataka ove varijante jeste da se ona u celini oslanja na samo jedno izvorište. Ma koliko izgledalo da je mogući kapacitet izvorišta „Jaroš“ 600 l/s, treba u ovom slučaju biti oprezan, posebno ako se ima u vidu da je zabeleženo opadanje nivoa na postojećem izvorištu od 9 m.

U okviru ove varijante, prethodnim razmatranjima je analizirano još nekoliko mogućih šema povezivanja u sistem sa centralizovanim snabdevanjem. Rezultati su uvek bili približno indentični.

Kao predstavnik grupe varijanti sa centralizovanim snabdevanjem, odabrana je varijanta I, jer, iako skuplja u odnosu na varijantu II, ona podrazumeva, odnosno uključuje i snabdevanje vodom naselje Aleksa Šantić, koje je zbog svoje udaljenosti isključeno iz varijante II.

7. LITERATURA

1. *Snabdevanje vodom i kanaliziranje naselja* – prof. dr. Miloje Milojević, Beograd, 1995. godine
2. *Geografske monografije vojvođanskih opština, opština Sombor* – dr. Pavle Tomić, dr. Jovan Romelić, Novi Sad – Sombor, 1996. godine,
3. *Generalni projekat snabdevanja vodom naselja opštine Sombor sa prethodnom studijom opravdanosti*, Beograd, 2000. godine.
4. *Snabdevanje vodom za piće* – prof. dr. Duško Đurić, Novi Sad, 2006. godine,

Kratka biografija:



Goran Jeftenić rođen je u Travniku 1984. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva - Hidrotehnika-Komunalna hidrotehnika, odbranio je 2010.god.



Duško Đurić rođen je u Lađevićima, BIH, 1949 god. Doktorirao je na Građevinskom fakultetu u Beogradu 1999.god., a od 2005.god je docent na Fakultetu tehničkih nauka. Oblast interesovanja je Komunalna hidrotehnika

PROJEKAT KONSTRUKCIJE MONTAŽNE ARMIRANOBETONSKE INDUSTRIJSKE HALE**PROJECT OF PRECAST REINFORCED CONCRETE INDUSTRIAL HALL STRUCTURE**

Dragana Vlaškalin, *Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad*

Oblast - GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je prikazan projekat konstrukcije montažne AB industrijske hale koji sadrži statički proračun i analize, dispozicije objekta i odgovarajuće detalje oplata i armiranja elemenata. Projekat sadrži i detaljan opis izvođenja veza linijskih elemenata koji se koriste u montažnoj gradnji.

Abstract – The paper describes the project structure of the precast reinforced concrete industrial building that contains the statical calculation and analysis, the disposition of the facility and the relevant details of formwork and reinforcement elements. The project includes a detailed description of the performance of the connection line elements used in the prefabricated building.

Ključne reči: montažna hala, armirano betonska konstrukcija, veze linijskih elemenata.

1. UVOD

Projektnim zadatkom predviđena je izgradnja proizvodne jednobrodne hale od AB i/ili prednapregnutog betona sa aneksom za potrebe lake industrije u industrijskoj zoni u Zrenjaninu. U glavnom brodu hale predviđeno je obavljanje procesa proizvodnje, koja uslovljava postavljanje kрана. Zadatkom su orijentaciono date okvirne dimenzije hale kao i neki od uslova koje bi konačno rešenje trebalo da obuhvati, a koji su ujedno predstavljali i smernice prilikom projektovanja.

- broj polja 10
- kran A=32.0m (maksimalna nosivost)
- pokrivač: durisol ploče
- glavni nosač:
 - brod: rešetkasti nosač
 - aneks: pun linijski nosač
- raspon aneksa: 16m
- korisno opterećenje na spratu $p=6.0\text{kN/m}^2$
- lokacija: Zrenjanin
- VII seizmička zona
- dužina hale ~ 90m

2. DISPOZICIONO REŠENJE HALE

Na osnovu zahtevanih okvirnih dimenzija, podataka i lokalnih uslova usvojena je dužina hale od $10 \times 9.0\text{m} = 90.0\text{m}$. Raspon glavnog broda uslovljen je rasponom kрана (A=32.0m) i iznosi 33.70m, dok je širina aneksa ostala zadatih 16.0m.

NAPOMENA:

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

Krovnna konstrukcija hale rešena je rešetkastom konstrukcijom u glavnom brodu, a u aneksu je projektovan pun linijski nosač kao što je i predviđeno zadatkom. Za krovni pokrivač usvojene su durisol ploče.

Zemljište na kome se objekat gradi ima dozvoljenu nosivost $\sigma_{da}=200\text{kN/m}^2$ i zapreminsku težinu $\gamma_{da}=18.0\text{kN/m}^3$. Opterećenje vetrom sračunato je prema aktuelnim standardima za vetar SRPS.U.C7.110; 111;112./1991. Visina slemena glavnog broda je 13.96m, dok je korisna visina hale 9.45m. Spratna visina u aneksnom delu je 4.35m.

Zbog dužine hale od 90.0m na sredini hale je predviđena dilataciona spojница. Stubovi uz dilatacionu spojnicu su fundirani na zajedničkom temelju da bi se smanjila mogućnost nejednakog sleganja stubova.

Stubovi su uklješteni u temeljne čašice, dok su rigle slobodno oslonjene na stubove i u statičkom smislu predstavljaju proste grede. U podužnom pravcu stubovi su postavljeni na razmaku od 9.0m i spojeni su fasadnim i olučnim gredama. Kako bi se izbegla velika izvijanja stubova, usled seizmičkih uticaja, sistem je ukrućen postavljanjem platna za ukrućenje u srednjem polju dva podužna okvira, simetrično u odnosu na sredinu hale. Predviđeno je da se zidna platna rade monolitno $d=20\text{cm}$.

Rešenje kalkana je usvojeno bez naknadnog produženja hale, tj. hala se gradi u svom definitivnom obimu.. Kalkanski stubovi su uklješteni u temeljne čašice, a gornjim delom se oslanjaju na glavnu riglu. Kalkanski okvir je statičkog sistema rama (opterećenje deluje u ravni kalkana), odnosno roštilja (opterećenje deluje upravno na ram).

S obzirom na karakteristike tla (dovoljno otporno i malo stišljivo), fundiranje je rešeno kao plitko na dubini 2.0m. Temelji ispod stubova su temelji samci sa čašicama za stubove. Za postizanje monolitne veze između stubova i temelja, na unutrašnjim stranama čašica i na delu stubova koji se spuštaju u čašice, formirani su žljebovi. Zalivanje stuba u čašici vrši se sitnozrnim betonom koji ne sme biti lošijeg kvaliteta od kvaliteta betona upotrebljenog za izradu temelja. Nivo podzemne vode je ispod nivoa fundiranja. Temelji ispod zidova za ukrućenje rađeni su monolitno, kao trakasti temelji sa istom dubinom fundiranja.

Temeljne grede nose fasadne zidove, a oslanjaju se zgloбно na temeljne čašice. Fasadni zidovi su od opeke $d=25\text{ cm}$. Pod hale se radi od MB 20, debljine 20cm na tamponskom sloju šljunka od 10cm.

Svi elementi hale su montažni sa kvalitetom betona MB40, proizvode se u fabrici i transportuju gotovi na

gradilište. Izuzetak su temeljne stope i platna za ukrućenje koji se izvode monolitno.

3. PRORAČUN KONSTRUKCIJE

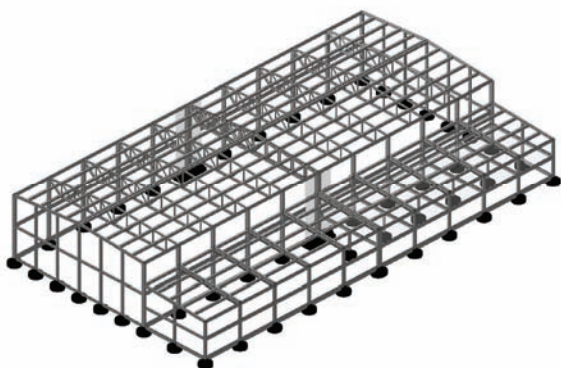
3.1. Analiza opterećenja

Sva opterećenja koja su uključena u proračun analizirana su prema PBAB '87.

- stalno opterećenje: sopstvena težina razmatranog elementa kao i težina svih nosećih i nenosećih elemenata koji se posredno ili neposredno oslanjaju na njega. Takođe, uračunata je i težina opreme potrebne za proizvodnju koja je stalno prisutna u fazi eksploatacije konstrukcije;
- opterećenje snegom: prema Privremenim tehničkim propisima za opterećenje zgrada (1948. god.) –Službeni list SFRJ 61/48;
- opterećenje vetrom: prema važećim jugoslovenskim standardima za vetar SRPS. U.C7.110-112/1991;
- opterećenje kranovima: analizirani su karakteristični položaji kрана (u poprečnom pravcu je analizirano: kran sa mačkom levo, desno i u sredini; u podužnom pravcu je analizirano: kran u prvom polju do kalkana i u srednjem polju; sa odgovarajućim bočnim udarima levo i desno, kao i sa silama kočenja);
- temperaturno opterećenje: temperaturna promena u osi štapa $\Delta t = \pm 15^{\circ}\text{C}$, temperaturni gradijent $\Delta t = 40^{\circ}$;
- seizmičko opterećenje: metodom ekvivalentnog statičkog opterećenja prema Pravilniku o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima –Službeni list SFRJ br. 49/82, 29/83, 21/88, 52/90

3.2. Statički i dinamički proračun

Proračun i analiza elemenata konstrukcije urađena je korišćenjem programskog paketa Tower 6. Konstrukcija je analizirana kao prostorni proračunski model sačinjen od elemenata konstrukcije hale izuzev kratkog elementa i nosača kranske staze, ali su njihovi uticaji adekvatno preneti. Uticaji od opterećenja su aplicirani, kako direktno na model konstrukcije, tako i indirektno prenešeni sa elemenata van analiziranog modela. Na slici 1. dat je trodimenzionalni prikaz konstrukcije.



Sl. 1- Trodimenzionalni prikaz konstrukcije

Kod proračuna seizmičkog opterećenja primenjena je metoda ekvivalentnog statičkog opterećenja. Za proračun seizmičke sile u težinu objekta uračunato je 100% stalnog tereta, 50% projektovanog korisnog opterećenja i 100% opterećenja od snega.

Pri proračunu seizmičkih sila uzet je u obzir uticaj koeficijenta kategorije objekta, koeficijent seizmičkog intenziteta, koeficijent dinamičnosti, kao i koeficijent duktilnosti i prigušenja. Period oscilovanja u x pravcu iznosi $T=1.511$, u y pravcu $T=1.200$.

Proračun greda koje su slobodno oslonjene (rožnjače, olučna grede, fasadna grede, međuspratna grede, međuspratna TT ploča, temeljna grede) sproveden je izolovano od konstrukcije. Grede su dimenzionisane na osnovu merodavnih kombinacija stalnih i povremenih opterećenja, dok je za dimenzionisanje nosača kranskih staza obračunat i dinamički karakter opterećenja. Takođe, kod proračuna nosača kranske staze sprovedena je kontrola graničnog stanja upotrebljivosti i graničnog stanja prslina.

Kontrola horizontalnog pomeranja vrha konstrukcije rađena je usled dejstva vetra prema važećim standardima SRPS U.C7.111, prema kojima mora biti ispunjen uslov da je ugib vrha objekta manji od $H/250$ i usled seizmičkog dejstva prema tački 16. Pravilnika o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima (Službeni list SFRJ br. 31/81, 49/82, 29/83, 21/88 i 52/90), prema kom mora biti zadovoljen uslov da ugib vrha objekta bude manji od $H/600$ za propisana seizmička opterećenja bez uzimanja uticaja tla.

Razultati proračuna:

$$f_{\max} = 0.7 \text{ cm} < f_{\text{dop}} = \frac{H}{250} = 5.54 \text{ cm} - \text{usled vetra}$$

$$f_{\max} = 2.05 \text{ cm} < f_{\text{dop}} = \frac{H}{600} = 2.32 - \text{usled seizmike}$$

H- visina slemena objekta (13.96m)

$f_{\max}$ - maksimalni ugib vrha objekta

f_{dop} - dozvoljeni ugib vrha objekta

Za potrebe analize dopuštenih napona u temeljima model je nadograđen elementima temelja (temeljna čašica i temeljna stopa). Proračun je izvršen prema Winkler-ovom modelu zamene tla elastičnim oprugama postavljenim ispod temeljnih stopa.

3.3. Dimenzionisanje i armiranje elemenata

Svi elementi konstrukcije su dimenzionisani prema PBAB 87 na osnovu uticaja merodavnih graničnih kombinacija opterećenja za šta je iskorišćena opcija softvera. Prilikom dimenzionisanja elemenata konstrukcije korišćen je beton marke MB40. Kao podužna armatura usvojena je rebrasta armatura RA400/500, dok je za uzengije predviđena glatka armatura GA240/360. Grede su dimenzionisane kao jednostruko ili dvostruko armirane, dok su stubovi dimenzionisani na koso savijanje, obostrano simetrično armirani. Armiranobetonski zidovi za ukrućenje su dimenzionisani saglasno Pravilniku o tehničkim normativima za izgradnju objekata u seizmičkim područjima [1].

4. VEZE LINIJSKIH ELEMENATA

Projektovanje spojeva i veza podrazumeva bliže određivanje pojedinih parametara koji utiču na ponašanje spojeva i konstrukcije objekta, na osnovu kojih se donosi odluka. Pri tome, značajno je koristiti eksperimentalna istraživanja i detaljne teorijske analize da bi se došlo do

što povoljnijeg rešenja i postigla što veća monolitnost, tj. sličnost sa konstrukcijom izvedenom na licu mesta.

4.1. Parametri za izbor montažne veze

- Veza mora da omogućiti prenošenje svih uticaja koji se u montažnom spoju javljaju, kao i sva potrebna pomeranja.
- Potrebno je voditi računa o iskorišćenosti osobina materijala:
 - pritisak se prenosi betonom – neposredno oslanjanje, spojnice od maltera, metalne ploče ili podmetači
 - smicanje se prenosi betonom i/ili armaturom – nazubljeni klinovi, trnovi
 - zatezanje se prenosi armaturom – preklop, zavarivanje, metalne spojke, prednaprezanje (ponišćavanje sile zatezanja).
- Montažne veze treba izabrati tako da tolerancije dimenzija elementa budu obuhvaćene.
- Obim radova pri izradi montažnih veza treba da bude što manji.
- Kod spojeva koji su otkriveni treba voditi računa i o estetskim zahtevima.
- Loš izbor veze može u znatnoj meri da poveća cenu ukupnih radova na konstrukciji.

4.2. Klasifikacija montažnih veza

Klasifikacija veza može se izvršiti na "suve" veze i veze sa betoniranjem na licu mesta.

U "suve" veze nisu svrstani oni montažni spojevi kod kojih je nužno postavljati oplatu za dobetoniranje delova montažnih elemenata u cilju pokrivanja statičke i konstruktivne armature i formiranja konačnog preseka.

U okviru ove prve podele, montažne veze su svrstane prema statičkom kapacitetu veze, tj. prema statičkim uticajima koje veze mogu da prime i prenesu.

4.3. Nosivost montažnih veza

Montažne veze armiranobetonskih elemenata moraju biti izabrane i proračunate tako da prenesu sve statičke uticaje koji se u konstrukciji javljaju u svim fazama izgradnje, montaže i eksploatacije.

Posebnu pažnju treba obratiti na veze koje su predviđene da prenesu momente savijanja. Takve veze zahtevaju kontinualizaciju zategnute armature ili primenu visokovrednih zavrtneva ili prethodno napregnutih kablova i šipki. Kod ovako projektovanih veza, po pravilu je potrebno dodatno betoniranje ili injektiranje, što znatno komplikuje radove i povećava njihov obim. U nekim slučajevima uticaji koji se javljaju u spojevima i elementima u fazi montaže mogu biti veći od onih u eksploataciji. Ukoliko ovi uticaji nisu obuhvaćeni, javljaju se značajna oštećenja koja narušavaju funkcionalnost i trajnost konstrukcije (veliki ugibi i prsline).

Vertikalna nosivost veze zavisi od materijala koji se koristi pri naleganju jednog elementa na drugi. Ukoliko se u tu svrhu koristi ter-papir dopušteni pritisak je 1.0 mpa, za jastuk od maltera 2.5 mpa, za filc 2.5 mpa, za azbest 5.0 mpa, nearmirana guma ili neopren 2.0 do 5.0 mpa i armirana guma ili neopren 5.0 do 15.0 mpa. Pri korišćenju

ovih materijala treba voditi računa da njihova ivica bude udaljena od ivice elementa najmanje 1.0 do 2.0 cm.

4.4. Betoniranje montažnih veza

Beton kojim se ispunjavaju montažne veze mora da zadovolji potrebnu čvrstoću, a da tom prilikom skupljanje ugrađenog betona bude što je moguće manje. U tom cilju treba obezbediti maksimalnu negu betona ugrađenog u montažnu vezu.

Da bi se obezbedilo što bolje prijanjanje novog i starog betona potrebno je posebno obraditi spojne površine i po potrebi ih premazati nekim od polimernih premaza.

Zavarivanje čeličnih elemenata u montažnoj vezi

Prilikom zavarivanja čeličnih delova ili šipki treba povesti računa da ne dodje do pregrevanja okolnog betona. U tom cilju treba odrediti redosled zavarivanja da bi se beton dovoljno hladio i obezbediti da mesto zavarivanja šipki bude udaljeno najmanje pet prečnika šipke od mesta gde šipka ulazi u beton.

Kod svih montažnih veza koje sadrže i čelične elemente, neophodno je provesti antikorozivnu zaštitu. Sve čelične elemente ili šipke koje ostaju izložene atmosferskim uticajima treba zaštititi slojem epoksija, zaštitne boje ili bitumena.

Ako se čelični elementi zavaruju, antikorozivnu zaštitu treba provesti posle zavarivanja jer su materijali za zaštite dobri provodnici toplote.

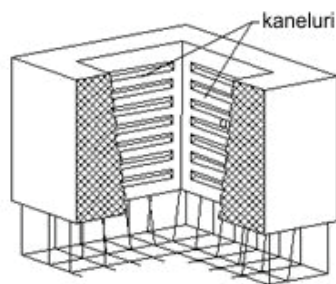
4.5. Podela veza prema vrsti spojenih elemenata

- veza temelja i stuba
- nastavljjanje stubova
- veza stuba i grede
- veze dve grede
- veza glavne i sekundarne grede

Veze koje najčešće susrećemo u sistemu montažne gradnje su:

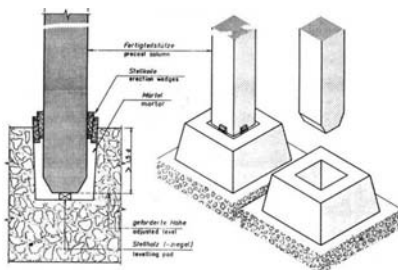
Veza temelja i stuba preko armiranobetonske čašice

Povezivanje stuba i temelja preko armiranobetonske čašice je veoma rasprostranjeno u praksi kako zbog jednostavnosti izvođenja veze tako i zbog mogućnosti korekcije greške. Temelji se u svom gornjem delu izvode udubljenog oblika čime se obezbeđuje dobra veza sa stubom. Stopa temelja se najčešće lije na licu mesta dok se čašica radi prefabrikovano. Na slici 2. prikazana je prefabrikovana temeljna čašica koja na svom donjem delu ima ispuštenu armaturu.



Sl.2.- AB prefabrikovana čšaica

Armatura iz čašice naleže u temeljnu stopu i ujedno predstavlja deo ukupne armature temeljne stope. Stopa se betonira 5-10cm preko donjeg dela zida čašice. Kako bi se ostvarila bolja veza starog i novog betona donje ivice čašice su orapavljene. Nezavisno od toga da li se temelj radi monolitno ili se čašica prefabrikuje, prilikom statičkog proračuna, čašica i stopa tretiraju se odvojeno.



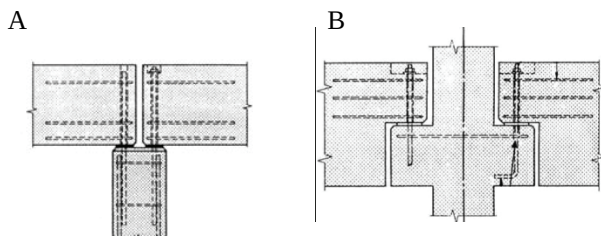
Sl.3.- Povezivanje stuba i temelja preko armiranobetonske čašice

Na slici 3. prikazan je postupak montaže stuba i njegovo povezivanje sa temeljnom čašicom. Pre same montaže, zbog tačnijeg određivanja položaja stuba, na dno temeljne čašice se postavlja čelična pločica koja je položena na sloj maltera debljine 5 do 10 cm. Težište ose čelične pločice treba da se poklapa sa težišnim osama baze stuba. Kako bi se lakše izvršilo centriranje stuba, stub se na donjem kraju zarubluje. Postavljanje stuba u projektovani položaj vrši se pomoću uložaka (drvene ili čelične kajle), a zatim se prostor između stuba i čašice zaliva betonom. Beton za ispunu ne sme biti lošijeg kvaliteta od betona upotrebljenog za izradu temelja.

Radi poboljšanja veze između stuba i temelja i povećanja stepena monolitizacije, nožica stuba i unutrašnji zidovi čašice se mogu obraditi (obrađena veza), čime se postiže potpuna monolitizacija stuba i temelja. Dubina obrade (kanelura) ne bi trebala biti manja od 1.0 cm ako se veza smatra obrađenom. Obradena veza proračunski daje manju potrebnu dubinu čašice radi ostvarivanja potrebnog uklještenja (oko 20%) i manju količinu potrebne armature.

Veza stuba i grede pomoću ispuštenih ankera

Veza stuba i grede pomoću ispuštenih ankera je zglobna i dopušta prenošenje transversalnih sila proizvoljne veličine u zavisnosti od materijala od kojeg je načinjena naležuća površina.



Sl.4.- Povezivanje stuba i grede pomoću ispuštenih ankera

Pri projektovanju elemenata potrebno je predvideti određeni zazor između stuba i grede od 1.5-2cm kako bi se onemogućila izvođačka greška u podužnom smislu. Na slici 4. prikazana je veza stuba i grede preko ispuštenih ankera. Iz stuba su ispušteni ankeri koji prolaze kroz odgovarajuće otvore u gredama. Uloga ankera je da

obezbedi bočnu stabilnost grede i njeno preciznije postavljanje. Prostor između ankera i kanala u gredi ispunjava se cementnim malterom. Ova veza se primenjuje podjednako i kod povezivanja glavnih nosača sa stubom.

5. ZAKLJUČAK

Projektovanje armiranobetonskih konstrukcija je kompleksan posao koji podrazumeva veći broj iterativnih korekcija kako dimenzija elemenata tako i statičkog sistema. Rezultati tih iteracija trebalo bi da daju rešenja koja zadovoljavaju konstruktivne zahteve, a u isto vreme da budu i ekonomski prihvatljiva i opravdana. Takođe, da bi se ostvarila adekvatna rešenja u konstrukcijama, potrebno je poznavati osobine spojeva i veza i njihovo ponašanje u različitim uslovima opterećenja sa aspekta otpornosti i deformabilnosti pri različitim nivoima napona, uključujući i granična stanja.

Zbog svoje kompleksnosti projektovanje konstrukcija iziskuje neprestanu potrebu paralelnog teorijskog i eksperimentalnog istraživanja u cilju usavršavanja njihovih rešenja i detalja. Ocena kvaliteta veza vrši se na osnovu konstruktivnih kriterijuma, kriterijuma izvođenja i kriterijuma montaže. Konstruktivni kriterijumi obuhvataju uglavnom sposobnost veze za nošenje statičkih uticaja, toleranciju mera gotovih elemenata i stepen otežanosti montaže. Izvođački kriterijum obuhvata troškove izrade veze, a kriterijum montaže obuhvata sve što je vezano sa brzom i sigurnom montažom. Kada se veza oceni po sva tri kriterijuma, dobijene ocene se sabere i tako dolazimo do konačne ocene o valjanosti veze.

6. LITERATURA

- [1] "Zbirka jugoslovenskih pravilnika i standarda za građevinske konstrukcije", Savezni zavod za standardizaciju.
- [2] Ž. Radosavljević, D. Bajić: Armirani beton 2, Građevinska knjiga, Beograd, 2004.
- [3] Grupa autora: Priručnik za primenu pravilnika o tehničkim normativima za beton i armirani beton, PBAB 87, Beograd, 2006.
- [4] Ž. Perišić, V. Alendar: Prethodno napregnuti beton, Naučna knjiga, Beograd, 1984.
- [5] S. Stevanović: Fundiranje, Naučna knjiga, Beograd, 1986.
- [6] M. Petrović: Montažne armirano betonske konstrukcije, Izgradnja, Beograd, 1981.
- [7] M. Trivunić: Montaža betonskih konstrukcija zgrada, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2000.
- [8] Z. Brujić: Materijal sa predavanja iz predmeta "Montažne armiranobetonske konstrukcije", 2006.

Kratka biografija:



Dragana Vlaškalin rođena je u Zrenjaninu 1979. god. Diplomski-master rad odbranila je 2010. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu iz oblasti Građevinarstva- konstrukcije.

