



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА



ЗБОРНИК РАДОВА ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Едиција: Техничке науке - зборници

Година: XXXIII

Број: 7/2018

Нови Сад

Едиција: „Техничке науке – Зборници“

Година: XXXIII

Свеска: 7

Издавач: Факултет техничких наука Нови Сад

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

Уредништво:

Проф. др Раде Дорословачки

Проф. др Драгиша Вилотић

Проф. др Срђан Колаковић

Проф. др Владимир Катић

Проф. др Драган Шешилија

Проф. др Миодраг Хаџистевић

Проф. др Растислав Шостаков

Доц. др Мирослав Кљајић

Доц. др Бојан Лалић

Доц. др Дејан Убавин

Проф. др Никола Јорговановић

Доц. др Борис Думнић

Проф. др Дарко Реба

Проф. др Ђорђе Лађиновић

Проф. др Драган Јовановић

Проф. др Мила Стојаковић

Проф. др Драган Спасић

Проф. др Драгољуб Новаковић

Редакција:

Проф. др Владимир Катић, главни
уредник

Проф. др Жељен Трповски, технички
уредник

Проф. др Драган Шешилија

Проф. др Драгољуб Новаковић

Др Иван Пинђер

Бисерка Милетић

Језичка редакција:

Бисерка Милетић, лектор

Софија Рацков, коректор

Марина Катић, преводилац

Издавачки савет:

Савет за библиотечку и издавачку делатност ФТН,
проф. др Радош Радивојевић, председник.

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

CIP-Каталогизација у публикацији
Библиотека Матице српске, Нови Сад

378.9(497.113)(082)
62

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

Месечно

ISSN 0350-428X

COBISS.SR-ID 58627591

ПРЕДГОВОР

Поштовани читаоци,

Пред вама је седма 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 мастер и 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 мастер радова студената ФТН-а у облику кратког рада у „Зборнику радова Факултета техничких наука“.

Поред студената 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 сваки месец, у оквиру промоције дипломираних мастера.

У овом броју штампани су радови студената мастер студија, сада већ мастера, који су радове бранили у периоду од 25.10.2017. до 29.12.2017. год., а који се промовишу 18.05.2018. год. То су оригинални прилози студената са главним резултатима њихових мастер радова.

Известан број кандидата објавили су радове на некој од домаћих научних конференција или у неком од часописа. Њихови радови нису штампани у Зборнику радова.

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

У овој свесци, са редним бројем 7., објављени су радови из области:

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

У свесци са редним бројем 8. објављени су радови из области:

- саобраћаја,
- графичког инжењерства и дизајна,
- архитектуре,
- инжењерског менаџмента,
- математике у техници,
- геодезије и геоматике,
- регионалне политике и развоја,
- управљања ризиком од катастрофалних догађаја и пожара,
- инжењерства информационих система и
- сценске архитектуре и дизајна.

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

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

„Високо место у друштву најбољих“

Уредништво

SADRŽAJ

	STRANA
Radovi iz oblasti: Mašinstvo	
1. Бобан Радин, Нинослав Зубер, ДИНАМИЧКО УРАВНОТЕЖЕЊЕ РОТОРА У СОПСТВЕНИМ ОСЛОНЦИМА	1065-1068
2. Nemanja Galić, Marin Gostimirović, REDIZAJN INDUSTRIJSKE KOČNICE	1069-1072
3. Mirko Janković, PRIMENA FRAKCIONOG ZENEROVOG MODELA VISKOELASTIČNOG TELA U ANALIZI SUDARA DVA TELA	1073-1076
4. Danko Bokan, PROJEKTOVANJE SREDNJETEMPERATURNOG UREĐAJA ZA TERMIČKU OBRADU ..	1077-1080
Radovi iz oblasti: Elektrotehnika i računarstvo	
1. Marko Đurić, ELEKTRONSKI UREĐAJ ZA PRIKUPLJANJE PČELINJEG OTROVA	1081-1084
2. Jovan Jovanović, JEZIK I OKRUŽENJE ZA MODELOVANJE I GENERISANJE APLIKACIJA ZA CRTANJE DIJAGRAMA	1085-1088
3. Anica Šutić, OSNOVNI KONCEPTI MULE RUNTIME PLATFORME	1089-1092
4. Nenad Dimitrijević, Željko Trpovski, LTE TEHNOLOGIJA I PREGLED STANJA TRŽIŠTA U SRBIJI	1093-1096
5. Dušan Kovačević, DIZAJN EMBEDDED SISTEMA SA PRIMEROM APLIKACIJE	1097-1100
6. Petar Grbić, OPTIMIZACIJA RAČUNARSKOG VIDA NA GPU EMBEDDED SISTEMU	1101-1104
7. Miloš Savić, IMPLEMENTACIJA PRIKAZA VIŠESLOJNIH MAPA PREKO WMS I WMTS SERVISA	1105-1108
8. Tatjana Bičkeji, RAZMENA IEC 61968 PORUKA UZ PODRŠKU BEZBEDNE KOMUNIKACIJE	1109-1112
9. Vladan Desnica, PRIMENA RDF IN-MEMORY STORE-OVA U ELEKTROENERGETSKIM SISTEMIMA ...	1113-1116
10. Mirjana Ćurčin, ISPITIVANJE PERFORMANSI SPARQL UPITA NAD CIM PODACIMA	1117-1120
11. Dejan Đekić, Željko Trpovski, MODIFIKACIJE QR KODA ZA PRIKAZIVANJE U DIGITALNIM MEDIJIMA.....	1121-1124

	STRANA
12. Ivan Lazar-Stančić, RELEJNA ZAŠTITA U MIKRO MREŽAMA	1125-1128
13. Nikola Petrović, AKVIZICIJA PODATAKA U SCADA SISTEMU UPOTREBOM DNP3 PROTOKOLA	1129-1132
14. Gorica Nišić, Dejan Nemec, POSTUPCI I ZNAČAJ TESTIRANJA SOFTVERA	1133-1136
15. Милијана Гуњевић, Марко Обренић, ПРОРАЧУН ТОКОВА СНАГА ПРЕНОСНИХ МРЕЖА У ФАЗНОМ ДОМЕНУ ПРИМЕНОМ ЊУТН-РАФСОНОВОГ МЕТОДА	1137-1140
16. Aleksandar Valka, NB-IOT TEHNOLOGIJA: PREGLED I IMPLEMENTACIJA	1141-1144
17. Tamara Milovanović, ARHITEKTURA I ETL PODRŠKA SISTEMA ZA ANALIZU AVIONSKIH LETOVA NA PODRUČJU SJEDINJENIH AMERIČKIH DRŽAVA	1145-1148
18. Tomislav Gabrić, Zoran Ivanović, PROJEKTOVANJE I ISPITIVANJE SINHRONOG MOTORA SA STALNIM MAGNETIMA ZA PRIMENU U ELEKTRIČNIM VOZILIMA	1149-1152
19. Marina Marinković, Stevan Grabić, PRORAČUN I ISPITIVANJE RADA INDUKCIONE PEĆI BEZ MAGNETSKOG JEZGRA	1153-1156
20. Ivana Nikolić, Mirjana Damjanović, PROJEKTOVANJE PRAVOUGAONE MIKROSTRIP PEČ I L ANTENE	1157-1160
21. Čaba Peteš, DALJINSKO UPRAVLJANJE POKRETNIH VOZILA POMOĆU DTMF KODOVA I VIDEO SIGNALA NA VELIKE I MALE DALJINE	1161-1164
22. Nina Marjanović, RAZVOJ PORTALA ZA UPRAVLJANJE KURIKULUMOM U INTERNACIONALIZOVANOM VISOKOM OBRAZOVANJU	1165-1168
23. Atila Juhas, HARDVERSKA I SOFTVERSKA PODRŠKA TROFAZNIM MERENJIMA SNAGE I ENERGIJE U ED MREŽI	1169-1172
24. Aleksandar Ilić, IMPLEMENTACIJA PORTALA ZA PRETRAGU ODREĐENOG INTERNET DOMENA KORIŠĆENJEM APACHE NUTCH I ELASTICSEARCH	1173-1176
25. Žolt Molnar, Vladimir Katić, ISPITIVANJE KVALITETA ELEKTRIČNE ENERGIJE U KOMPRESORSKOJ STANICI FABRIKE PIONIR, SUBOTICA	1177-1180
26. Sađa Stanković, BIBLIOTEKE ZA MAŠINSKO UČEЊE U .NET-U	1181-1184
27. Nikola Mladenović, NETEHNIČKI GUBICI U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA	1185-1188
28. Miloš Stolica, FOTONAPONSKE ELEKTRANE: UTICAJ PROMENE "FEED IN" TARIFE I KAPITALNIH INVESTICIJA NA EKONOMSKE POKAZATELJE	1189-1192
29. Vladimir Dangubić, REGULACIJA PRITISKA PRIRODNOG GASA POMOĆU PID I FUZZY REGULATORA: UPOREDNA ANALIZA	1193-1196
30. Lea Cer, ANALIZA OSETLJIVOSTI NETEHNIČKIH GUBITAKA U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA .	1197-1200

Radovi iz oblasti: Građevinarstvo

1. Душко Ђук, УПОРЕДНА АНАЛИЗА ОБЕЗБЕЂЕЊА ГРАЂЕВИНСКЕ ЈАМЕ ПРИМЕНОМ МЕТОДА „БЕРЛИНСКЕ“ ПОДГРАДЕ И „ЛАРСЕН“ ТАЛПИ	1201-1204
2. Saška Vujić, ANALIZA KOLIČINA MULJA I POTENCIJALNIH TEHNOLOGIJA IZMULJENJA KANALA BEGEJ	1205-1208
3. Маријана Иванић, ПРОЦЕНА СТАЊА, ДОГРАДЊА И ЕНЕРГЕТСКА САНАЦИЈА ГЛАВНЕ ЗГРАДЕ ОСНОВНЕ ШКОЛЕ „ЂУРА ДАНИЧИЋ“ У НОВОМ САДУ	1209-1212
4. Uroš Vukobrat, dr Đorđe Lađinović, PROJEKAT AV VIŠESPRATNE ZGRADE PREMA EVROKODU I UPOREDNA ANALIZA GRANIČNOG STANJA UPOTREBLJIVOSTI	1213-1216
5. Sofija Kekez, PROCENA STANJA I ENERGETSKA SANACIJA JEDNE LAMELE STAMBENE ZGRADE U ULICI ŽARKA VASILJEVIĆA U NOVOM SADU	1217-1220
6. Милош Радисављевић, ПРОЦЕНА СТАЊА, ДОГРАДЊА И ЕНЕРГЕТСКА САНАЦИЈА ГЛАВНЕ ЗГРАДЕ ОСНОВНЕ ШКОЛЕ „ИВАН ГУНДУЛИЋ“ У НОВОМ САДУ	1221-1224
7. Nina Knežević, SNIŽAVANJE NIVOVA PODZEMNE VODE NA GRADILIŠTU BUDUĆE FUDBALSKE AKADEMIJE U BAČKOJ TOPLI	1225-1228
8. Jovana Vučković, PROJEKAT ARMIRANOBETONSKE VIŠESPRATNE STAMBENO – POSLOVNE ZGRADE PREMA EVROKODU	1229-1231
9. Dražen Vujinović, Bojan Matić, DIMENZIONISANJE KOLOVOZNE KONSTRUKCIJE PRIMENOM CEMENTNE STABILIZACIJE I TEHNOLOGIJE HLADNOG RECIKLIRANJA NA PUTU SRBOBRAN- MILEŠEVO	1232-1235
10. Петар Драгић, Бојан Матић, ВИЗУЕЛИЗАЦИЈА ИДЕЈНОГ ПРОЈЕКТА ДРЖАВНОГ ПУТА I-Б РЕДА БР. 21 НОВИ САД – РУМА КМ:18+179,57 – КМ:34+657,74, Л=16,478km	1236-1239
11. Стеван Бизумић, Небојша Радовић, РАЧУНАРСКИ ПОДРЖАНО (САД) ПРОЈЕКТОВАЊЕ САОБРАЋАЈНИЦА - ПРИМЕР ПРИМЕНЕ СОФТВЕРА PLATEIA У ИЗРАДИ ПРОЈЕКТА ПУТА	1240-1243
12. Милан Шикањић, БЕЗБЕДНОСТ И ЗДРАВЉЕ НА РАДУ У НИСКОГРАДЊИ	1244-1247
13. Marko Radovanović, PROJEKAT DVOBRODNE ARMIRANOBETONSKE HALE SA PREDNAPREGNUTIM KROVNIM NOSAČIMA	1248-1251
14. Miloš Paroški, PROCENA STANJA I KONSTRUKTIVNA SANACIJA VIŠESPRATNE STAMBENE ZGRADE U NOVOM SADU	1252-1225

Radovi iz oblasti: Inženjerstvo zaštite životne sredine

1. Никола Вученовић, Јелена Радонић, АНАЛИЗА КВАЛИТЕТА ВАЗДУХА НА ТЕРИТОРИЈИ ГРАДА СРЕМСКА МИТРОВИЦА	1256-1259
---	-----------

	STRANA
2. Bojana Tišanović, PROCENA ŠTETE OD POPLAVA	1260-1263
3. Andrea Andrić, Slobodan Krnjetin, EVAKUACIJA U VANREDNIM SITUACIJAMA PRILIKOM PRIRODNIH I TEHNIČKO- TEHNOLOŠKIH KATASTROFA	1264-1267
4. Đorđe Pavlović, Vladimir Mučenski, ANALIZA STANJA I PRIMENE MERA BEZBEDNOSTI I ZDRAVLJA NA RADU NA GRADILIŠTIMA U NOVOM SADU, REPUBLIKA SRBIJA	1268-1271

Radovi iz oblasti: Mehatronika

1. Milan Jovović, PROJEKTOVANJE I IZRADA ROBOTSKE ŠAKE KOJA SIMULIRA POKRETE PRSTIJU LJUDSKE RUKE I UPRAVLJANJE BEŽIČNIM PUTEM NA DALJINU	1272-1275
2. Miloš Topalović, DIDAKTIČKI MODEL ZA OBUKU IZ INDUSTRIJSKIH KOMUNIKACIONIH MREŽA	1276-1279
3. Lazar Jeremić, REALIZACIJA PAMETNE KUĆE UPOTREBOM RASPBERRY PI RAČUNARA	1280-1283
4. Igor Ardalić, PROIZVODNI SISTEM ZA PROIZVODNJU VENTILATORA	1284-1287
5. Željka Ivanković, JEDAN PRIMER AUTOMATIZACIJE POSTAVKE KLASTERA	1288-1291

ДИНАМИЧКО УРАВНОТЕЖЕЊЕ РОТОРА У СОПСТВЕНИМ ОСЛОНЦИМА IN FIELD ROTOR DYNAMIC BALANCING

Бобан Радин, Нинослав Зубер, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област – МАШИНСТВО

Кратак садржај – У раду је приказано испитивање ротирајуће машине у сопственим ослонцима. Закључено је у овом раду да је машина радила у дебалансу и извршено је динамичко уравнотежење машине. Такође је представљено колико предности у одржавању ротирајућих машина вибридијагностика пружа и колико је битна у савременој индустрији.

Кључне речи: *Вибридијагностика, Динамичка неуравнотеженост (дебаланс), Одржавање ротирајуће машине, балансирање*

Abstract: *The paper presents analysis based on testing the rotating machine in its own supports. The author draws a conclusion that machine has worked in imbalance and dynamic balancing of the machine was performed. Furthermore, the advantages in maintaining rotary machines of vibration diagnostics are presented and it is emphasized how important it is in the modern industry.*

Key words: *vibration diagnostic, dynamic imbalance, maintenance of a rotating machine, balancing.*

1. УВОД

Динамичка неуравнотеженост ротирајуће машине (дебаланс) је један од најчешћих узрочника повишених вибрација на машини, а самим тим и скраћења њеног животног века. Дебаланс представља додатно динамичко оптерећење машине на које пројектанти машине нису рачунали. Узимајући у обзир чињеницу да савремене машине раде на самој граници своје издржљивости идентификација и отклањање дебаланса представља изузетно значајан фактор у подизању расположивости ротирајуће машине у производном погону. Механичка вибрација је најуниверзалнији параметар од свих могућих параметара за праћење стања машине. У сигналу механичке вибрације је садржана последица сваког како механичког тако и електричног оштећења, а она се снима на кућишту лежја ротирајуће машине. Уколико се користи адекватан механички претварач вибрација за одговарајућу намену и уколико се примењују адекватне технике процесирања вибрационог сигнала могуће је идентификовати појаву различитих оштећења чак и у њиховој најранијој фази. Неплански застој ротирајуће машине може бити последица различитих узрока: дебаланса ротирајућих маса, несаосности погонских и гоњених делова, кривих и напуклих вратила, лоше насађених и лоше подмазиваних лежјаева, претегнутости каишева, рада при некој од побуђених фреквенција...

НАПОМЕНА:

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је био др Нинослав Зубер, ванредни професор.

2. ТЕХНИКЕ ОДРЖАВАЊА РОТИРАЈУЋИХ МАШИНА

Одржавање ротирајућих машина има два захтева која се међусобно на први поглед сукобљавају :

- да машина ради што је могуће поузданије,
- да је цена одржавања што је могуће нижа.

Типови одржавања се могу поделити у четири категорије :

- Одржавање након појаве отказа
- Превентивно одржавање
- Предиктивно одржавање (одржавање по стању)
- Проактивно одржавање

2.1. Одржавање након појаве отказа

Овај тип одржавања се базира на томе да машина или производна линија ради све до појаве отказа и да се поправка или замена одговарајућег дела изврши само уколико је опрема у квару.

2.2. Превентивно одржавање

Превентивно одржавање подразумева поправку или замену одређених делова по унапред одређеним временским интервалима. Замена се врше по календарском датуму или броју радних сати машине. Проблем код овог типа одржавања се односи на замену одређених делова на опреми и пре него што се за тиме јави потреба. Велики недостатак превентивног одржавања је да унапред планирани застоји никада не долазе у право време, дођу или прерано (док део још није за замену) или прекасно (када већ дође до отказа).

2.3. Предиктивно одржавање

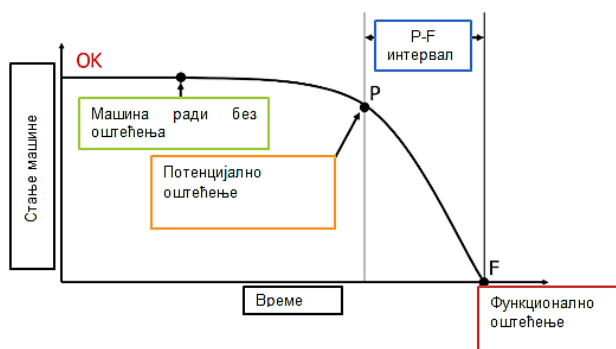
Предиктивно одржавање или одржавање по стању заснива се на замени делова тек након дијагностиковања проблема. Стање машине се прати периодично и када се проблем уочи тражи се и узрок због чега је и настао тај проблем. Кад предпоставимо узрок долази до замене похабаног дела по дефинисаном плану.

2.4. Проактивно одржавање

Ово одржавање може да предвиди узрок потенцијалних хаварија. Анализира се машина у потпуности и исправљају се недостаци да до хаварије не би дошло. Проактивно одржавање обједињује превентивно и предиктивно одржавање, али такође обухвата и анализу проблема узрока. Ова анализа детектује и указује на могуће проблеме које доводе до дефекта и тиме спречава неправилну уградњу резервних делова и инсталације опреме, на тај начин позитивно утиче на ефикасност машине.

3. ПРЕДИКТИВНО ОДРЖАВАЊЕ (ОДРЖАВАЊЕ ПО СТАЊУ) НА БАЗИ МЕРЕЊА И АНАЛИЗЕ ВИБРАЦИЈА

Предиктивно одржавање ротирајућих машина подразумева организацију активности замене делова машине тек при детекцији појаве функционалног оштећења. Као такво оно је базирано на својој основној претпоставци да је време између појаве потенцијалног и функционалног оштећења довољно за реакцију службе одржавања у спречавању појаве функционалног оштећења. Овај временски интервал је познат под називом *p-f* интервал (Слика 1).



Слика 1- *p-f* интервал

3.1. Детекција проблема

Детекција представља први корак који подразумева снимање вибрација на ротирајућој машини и приказ временских трендова одабраног скаларног показатеља вибрационог сигнала. Код предиктивног одржавања снимање се врши по унапред одређеним временским интервалима, на пример једном у месец дана. Критичне машине посећујемо чешће или се примењује систем перманентног праћења. При томе основни циљ је идентификација наглих промена кривих трендова које повезујемо са деградацијом машине. Након снимања вибрација са машине подаци се пребацују у софтвер који врши визуелизацију трендова као приказ векторских исказа вибрација.

3.2. Анализа векторских исказа

Када се заврши са детекцијом долази се до фазе-анализе. У овој фази се врши детаљна анализа, пре свега, векторских исказа вибрационих сигнала у циљу једнозначне идентификације основних узрочника повишених вибрација. То може бити било који од могућих узрока на машини: дебаланс, несаосност, зазори, криво вратило, резонанција, проблеми електричне природе итд. Принципи анализа долази се до једнозначног закључка.

3.3. Корективне мере

Након изведених закључака о основном узрочнику повишених вибрација предлажу се потребне корективне мере на машини у циљу смањења укупних нивоа вибрација. Извештаји који се генеришу у овој фази су далеко детаљнији од извештаја изузећа.

3.4. Контролно мерење

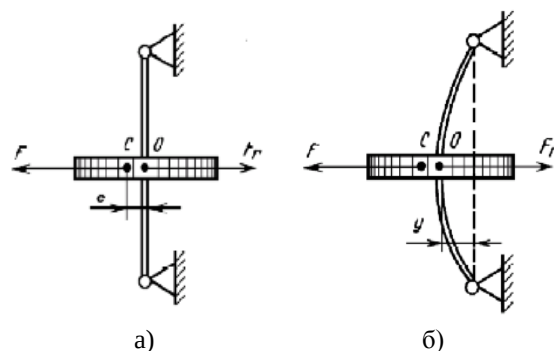
Након предложених корективних мера на машини, исте се спроводе. Свако испитивање вибрације без контролног снимања је најблаже речено неозбиљно.

Ангажман вибродиагностичара на решавању проблема повишених вибрација мора бити документован у форми извршеног контролног снимања и доказано бољег оперативног стања машине (нижи нивои вибрација, у границама дозвољених). Тиме је један циклус провере и потврде оперативног стања машине на бази снимљених вибрација и завршен.

4. ДИНАМИЧКА НЕУРАВНОТЕЖЕНОСТ (ДЕБАЛАНС) КАО ЈЕДНА ОД МОГУЋИХ ОШТЕЋЕЊА МАШИНЕ

Проблем динамичког уравнотежења маса и центрирања ротора представљају основне и најопштије проблеме динамике машина, а посебно обртних машина. Ови проблеми код савремених машина и уређаја добијају све већи и актуелнији значај, услед тенденције непрестаног повећања брзоходности њихових ротора.

Дебаланс се може описати као ексцентритет центра масе ротора релативно у односу на осу обртања што је показано на слици 2 (а).



Слика 2. а) Ексцентритет центра масе ротора релативно у односу на осу обртања б) Повећање ексцентритета услед деловања те инерцијалне

При обртању ротора, се јавља центрифугална сила

$$F_c = m \cdot e \cdot \omega^2 \quad (1)$$

m - вишак масе; e – ексцентритет; ω - број обртаја

У пракси сви машински делови имају коначну крутост. Самим тим се ексцентритет e , котиран на слици 2.а), у току обртања ротора повећава услед деловања те инерцијалне силе како то показује слика 2.б).

4.1. Услови и типови динамичке неуравнотежености ротора

Математички услови уравнотежености крутог ротора су:

- центар масе мора да лежи на оси ротације
- оса ротације мора да се поклапа са главном осом инерције

Зависно од тога који су услови испуњени, разликују се три типа неуравнотежености:

- статичка неуравнотеженост ротора
- моментна неуравнотеженост ротора
- динамичка неуравнотеженост ротора

5. МЕТОД ДИНАМИЧКОГ УРАВНОТЕЖЕЊА У СОПСТВЕНИМ ОСЛОНЦИМА

За динамичко уравнотежење крутог ротора у сопственим ослонцима потребно нам је:

- информација о маси тешке тачке
- фаза тешке тачке у корекционој равни на полупречнику монтаже

Оно што ми можемо да измеримо јесте вибрациони одзив на кућиштима лежајева који, између осталог, потиче и од дебаланса ротирајућих маса на машини. Зато у оквиру поступка динамичког уравнотежавања ротора у сопственим ослонцима, применом такозваних пробних маса, ми посредно вршимо калибрацију система, покушавајући да одредимо релацију између дебаланса на ротору и снимљене вибрације.

6. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ДЕО

6.1. Коришћена мерна опрема

За извођење самог експерименталног дела рада коришћен је преносиви мултифункционални уређај FALCON са троаксијалним сензором за снимање вибрација пре балансирања. За само балансирање кориштен је:

- ласерски сензор за број обртаја који је читавао залепљену маркицу
- као и сензор вибрација који је радио синхронно са ласерским сензором

6.2. Опис пријављеног проблема

У експерименталном делу смо имали задатак да извршимо испитивање машине, у погонима ТЕ-ТО Сремска Митровица, која транспортује сунцукретову љуску у силос из кога се та сунцукретова љуска даље дозира у пећ за грејање и да је оспособимо за нормалан рад.

Проблеми који су пријављени је да машина када ради тресе целу халу, машина се налази на трећем спрату, такође је речено да машина ради у току грејне сезоне само 15 мин. на сваких сат времена. Што значи да је капацитет машине 4 пута већи од потребног. За тих 15 мин. мотор се залеће, ради пуном снагом и након тога се гаси и хлади без додатног струјања ваздуха. Овај режим рада за електромотор је веома непогодан.

6.3. Опис машине

Вентилатор се састоји од мотора и радног кола. Мотор је снаге 30 kW а брзина обртаја је 2950 RPM. Радно коло је састављено од вратила које се ослања на два лежаја и на том вратилу на једном препусту постављен је вентилатор са 12 лопатица а на другом крају се налази ременица са 5 каишних преносника, који преносе снагу са мотора на радно коло.

6.4. Решавање проблема

Након визуелног прегледа машина је пуштена у рад и помоћу троаксијалног сензора извршена су мерења у мерним тачкама које су означене на слици 3. Осим нивоа сумарне брзине снимане су и вредности сумарног убрзања. Од векторских исказа вибрација снимани су: фреквентни спектар у 3 различита фреквентна опсега (2 Hz – 200 Hz, 2 Hz – 2000 Hz и 2 Hz– 20000 Hz), временски запис и спектри енvelopног убрзања.



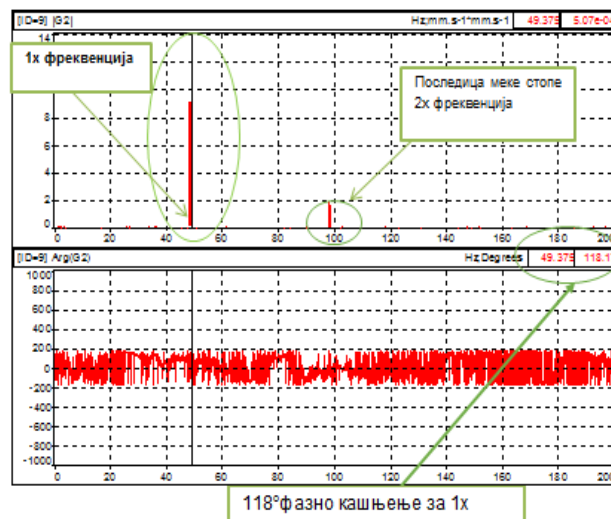
Слика 3: Вентилатор спреман за испитивање са означеним мерним местима

На слици 4. су приказане све измерене вредности затеченог стања машине. Из табеле видимо да се алармантна вредност јавља на лежају 3 и то у аксијалном правцу. Аксијална компонента се јавља код машине које раде на препусту, али пошто је измерена вредност алармантна тражили смо и други разлог. Такође аксијална компонента може да се јави и када су два вратила несаосна што је био случај са ременицама, али ипак је та компонента највећим делом настала као и што смо претпоставили од претегнутости каишева. Такође је алармантна вредност и на лежају 4, али ова компонента настаје од дебаланса који смо касније и јасније увидели. Видимо да су се упалили и аларми упозорења на малим фреквенцијама у хоризонталном правцу како на лежају 3 тако и на лежају 4.

	1-MT-Ax	1-MT-RH	1-MT-RV	2-MT-Ax	2-MT-RH	2-MT-RV	3-FN-Ax	3-FN-RH	3-FN-RV	4-FN-Ax	4-FN-RH	4-FN-RV
PS												
Acceleration - 2/2s	0.240	0.319	0.442	0.267	0.273	0.319	1.17	1.15	1.13	1.69	1.31	1.51
OvtVibration velocity	4.84	6.38	8.32	5.52	6.78	7.70	12.6	12.6	12.6	12.6	9.95	11.4
LF - 2/2000Hz	0.172	0.139	0.240	0.209	0.225	0.142	0.421	0.382	0.343	0.440	0.420	0.385
MF - 200/20000Hz	0.202	0.201	0.380	0.142	0.158	0.285	0.349	0.344	0.344	0.724	0.510	0.599
HF - 2000/20000Hz	0.110	0.102	0.146	0.092	0.092	0.080	0.544	0.515	0.515	1.41	1.05	1.00
DEF	1.71	2.51	4.13	2.54	2.58	3.04	3.88	3.41	3.27	4.95	3.94	4.20

Слика 4: Измерене вредности затеченог стања машине

Помоћу унакрсног фреквентног спектра добили смо да је фазна разлика 118° што је блиско 90° и можемо закључити да је један од проблема машине дебаланс. Такође видимо и да се на двоструку мрежној фреквенцији јавља компонента која јепоследица „меке стопе“.



Слика 5: унакрсни фреквентни спектар 1RH и 1RV

7. ДИНАМИЧКО УРАВНОТЕЖЕЊЕ МАШИНЕ-БАЛАНСИРАЊЕ

7.1. Мерење затеченог стања мотора

Мерења затеченог стања вршено је на брзини од 49,9 Hz.

Резултат који је очитан $V_{10} = 9,13 \text{ mm/s}$ на $e = 329^\circ$. Након тога је извршено пробно мерење.

7.2. Пробно мерење са пробним тегм од 30г

Сва мерења су вршена на истој (радној) брзини обртања од 49.9 Hz.

Пробно мерење је вршено тако што је постављена пробна маса. $M_t = 30 \text{ g}$. на 0° на растојању од 65 mm.

Резултати које смо добили су следећи:

$V_{11} = 12,35 \text{ mm/s}$ на $e = 299^\circ$.

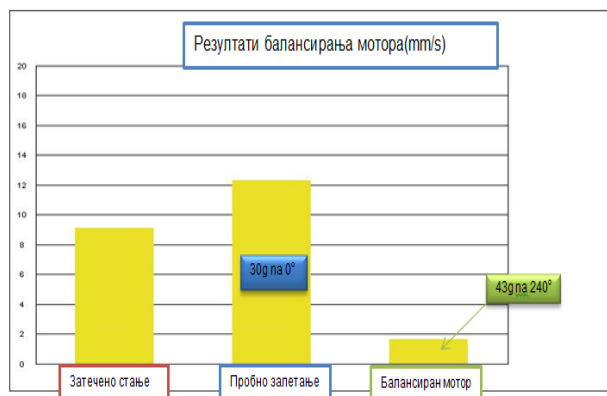
Стање мотора се погоршало али то је очекивано и не представља проблем. Уређај је на основу почетног и пробног мерења израчунао потребну масу и угао на коју је требало поставити контратег да би се извршило уравнотежење ротора.

7.3. Мерење са контратегом 43г на 240°

Након што смо одрадили пробно мерење уређај нам је израчунао да је потребно да ставимо контролни тег од 42,96г на углу од 255,8° на растојању од 65 mm.

Када смо то одрадили и почели поново мерење добили смо следеће резултате: $V_2 = 1.61 \text{ mm/s}$ $E = 211^\circ$.

Пошто овај резултат задовољава тражену класу уравнотежености 1.03/(6.30) сматрамо да је мотор довољно добро динамички уравнотежени и да неће правити проблеме код балансирања вентилатора.



Слика 6: Графички приказ резултата балансирања мотора

8. ЗАКЉУЧАК

Снимање и анализа вибрација је доказани поступак испитивања ротирајуће машине у току рада, на основу којег је могуће поуздано донети оцену о стању машине, а при томе не угрозити производњу, што је у данашње време када су рокови испорука све краћи готово недопустиво. Механичка вибрација, у општем случају, представља најбољи параметар за оцену стања машине због једнозначности информација које носи у себи.

На бази вибродиагностичких испитивања дијагностиковали смо недозвољени рад машине који је могао довести до застоја топлане у грејној сезони и тада би град остао без грејања док би се машина поправљала. Осим дијагнозе извршена је и корекција машине. Вибрација је при првом мерењу на мотору била 9,13 mm/s а после уравнотежења свели смо вибрацију на 1,61 mm/s. Вентилатор је такође радио у дебалансу и вредност вибрације је била 9,51 mm/s а после балансирања смо је свели на 3,33 mm/s.

9. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Др Зубер Нинослав – „Вибродиагностика ротирајућих машина“, књига у припреми
- [2] Др Зубер Нинослав - материјали са предавања из предмета: „Вибродиагностика“, Факултет техничких наука, Нови Сад, 2015.
- [3] Никола Новић - мастер рад „Идентификација стања котрљних лежачева применом вибродиагностичких метода“
- [4] Дејан Антељ - мастер рад
- [5] Арнолд Симеги – мастер рад „Дијагностика и корекција динамичке“ неуравнотежености ротирајућих машина у сопственим ослонцима“
- [6] Владимир Попов – мастер рад „Балансирање крутог ротора“
- [7] ТРЦ про технички опис OneproD MVP-2C
- [8] Упутство за коришћење OneproD MVP-2C

Кратка биографија:



Бобан Радин рођен у Зрењанину год., живи у Куману, ради као управник производње у компанији "Knott Autoflex ugg" у Старом Бечеју. Мастер рад одбранио на Факултету техничких наука из области Машинства – Вибродиагностика- Динамичко уравнотежење машине у сопственим ослонцима 2017 год.

REDIZAJN INDUSTRIJSKE KOČNICE REDESIGN OF INDUSTRIAL BRAKE

Nemanja Galić, Marin Gostimirović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – U radu je dat opis izmene dizajna industrijske disk kočnice. Prikazana je primena industrijskih kocniča, kao i primena savremenog softverskog paketa Autodesk Inventor. U radu je predstavljen problem određenog modela u eksploataciji i predlog rešavanja tog problema izmenom dizajna.

Abstract – The paper describes the redesign of the industrial disc brake. The application of the industrial disc brakes is presented, as well as the application of the modern software package Autodesk Inventor. The paper presents the problem of a certain brake in the exploitation and the solution for this problem by design change.

Ključne reči: Dizajn, Industrijska disk kočnica, Autodesk Inventor

1. UVOD

U ovom radu će biti reč o industrijskom dizajnu i kočnici koja može da se primenjuje kao standardna i kao sigurnosna. Reč je o industrijskoj kočnici sa elektrohidrauličnim podizačem originalnog naziva “Thruster disc brake”. Patent ove kočnice star je već više od 30 godina i od tada nije bilo potrebe za promenom njegovog načina rada, što neće ni u ovom radu biti urađeno, ali će se težiti ka unapređenju kočnice sa aspekta tehnologije izrade, estetike i eksploatacionih karakteristika.

Jasno je da je za ovakav rad potreban detaljan proračun svih delova jer se radi o veoma odgovornom uređaju u svakodnevnoj primeni. Ispitivanja kojima se može doći do traženih podataka, a u ovom slučaju napona u pojedinim delovima, mogu se vršiti analitički, eksperimentalno ili pomoću računarskih simulacija. U ovom radu biće primenjen metod simulacija.

Dakle, biće prikazan izmenjen model kočnice redizajniran u programu “Autodesk Inventor” kao i simulacija njegovog rada. Biće reči i o dizajnu, a i samom softveru koji će biti korišćen za ovaj projekat. Takođe, metodom konačnih elemenata predstaviće se naponsko stanje jednog od najodgovornijih elemenata ove kočnice, za čiji postupak će se takođe koristiti Inventor. Biće prikazane karakteristike postojećeg modela uporedno sa karakteristikama novog modela, radi lakšeg uvida u rezultate ovog rada.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Marin Gostimirović, red. prof.

2. INDUSTRIJSKI DIZAJN

Dizajn se definiše kao intelektualni, tehnički i kreativni proces koncipiranja i oblikovanja predmeta, prostora, usluga i vizuelnih komunikacija [1,2]. Može se shvatiti kao proces koji zahvata sve faze kroz koje proizvod prolazi u procesu razvoja – od zamisli do konačnog plasmana na tržište. On obuhvata dosta različitih disciplina, gde svaka od njih ima vlastitu specijalizovanu svrhu, pripremu i praksu.

Dizajn proizvoda je multidisciplinarni proces koji uglavnom uključuje tržište i tehnološka istraživanja, koncept proizvoda, prototip, konačni razvoj proizvoda i testiranje, kao i post proizvodno prilagođavanje [3,4].

Dobar dizajn proizvoda je u funkciji uspešnog poslovanja preduzeća. Postoje tri bitna područja u kojima odlučivanje o dizajnu ima izuzetno značenje:

- identitet preduzeća,
- dizajn proizvoda i
- identitet marke.

Identitet preduzeća predstavlja sliku preduzeća kroz arhitekturu, unutrašnje uređenje, proizvode, logotipe, slogane i ekonomsku propagandu.

Dizajn proizvoda odnosi se na izbor kombinacije funkcionalnih, strukturnih i estetskih obeležja. Funkcionalna obeležja su povezana sa koristi koja se očekuje od proizvoda. Na primer, kišobran treba da pruži zaštitu od kiše. Strukturna obeležja se odnose na mogućnost ispunjavanja funkcionalnih obeležja proizvoda i uključuju odluke o veličini, obliku, materijalu.

Na primer, kišobran može biti veličine koja omogućava njegovo nošenje u torbi i može biti izrađen od prozirnog materijala kroz koji se može gledati. Estetska se obeležja odabiraju i kombinuju tako da daju osećajnu privlačnost proizvodu.

Identitet marke uključuje imena, reči, znakove, simbole i/ili oblike koji se koriste u cilju razlikovanja proizvoda jednog proizvođača ili prodavca od konkurencije. Identitet marke u funkciji je stvaranja imidža proizvoda, utiče na odluke o ceni i stvara percepciju o kvalitetu proizvoda.

2.1. Uslovi koje mora ispuniti dobar dizajn

Dobar dizajn mora ispunjavati uslove vezane za:

- upotrebljivost proizvoda,
- ergonomske prilagodljivost,
- tehničku/ekonomsku pouzdanost,
- estetsku senzibilnost,
- doslednost imidža.

3. SOFTVER ZA MODELIRANJE „AUTODESK INVENTOR”

Autodesk Inventor je programski sistem kompanije Autodesk, koji je namenjen za projektovanje, modeliranje i simulaciju u mašinstvu.

Ovaj programski sistem nudi širok i fleksibilan skup modula za trodimenzionalno modeliranje u mašinstvu, simulaciju rada proizvoda, projektovanje alata i ostalih inženjerskih delatnosti. Inventor pruža mogućnost za brzu izradu 3D prototipova, omogućavajući izradu tačnih modela, pružajući pomoć u dizajniranju, vizuelizaciji i simulaciji pre same izrade dela.

Brza izrada prototipova pomoću Inventora pomaže kompanijama u dizajniranju i stvaranju boljih proizvoda, smanjujući pri tome troškove razvoja i omogućavajući brži plasman proizvoda na tržište. Autodesk Inventor postoji u različitim programskim konfiguracijama pružajući korisnicima različite nivoe opremljenosti i funkcionalnosti i čime bi zadovoljili sve njihove potrebe u obavljanju svojih poslova.

U suštini programski system Autodesk Inventor omogućava sledeće:

- Integraciju podataka iz AutoCAD programskih paketa i 3D podatke u jedan digitalni model i stvaranje virtualnog predstavnika krajnjeg proizvoda
- Unapređivanje projekata što zahteva otvorene nezavisne CAD datoteke
- Poboljšavanje produktivnosti automatizacijom ponavljajućih dizajnerskih aktivnosti i bolju ažurnost 2D dokumentacije i alata za 3D vizuelizaciju
- Efikasno i bezbedno razmenjivanje podataka pomoću integrisanog Autodesk Vault programa
- Upravljanje poslovnim procesima sa novim, Autodesk PLM 360, programom za upravljanje životnim ciklusom proizvoda
- Optimizaciju izbora materijala na osnovu uticaja na životnu sredinu, cene i karakteristike
- Optimizaciju i proveru projektovanog rešenja sa integrisanim alatima za simulaciju, minimizirajući potrebu za testiranje na fizičkim prototipovima
- Projektovanje kompleksnih sistema od cevi i cevovoda
- Upravljanje tehničkom dokumentacijom

4. INDUSTRIJSKE KOČNICE

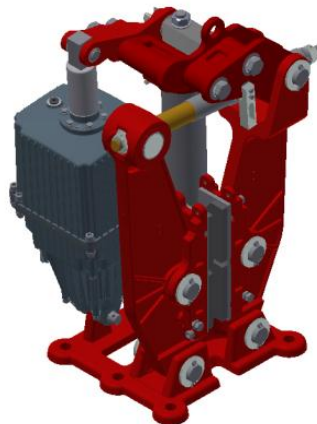
Najveća primena industrijskih kočnica je u rudarskim kopovima, rudarskim dizalicama, kao na portalnim kranovima u lukama gde se koristi za zaustavljanje namotaja sajli. U primeni danas imamo mnogo modela industrijskih kočnica, a četiri tipa koji su najviše u primeni su:

- Caliper disc brake
- Monospring caliper disc brake
- Thruster disc brake
- Thruster drum brake.

U nastavku rada se ukratko prikazuje posmatrana kočnica „Thruster disc brake“.

5. OSNOVNI PRIKAZ KOČNICE „THRUSTER DISC BRAKE“

Princip rada ovog modela se zasniva na stezanju diska pomoću zavojne opruge, a otpuštanje se izvodi pomoću elektro-hidrauličnog podizača (otkočnika).



Slika 5.1 Thruster disc brake MD28

Tehničke karakteristike modela MD28:

- Kočioni moment: 2730-22500 Nm
- Prečnik diska: 450-1000 mm
- Površina kočionih obloga: 205 cm²
- Težina: 190 kg
- Gabaritne dimenzije: 600x500x940 cm

6. PREDLOG IZMENE DIZAJNA KOČNICE „THRUSTER DISC BRAKE”

6.1. Eksploatacioni problem kočnice MD28

Tokom eksploatacije kočnica je izložena velikim silama i momentima. Radni vek kočnice zavisi od načina i učestalosti njene primene, kao i održavanja. Ako dođe do preopterećenja može doći do loma nekog dela kočnice.

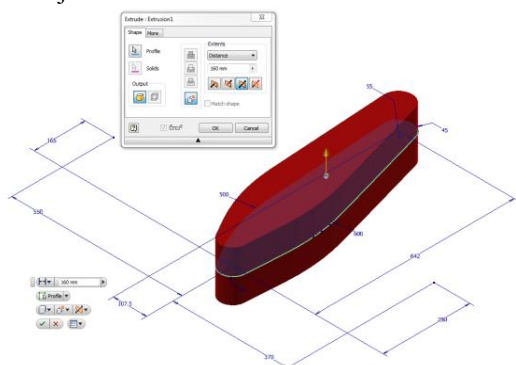
Na slici 6.1 prikazan je lom velike poluge koji je nastao kao posledica zamora materijala. Cilj ovog poglavlja, kao i celog rada je unapređenje eksploatacionih karakteristika ove kočnice redizajnom nekih delova.



Slika 6.1 Lom velike poluge kočnice

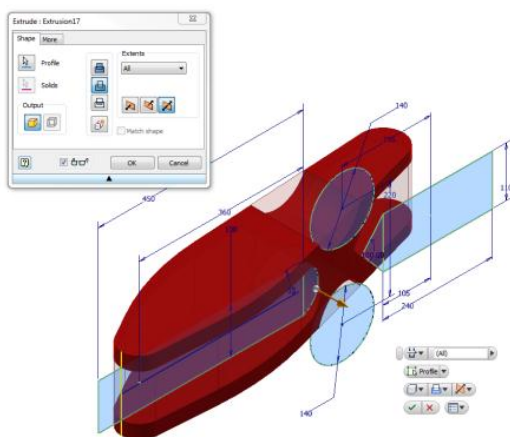
6.2 Modeliranje delova kočnice

U nastavku rada prikazani su osnovni koraci modeliranja delova kočnice.



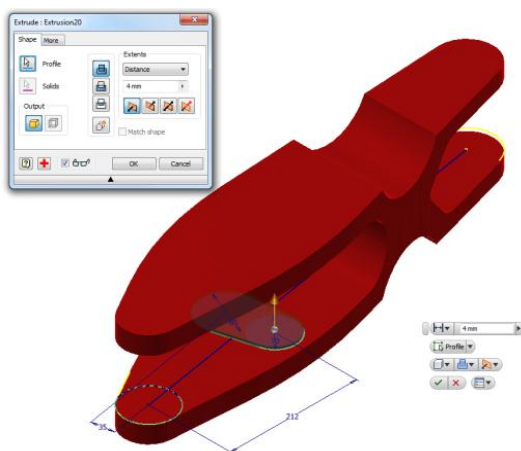
Slika 6.2 Prvi korak

Izborom opcija New part>Start Sketch dolazi se do trodimenzionalnog okruženja u kom se vrši izbor ravni skiciranja. Na izabranoj ravni skicira se profil poluge i komandom extrude izvlači se na 160 mm.



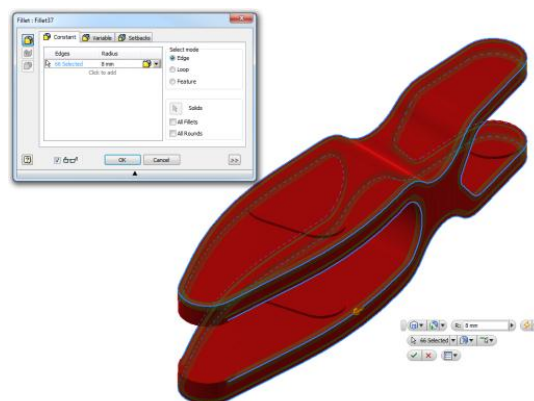
Slika 6.3 *Drugi korak*

Izradom sledeće skice i korišćenjem komande Extrude uklanja se nepotreban materijal.



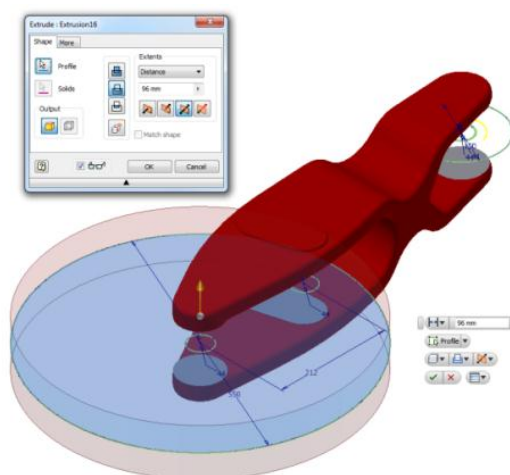
Slika 6.4 *Treći korak*

Dodavaju se ojačanja na mestima gde se poluga vezuje za postolje i nosač kočionih obloga. Osim uloge ojačanja ove izbočine će predstavljati mesta na koja će se naslanjati nosač kočionih obloga.



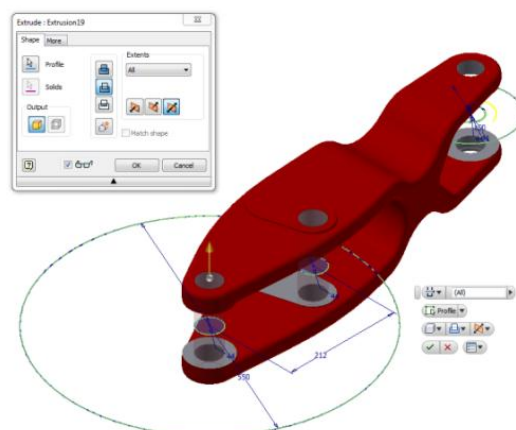
Slika 6.5 Četvrti korak

Komandom filet zaobljavaju se sve ivice na modelu. Ovim korakom završava se modeliranje odlivka.



Slika 6.6 *Peti korak*

U ovom koraku počinje se sa modeliranjem novog dela koji će poslužiti da izradu tehničke dokumentacije za obradu rezanjem.



Slika 6.7 Šesti korak

Izradom otvora dobija se konačan izgled velike poluge.

7. METODA KONAČNIH ELEMENATA

Prilikom simulacije rada kočnice fokusiraće se na deo velike poluge na kom je došlo do havarije (Slika 6.1). Tokom analize neki delovi koji ne utiču na rezultate će biti izuzeti iz simulacije radi dobijanja tačnijih rezultata.

Generisanje mreže konačnih elemenata:

Prilikom generisanja mreže konačnih elemenata korišćena su standardna podešavanja softvera kod oba modela i dobijeni su sledeći rezultati:

	Stari dizajn:	Novi dizajn:
Broj elemenata:	110532	30468
Broj čvorova:	65316	17092

Izbor materijala:

Kao materijal se usvaja liveno željezo sa sledećim karakteristikama:

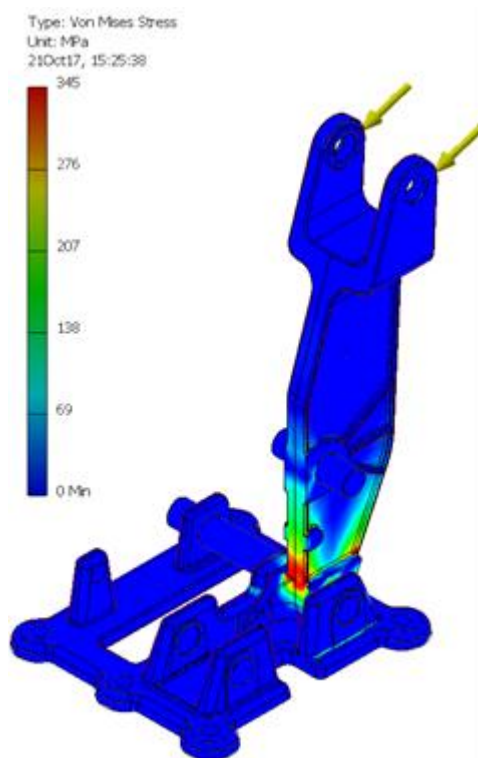
Gustina:	7.1 g/cm ³
Granica elastičnosti:	345 MPa
Zatezna čvrstoća:	445 MPa

Opterećenja:

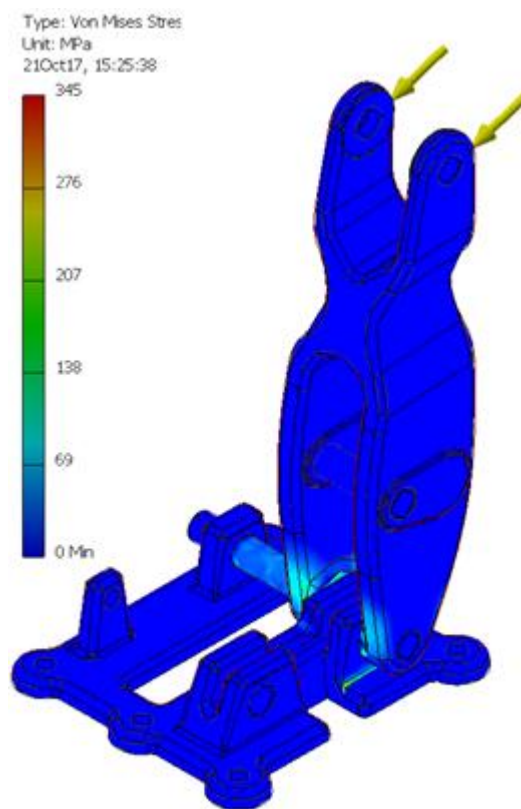
Poluga je u simulaciji opterećena samo jednom silom, silom opruge koja deluje na nju preko mehanizma. Ostale sile i momenti se mogu zanemariti jer su dosta manjeg intenziteta. Intenzitet sile je 21000 N u horizontalnom i 6000 N u vertikalnom pravcu na dole.

Rezultati:

Dijagrami napona su prikazani na slikama 7.1 i 7.2. Može se zaključiti da se na starom dizajnu pojavljuju povišeni naponi upravo na mestu na kom je došlo do loma ovog dela (Slika 6.1). Na novom dizajnu uz ista opterećenja ne dolazi do pojave velikih napona u zoni pucanja.



Slika 7.1 Dijagram napona starog dizajna



Slika 7.2 Dijagram napona novog dizajna

8. ZAKLJUČAK

U prikazanom radu predstavljene su neke od najvažnijih informacija o proizvodnji iz sektora koji dosad nije bio zastupljen u našoj državi. Dat je opis funkcionisanja jednog modela industrijske kočnice u industriji teških mašina i predstavljen jedan realan inženjerski problem, kao i predlog rešenja tog problema.

9. LITERATURA

- [1] Sekulić M. : Proizvodni dizajn - skripta, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2014.
- [2] Gostimirović M. : Baza podataka obradnih procesa, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2013.
- [3] Samir L. : Modeliranje konstrukcija primenom računara, Mašinski fakultet, Zenica, 2016.
- [4] Dumas A. : Theory and practice of industrial design, InnoRegio project, 2000.

Kratka biografija:

Nemanja Galić rođen je u Novom Sadu 1993. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka, smer Proizvodno mašinstvo, odbranio je 2017 iz oblasti Proizvodni dizajn.

Marin Gostimirović rođen je 1957. god. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1997. god. Od 2011. god. je u zvanju redovnog profesora. Oblast interesovanja su procesi obrade skidanjem materijala.

PRIMENA FRAKCIONOG ZENEROVOG MODELA VISKOELASTIČNOG TELA U ANALIZI SUDARA DVA TELA

APPLICATION OF GENERALIZED ZENER MODEL OF VISCOELASTIC BODY IN IMPACT ANALYSIS OF TWO BODIES

Mirko Janković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – U radu je analiziran problem sudara dva tela koji mogu da se kreću translatorno po hrapavoj podlozi. Kontakt između tela je modeliran viskoelastičnim štapom koji je opisan frakcionim Zenerovim modelom. Prikazani su rezultati numeričkih simulacija za dva karakteristična scenarija sudara.

Abstract – In this paper the problem of collisions of two bodies that can move translatorly on a rough surface is analyzed. Contact between bodies is modeled with a viscoelastic rod which is described by the fractional Zener model. The results of numerical simulations for two characteristic collision scripts are presented.

Ključne reči: Sudar, Zenerov model, Frakcioni izvod, Kulonov model trenja.

1. UVOD

Kada mehanički sistem ili telo stupi u kontakt sa drugim telom, tj. u istom trenutku na istom mestu se nađu dve tačke sa različitim brzinama, nastaje mehanički proces koji se naziva sudar. Pojava sudara je specifična po tome što se javljaju vrlo velike kontaktne sile, koje traju kratko vreme. Lokalno u okolini tačke kontakta pojavljuju se deformacije tela, tako da ovaj problem spada u okvire Hercove teorije sudara, videti [1]. U radu se analizira problem sudara dva tela koja klize jedno ka drugom u prisustvu suvog trenja i čiji se kontakt ostvaruje posredstvom viskoelastičnog štapa, što znači da se može svrstati u okvir problema dinamike krutog tela sa viskoelastičnim slojem koji je analiziran u radu [2].

Štap je modeliran korišćenjem modifikovanog Zenerovog modela odnosno frakcionog viskoelastičnog tela. Za modeliranje sile trenja korišćena je viševrednosna funkcija znaka. Sličan problem sa drugačijim početnim uslovima je analiziran u radu [3] korišćenjem numeričkog algoritma za rešavanje dobijenog sistema diferencijalnih jednačina. U ovom radu će biti korišćena ekspanziona formula za frakcioni izvod predstavljena u radu Atanackovića i Stankovića [4].

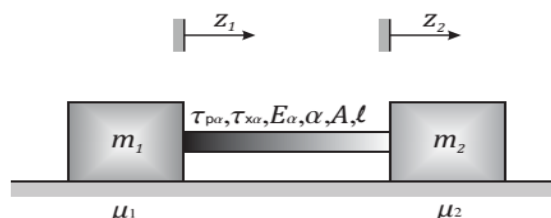
Na taj način će se uvođenjem momenata funkcija diferencijalna jednačina necelog reda zameniti sa sistemom običnih diferencijalnih jednačina prvog reda. Da bi se uradile numeričke simulacije neophodno je analizirati sve moguće scenarije sudara, videti [3].

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio docent dr Nenad Grahovac.

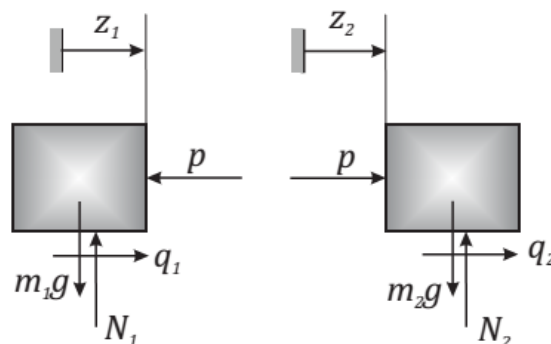
2. MEHANIČKI MODEL SUDARA DVA TELA

Posmatra se sistem od dva kruta tela, prikazan na slici 1, čije su mase m_1 i m_2 . Za telo 1 uklješten je viskoelastični štap dužine ℓ koji ima zanemarljivu masu. Telo se kreću translatorno po horizontalnoj hrapavoj površini sa različitim vrednostima koeficijenata trenja μ_1 i μ_2 , pri čemu je položaj tela određen koordinatama z_1 i z_2 .



Slika 1. Sistem od dva kruta tela na hrapavoj podlozi sa viskoelastičnim štapom.

U početnom trenutku $t = 0$ telo mase m_1 , čija je početna brzina v_{01} posredstvom viskoelastičnog štapa kontaktira telo mase m_2 koje se kreće ka telu 1 početnom brzinom v_{02} . Štap je nedeformisan i neopterećen u početnom trenutku.



Slika 2. Analiza sila koje deluju na kruta tela.

Na osnovu dekompozicije sistema koja je prikazana na slici 2, može se napisati osnovna aksioma dinamike za svaki blok. Projektovanjem na pravac kretanja dobijaju se sledeće diferencijalne jednačine kretanja:

$$\begin{aligned} m_1 z_1'' &= p + q_1, \\ m_2 z_2'' &= p + q_2, \end{aligned} \quad (1)$$

gde oznaka $(.)^{(.)} = d(.) / dt$ označava izvod po vremenu, sila p predstavlja unutrašnja sila u viskoelastičnom štapu a sa q_i , $i = 1, 2$, su obeležene sile trenja u kontaktu blokova i hrapave podloge.

Koristeći princip određenosti Njuton-Laplase sistemu (1) su pridruženi sledeći početni uslovi:

$$\begin{aligned} z_1(0) = 0, z_1'(0) = v_{01}, p(0) = 0, \\ z_2(0) = 0, z_2'(0) = -v_{02}. \end{aligned} \quad (2)$$

Deformacija viskoelastičnog štapu je određena koordinatom x

$$x = z_1 - z_2. \quad (3)$$

U sistemu diferencijalnih jednačina (1) ima pet nepoznatih veličina (z_1, z_2, p, q_1, q_2) tako da su osim diferencijalnih jednačina kretanja tela potrebne još tri dopunske jednačine za njegovo rešavanje. Viskoelastični štap sa slike 1 koji je dužine ℓ i površine poprečnog preseka A , modeliran je kao standardno frakciono viskoelastično telo, pa njegova konstitutivna jednačina odgovara modifikovanom Zenerovom modelu, i ima sledeći oblik:

$$p + \tau_{p\alpha} p^{(\alpha)} = \frac{E_\alpha A}{\ell} (x + \tau_{x\alpha} x^{(\alpha)}), \quad (4)$$

gde $(\cdot)^{(\alpha)} = d^\alpha(\cdot)/dt^\alpha$ označava α -ti izvod po vremenu t , red izvoda α je realan broj ($0 < \alpha < 1$), E_α je modul elastičnosti, $\tau_{p\alpha}$ i $\tau_{x\alpha}$ su konstante relaksacije čija je dimenzija $[vreme]^\alpha$. U ovom radu se koristi standardna Riman-Ljuvilova forma frakcionog izvoda

$$\frac{d^\alpha[u(t)]}{dt^\alpha} = u^{(\alpha)} = \frac{d}{dt} \left[\frac{1}{\Gamma(1-\alpha)} \int_0^t u(\xi)(t-\xi)^{-\alpha} d\xi \right],$$

gde Γ predstavlja Ojlerovu Gama funkciju. Iz definicije necelog izvoda može se zaključiti da frakcioni izvod nelokalni operator i da će njegova primena u ovom slučaju omogućiti da se uzme u obzir kompletna istorija deformacije viskoelastičnog štapu.

Koeficijenti u modifikovanom Zenerovom modelu (4), ne mogu biti proizvoljni već moraju zadovoljiti nejednakosti koje su posledica drugog zakona termodinamike:

$$\tau_{p\alpha} > 0, E_\alpha > 0, \tau_{x\alpha} > \tau_{p\alpha}, \quad (5)$$

tj. ograničenja (5) slede iz Klauzijus-Dijemove nejednakosti, videti rad [5].

U radu će sile trenja biti modelirane pomoću neglatke viševrednosne funkcije znaka (Sgn), koja zavisi od relativne brzine kontaktne tačke. U skladu sa tim Kulonov zakon za sile trenja može da se zapiše u sledećem obliku

$$-q_i \in \mu_i N_i Sgn(z_i^{(1)}), i = 1, 2, \quad (6)$$

gde su $N_i, i = 1, 2$ normalne reakcije površine koje su jednake težinama blokova $m_i g, i = 1, 2$. $\mu_i, i = 1, 2$ su koeficijenti trenja klizanja, a $Sgn(u)$ je neglatka viševrednosna funkcija koja je definisana na sledeći način:

$$Sgn(u) = \begin{cases} 1, & u > 0 \\ [-1, 1], & u = 0 \\ -1, & u < 0. \end{cases} \quad (7)$$

Na osnovu analize izraza (5) i (6) može se zaključiti da postoje po tri faze kretanja za svako telo. Od toga dve faze se odnose na klizanje ($u > 0$ i $u < 0$) a treća faza je faza priljublivanja, kada nema relativnog kretanja tj. kada je $u = 0$.

Trajanje sudara dva tela određeno je trenutkom T . Postoje dva uslova iz kojih se može odrediti trajanje sudara. Prvi je kada kontaktna sila u štapu postaje jednaka nuli $p(T) = 0$ što odgovara razdvajanju blokova u trenutku T . Drugi uslov je ako su brzine tela jednake nuli, $z_i^{(1)}(T) = 0$, pri čemu sila u štapu mora biti veća od nule, $p(T) > 0$. U drugom slučaju važi da tela posle sudara ostaju u kontaktu.

Telo 1 uvek ostaje s leve strane tela 2 jer kroz njega ne može da prodje, što odgovara pretpostavci da nema prodiranja kao i u Fremonovom pristupu analizi sudara, videti [6]. Disipacija energije je tokom sudara je data sledećim izrazom:

$$\Delta = \int_0^T [p(z_1^{(1)} - z_2^{(1)}) + \mu_1 N_1 |z_1^{(1)}| + \mu_2 N_2 |z_2^{(1)}|] dt.$$

U cilju pripreme za rešavanje i analizu postavljenog problema sudara dva tela koji je opisan jednačinama od (1) do (6), potrebno je problem zapisati u bezdimenzijskom obliku.

Uvedene su bezdimenzijske veličine za koordinate, sile i vreme sa

$$\begin{aligned} \bar{x} = \frac{x E_\alpha A}{m_1 g \ell}; \quad \bar{z}_i = \frac{z_i E_\alpha A}{m_1 g \ell}; \quad \bar{p} = \frac{p}{m_1 g}; \quad \bar{q}_i = \frac{q_i}{m_1 g}; \\ \bar{t} = t \sqrt{\frac{E_\alpha A}{m_1 \ell}}. \end{aligned} \quad (8)$$

Zatim su na osnovu veličina (8), bezdimenzionisane početne brzine, relaksacione konstante, i uveden je odnos masa ρ na sledeći način

$$\begin{aligned} \xi_1 = \frac{v_{01}}{g} \sqrt{\frac{E_\alpha A}{m_1 \ell}}; \quad \xi_2 = \frac{v_{02}}{g} \sqrt{\frac{E_\alpha A}{m_2 \ell}}; \quad \rho = \frac{m_2}{m_1}; \\ \bar{\tau}_{x\alpha} = \tau_{x\alpha} \left(\frac{E_\alpha A}{m_1 \ell} \right)^{\frac{\alpha}{2}}; \quad \bar{\tau}_{p\alpha} = \tau_{p\alpha} \left(\frac{E_\alpha A}{m_1 \ell} \right)^{\frac{\alpha}{2}}, \end{aligned} \quad (9)$$

Kada se u jednačine (1), (2), (4) i (6), kojima je opisan sudar dva tela, uvedu bezdimenzijske veličine date jednačinama (8) i (9) dobijamo sistem jednačina i početne uslove u bezdimenzijskoj formi

$$z_1^{(2)} = -p + q_1; z_1(0) = 0; z_1^{(1)}(0) = \xi_1, \quad (10)$$

$$z_2^{(2)} = \frac{p}{\rho} + q_2; z_2(0) = 0; z_2^{(1)}(0) = \xi_2; p(0) = 0,$$

$$p + \tau_{p\alpha} p^{(\alpha)} = x + \tau_{x\alpha} x^{(\alpha)}, \quad (11)$$

$$-q_i \in \mu_i Sgn(z_i^{(1)}), i = 1, 2. \quad (12)$$

U prethodnim jednačinama izostavljena je crtica iznad bezdimenzijske veličine radi jednostavnijeg zapisa jednačina, a izvodi su po bezdimenzijskom vremenu.

U konstitutivnoj jednačini (11) oznaka α stoji za izvod proizvoljnog realnog reda koji je definisan kao Riman-Ljuvilov frakcioni izvod. Ovaj frakcioni izvod se može aproksimirati ekspanzionom formulom:

$$\begin{aligned} z^{(\alpha)} = A(\alpha, N) z t^{-\alpha} + B(\alpha, N) \frac{z^{(1)} t^{1-\alpha}}{\Gamma(2-\alpha)} + \\ + \sum_{k=2}^N \frac{C_k(\alpha)}{(k-2)! t^{k+\alpha-1}} m_{z,k-2}, \end{aligned} \quad (13)$$

koja je prikazana u radu Atanackovića i Stankovića, videti [3]. U jednačini (13) koeficijenti $A(\alpha, N)$, $B(\alpha, N)$ i $C_k(\alpha)$ su funkcije koje zavise od reda izvoda α i parametra N koji određuje tačnost ekspanzione formule i imaju sledeći oblik

$$\begin{aligned} A(\alpha, N) &= \left[\frac{1}{\Gamma(1-\alpha)} - \frac{1}{\Gamma(2-\alpha) \Gamma(\alpha-1)} D(\alpha, N) \right], \\ B(\alpha, N) &= 1 + \sum_{k=2}^N \frac{\Gamma(k+\alpha-1)}{\Gamma(\alpha-1) k!}, \\ C_k(\alpha, N) &= \frac{1}{\Gamma(2-\alpha) \Gamma(\alpha-1)} \frac{\Gamma(k+\alpha-1)}{\Gamma(\alpha-1) k!}, \\ D(\alpha, N) &= \sum_{k=2}^N \frac{\Gamma(k+\alpha-1)}{(k-1)!}. \end{aligned} \quad (14)$$

Osim funkcije z i njenog prvog izvoda u ekspanzionoj formuli se pojavljuju funkcije $m_{z,k-2}$ koje predstavljaju momente funkcije z i koji su definisani sistemom diferencijalnih jednačina prvog reda i odgovarajućim početnim uslovima

$$\begin{aligned} m_{z,k-2}^{(1)} &= t^{k-2} z, \\ m_{z,k-2}(0) &= 0, \end{aligned} \quad (15)$$

gde je $k = 2, 3, \dots, N$.

Primenom ekspanzione formule (13) i izraza (14) u konstitutivnu jednačinu (11) uvode se momenti funkcija sile p i momenti deformacije viskoelastičnog štapa x i jednačina (11) postaje

$$\begin{aligned} p + \tau_{p\alpha} \left\{ (A(\alpha, N) p t^{-\alpha}) + \left(B(\alpha, N) \frac{p^{(1)} t^{1-\alpha}}{\Gamma(2-\alpha)} \right) \right\} + \\ + \tau_{p\alpha} \left(\sum_{k=2}^N \frac{C_k(\alpha)}{(k-2)!} t^{k+\alpha-1} m_{p,k-2} \right) = \\ = x + \tau_{x\alpha} \left\{ (A(\alpha, N) x t^{-\alpha}) + \left(B(\alpha, N) \frac{x^{(1)} t^{1-\alpha}}{\Gamma(2-\alpha)} \right) \right\} + \\ + \tau_{x\alpha} \left(\sum_{k=2}^N \frac{C_k(\alpha)}{(k-2)!} t^{k+\alpha-1} m_{x,k-2} \right). \end{aligned} \quad (16)$$

Zamenom oznaka z sa p i x u jednačinu (15) dobijaju se dve grupe jednačina i početni uslovi za momente funkcija sile i deformacije štapa.

Zadatak je da se reši sistem opisan jednačinama (10), (12) i (16) uz odgovarajuće dopunske jednačine i početne uslove za momente funkcija. Da bi bilo moguće uraditi numeričke simulacije neophodno je utvrditi sve moguće scenarije sudara o čemu će biti reči u sledećem delu.

3. ANALIZA MOGUĆIH SCENARIJA

Kombinatorna analiza uključuje sve kombinacije mogućih kretanja sistema posle sudara.

Glavni problem ove analize jeste identifikacija i određivanje svih scenarija kao i trenutaka u kome dolazi do prelaza jednog dinamičkog modela na drugi. Ovaj zadatak postaje još složeniji uz prisustvo nelokalnih operatora sa kojima se modelira disipacija energije u viskoelastičnom štapa.

Kretanje tela 1 u okviru posmatranog sistema za vreme trajanja sudara je dato u tabeli 1.

Tabela 1. *Moguća kretanja bloka 1 tokom sudara.*

Blok 1	Simbol	Sila	Brzina
Klizi udesno	$\rightarrow$	$p(T) = 0$	$z_1^{(1)}(T) > 0$
Klizi udesno pa ulevo	$\leftarrow$	$p(T) = 0$	$z_1^{(1)}(T) < 0$
Klizi udesno pa stane	$\dashleftarrow$	$p(T) = 0$ $\vee p(T) > 0$	$z_1^{(1)}(T) = 0$
Klizi udesno pa ulevo pa stane	$\vdash$	$p(T) = 0$ $\vee p(T) > 0$	$z_1^{(1)}(T) = 0$
Klizi udesno istom brzinom kao blok 2	$\Rightarrow$	$p(T) > 0$	$z_1^{(1)}(T) > 0$
Klizi ulevo istom brzinom kao blo 2	$\Leftarrow$	$p(T) > 0$	$z_1^{(1)}(T) < 0$

Kretanje tela 2 u okviru posmatranog sistema za vreme trajanja sudara je prikazano u tabeli 2.

Tabela 2. *Moguća kretanja bloka 2 tokom sudara.*

Blok2	Simbol	Sila	Brzina
Klizi ulevo	$\leftarrow$	$p(T) = 0$	$z_2^{(1)}(T) < 0$
Klizi ulevo pa udesno	$\rightarrow$	$p(T) = 0$	$z_2^{(1)}(T) > 0$
Klizi ulevo pa stane	$\vdash$	$p(T) = 0$ $\vee p(T) > 0$	$z_2^{(1)}(T) = 0$
Klizi ulevo pa udesno pa stane	$\dashleftarrow$	$p(T) = 0$ $\vee p(T) > 0$	$z_2^{(1)}(T) = 0$
Klizi udesno istom brzinom kao blok 2	$\Rightarrow$	$p(T) > 0$	$z_2^{(1)}(T) > 0$
Klizi ulevo istom brzinom kao blok 2	$\Leftarrow$	$p(T) > 0$	$z_2^{(1)}(T) < 0$

Na osnovu mogućih kretanja blokova prikazanih u tabelama 1 i 2 identifikovano je trinaest mogućih scenarija sudara koji su prikazani u tabeli 3.

Tabela 3. *Mogući scenariji sudara dva tela.*

Scenario sudara dva tela		Blok 2					
Blok 1	Simboli	$\leftarrow$	$\rightarrow$	$\vdash$	$\dashleftarrow$	$\Rightarrow$	$\Leftarrow$
	$\rightarrow$		1				
	$\leftarrow$	2	3	4	5		
	$\dashleftarrow$		6	7	8		
	$\vdash$		9	10	11		
	$\Rightarrow$					12	
	$\Leftarrow$						13

Scenariji 12 i 13 gde oba tela nakon sudara imaju istu brzinu se mogu odbaciti jer isključuju Klauziju-Dijemovu nejednakost, tj. pri njihovom modeliranju treba da važi $\tau_{x\alpha} = \tau_{p\alpha}$, za detalje treba pogledati rad [3].

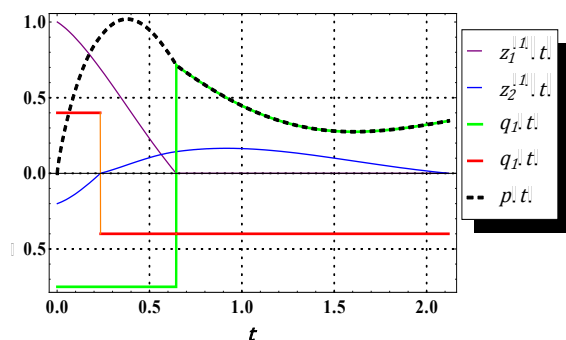
Dobijeni scenariji iz tabele 3 mogu se podeliti u dve grupe. U prvoj grupi su scenariji 1,2,3,4,5,6 i 9 kod kojih se tela razdvajaju u trenutku završetka sudara, dok drugu grupu čine scenariji 7,8,10 i 11 koji odgovaraju slučaju da tela u trenutku završetka sudara ostaju u kontaktu. U sledećem delu rada su prikazani numerički rezultati sudara dva tela.

4. REZULTATI NUMERIČKIH SIMULACIJA

U radu je prikazano kako se problem sudara dva tela može matematički predstaviti u formi Košijevog problema u kome se pojavljuju neglatke viševrednosne funkcije (sile trenja). Kretanje sistema je podeljeno po fazama i svakoj fazi odgovara jedan sistem običnih diferencijalnih jednačina. Radi se o rednom slaganju kretanja i tokom vremena se menjuju različite faze kretanja.

Problem predstavlja određivanje trenutka prelaska sistema iz jedne u drugu fazu. Nepoznati trenutak vremena se određuje iz uslova da je brzina tela u tom trenutku jednaka nuli. Kako bi se odredilo koja je sledeća faza kretanja potrebno je analizirati sile koje deluju na telo čija je brzina jednaka nuli. Za sve simulacije korišćen je softver Mathematica. Svi dobijeni rezultati su izračunati za $N = 7$. Za svaki scenario je napravljena procedura za izračunavanje atributa kretanja i sila za vreme sudara uzimajući u obzir moguća kretanja tela dok traje sudar. U nastavku će biti prikazana rešenja za dva slučaja iz tabele 3.

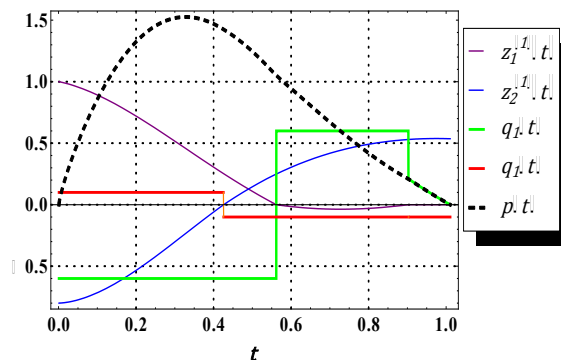
Prvo za scenario 8 u kome tela ostaju u kontaktu posle sudara. Ovaj scenario je dobijen za sledeće vrednosti parametara: $\alpha = 0.23, \tau_{\alpha\alpha} = 1.183, \mu_1 = 0.75, \mu_2 = 0.4, \rho = 1.25, \tau_{p\alpha} = 0.004, \xi_1 = 1, \xi_2 = -0.2$. Vreme trajanja sudara $T = 2.118$, brzine oba tela u trenutku završetka sudara iznose $z_1^{(1)}(T) = z_2^{(1)}(T) = 0$. Na slici 3 su prikazane brzine tela za vreme trajanja sudara kao i sile koje deluju na tela u slučaju scenarija 8.



Slika 3. Sila u viskoelastičnom štapu, brzine tela i sile trenja u funkciji vremena za scenario 8.

A zatim i za scenario 9 prema kome dolazi do razdvajanja blokova posle sudara se dobija za parametre: $\alpha = 0.23, \tau_{\alpha\alpha} = 1.183, \mu_1 = 0.6, \mu_2 = 0.1, \rho = 0.65, \tau_{p\alpha} = 0.004, \xi_1 = 1, \xi_2 = -0.8$. Vreme trajanja sudara iznosi $T = 1.011$, brzina tela 1 iznosi $z_1^{(1)}(T) = 0$, dok je brzina tela 2 jednaka $z_2^{(1)}(T) = 0.536$, što odgovara scenariju 9, slika 4. Na slici 4 su prikazane brzine tela za vreme trajanja sudara kao i sile koje deluju na tela za slučaj scenarija 9. Na slikama 3 i 4 može se primetiti poklapanje sile trenja na telu 1 i kontaktne sile u fazama kada je

brzina tela 1 jednaka nuli što je posledica činjenice da je ubrzanje tela 1 jednako nuli.



Slika 4. Sila u viskoelastičnom štapu, brzine tela i sile trenja u funkciji vremena za scenario 9.

Od značaja je primetiti da su sile trenja na slikama 3 i 4 i saglasne neglatkom modelu (12).

5. ZAKLJUČAK

U radu je prikazan drugačiji način za rešavanje problema sudara dva tela formulisanog u radu [3]. Za rešavanje konstitutivne jednačine korišćena je ekspanzion formula Atanackovića i Stankovića. Početni uslovi (2) su zahtevali da se uradi kombinatorna analiza na osnovu koje je utvrđeno da postoji 11 mogućih scenarija sudara. Prikazane su numeričke simulacije sudara dva tela i to za dva scenarija. Dobijeni rezultati pokazuju da se pomoću prikazanog mehaničkog modela mogu dobiti realna predviđanja o ishodu sudara što može biti od koristi u inženjerskim primenama.

6. LITERATURA

- [1] Спасић Д. Т., Механика: основе, опште и проширења (у припреми), 2018.
- [2] Song, P., Kraus, P., Kumar, V., Dupont, P., Analysis of rigid body dynamic models for simulation of systems with frictional contacts, Transactions of ASME Journal of Applied Mechanics, **68**, 118-128, 2001.
- [3] Grahovac, N, Spasic D. T., Multivalued fractional differential equations as a model for an impact of two bodies, Journal of Vibration and Control, **20(7)**, 2014.
- [4] Atanacković, T.M., Stanković, B., An expansion formula for Fractional derivatives and its application", Fractional Calculus & Applied Analysis, **7(3)**, 2004.
- [5] Atanacković, T.M., A modified Zener model of viscoelastic body, Continuum Mechanics and Thermodynamics **14**, 137-148, 2002.
- [6] Frémond, M., Collision mechanics, (Department of Civil Engineering, University of Rome, Tour Vergata, Rome), 2003.

Kratka biografija:



Mirko Janković rođen je u Novom Sadu 1991. god. Srednju Elektro-tehničku školu završio je 2010 god. u Novom Sadu. Osnovne akademske studije završio je 2014 god. na Fakultetu tehničkih nauka. Studijski program master studija Tehnička mehanika i dizajn u tehnici na Fakultetu tehničkih nauka upisao je 2014. god.

PROJEKTOVANJE SREDNJETEMPERATURNOG UREĐAJA ZA TERMIČKU OBRADU

DESIGN OF MEDIUM TEMPERATURE FURNACE FOR HEAT TREATMENT

Danko Bokan, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

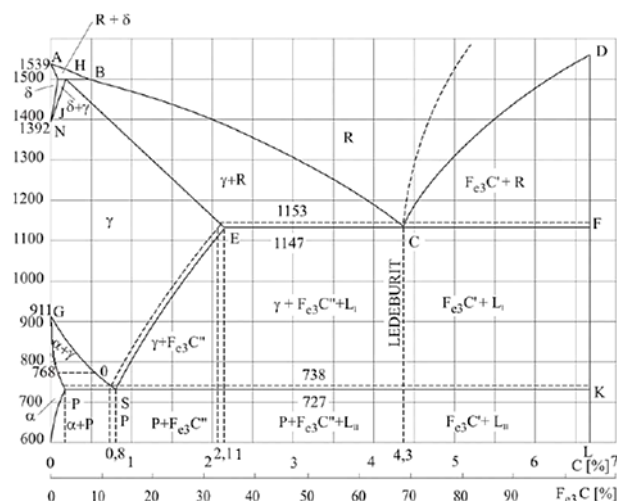
Kratak sadržaj – U ovom radu prikazan je proračun peći za termičku obradu, kao i potrebnih grejača. Dat je osvrt na problematiku transformacije čelika pri termičkoj obradi. Projektovan je uređaj srednjetermperaturnog opsega 3D. Opisano je automatsko upravljanje u postupcima termičke obrade.

Abstract – In this thesis is shown calculation of furnace for heat treatment, as well as necessary heaters. It also discusses the issue of transformation in steels during heat treatment. Device mid temperature range is designed in 3D. It describes the automatic control of heat treatment processes.

Ključne reči: Termička obrada, Transformacija čelika, Projektovanje

1. UVOD

Veliki značaj za transformaciju čelika pri termičkoj obradi ima dijagramstanja legura železo-ugljenik prikazan na slici 1.



Slika 1. Dijagramstanja železo-ugljenik-Ilija Pantelić: Tehnologija termičke obrade čelika I, Novi Sad 1974.

Rad se bavi projektovanjem peći koja se koristi za kaljenje, otpuštanje i poboljšanje.

Za potrebe proračuna korišćena je peć komornog tipa sa prinudnom cirkulacijom vazduha.

Program koji je korišćen za projektovanje uređaja za termičku obradu je SOLID EDGE v18 kompanije Siemens.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Branko Škorić.

2. PROBLEMATIKA TRANSFORMACIJA PRI TERMIČKOJ OBRADI

Pod čelikom se podrazumevaju legure iz metastabilnog sistema, čiji sadržaj ugljenika ne prelazi 2,11%. Na sobnoj temperaturi ugljenik se nalazi ili:

- hemijski vezan u obliku karbida železa (cementit) ili
- se rastvara veoma malo u α željezu-ferit

Legura Fe-C sa 0,80% C obrazuju eutektoid koji se, u slučaju normalnih uslova nastajanja, sastoji na sobnoj temperaturi iz pločica kristala gvožđa (ferita) i karbida železa (cementita). Ova struktura posmatrana svetlosnim mikroskopom, daje, pored karakterističnog prugastog izgleda i sedafast sjaj, zbog čega nosi naziv perlit.

Mikrostruktura legura Fe-C, sa sadržajem ugljenika ispod 0,8% (podeutektoidni), na sobnoj temperaturi se sastoje iz ferita i perlita. Ukoliko je viši sadržaj ugljenika kod ovih legura, biće veći udeo perlita u strukturi.

Ako je sadržaj ugljenika iznad 0,8% (nadeutektoidni čelici), mikrostruktura neće više sadržavati zrna slobodnog ferita, izuzimajući pločaste kristale ferita koji su sastavni deo perlita. U ovom slučaju će se struktura na sobnoj temperaturi sastojati iz perlita, a višak ugljenika iznad 0,8% biće izlučen u obliku cementita koji se nalazi na granicama perlitnih zona (mrežasti cementit). [1]

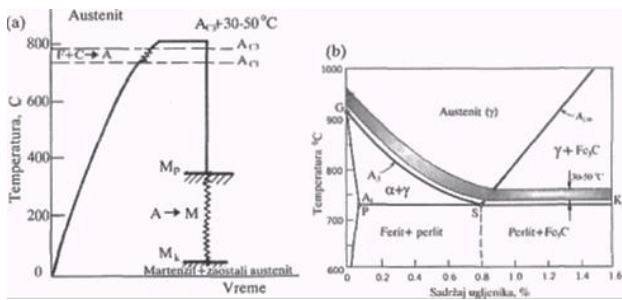
Tokom zagrevanja i transformacije perlita u austenit mogu se razlikovati tri odvojene etape:

- prelaz α u γ željezo (ferit u austenit)
- rastvaranje ugljenika u γ železu posle raspadanja cementita i
- homogenizacija austenita

Iz ovoga proizilazi da nastali austenit nema homogenu raspodelu ugljenika i da će ta nehomogenost biti utoliko veća ukoliko je temperatura transformacije viša. Homogeni austenit po sadržaju ugljenika nastaje tek ako se omogući difuzija atoma ugljenika. Da bi se ovo obavilo potrebno je određeno vreme zadržavanja na posmatranoj temperaturi, pa da, pod uslovima tog energetskog nivoa, dođe do homogenizacije austenita.

3. KALJENJE, OTPUŠTANJE I POBOLJŠANJE

Kaljenje je proces kojim se čelik zagreva do temperatura nešto iznad kritične, a zatim hladi brzinom većom od kritične u cilju dobijanja martenzitne strukture, a time visoke tvrdoće i otpornosti na habanje. Šematski prikaz procesa kaljenja čelika, kao i temperaturna područja zagrevanja čelika (kritične temperature), dati su na slici 2. Uspešno izvođenje kaljenja čelika i dobijanje pretežno martenzitne strukture po celom poprečnom preseku dela zavisi od više faktora: temperature zagrevanja, vremena zagrevanja, sredine u kojoj se izvodi zagrevanje, brzine hlađenja i prokaljivosti.



Slika 2. Šematski prikaz procesa kaljenja čelika; temperaturna područja zagrevanja čelika - Ilija Pantelić: Tehnologija termičke obrade čelika I, Novi Sad 1974.

Termička obrada kojom se kaljeni čelik zagreva do temperatura nižih od tačke A_{C1} , drži na toj temperaturi određeno vreme, a zatim sporo hladi i pri tom prouzrokuje transformaciju nestabilne strukture kaljenog čelika u stabilniju strukturu naziva se otpuštanje.

Otpuštanje ima za cilj smanjenje ili potpuno uklanjanje unutrašnjih napona, smanjivanje krutosti kaljenog čelika i dobijanje željenih struktura i mehaničkih svojstava. U zavisnosti od temperature zagrevanja razlikuju se tri vida otpuštanja: nisko, srednje i visoko.

Kombinovani postupak termičke obrade čelika, koji se sastoji iz kaljenja i visokog otpuštanja, koji ima za cilj postizanje visoke vrednosti napona tečenja i visoke vrednosti žilavosti naziva se poboljšanje.

Ovaj postupak nalazi najširu primenu kod konstrukcionih ugljeničnih (0,3–0,6%C), nisko i srednjelegiranih čelika. Od kakvog je značaja termička obrada poboljšanjem može se zaključiti po tome što se najodgovorniji delovi mašina (osovine, vratila, zupčnici, zavrtnji i dr.) koriste u poboljšanom stanju.

4. PRORAČUN

Proračun peći je vršen na osnovu već postojeće peći koja nije u funkciji. Radni prostor peći je dimenzija 600x700x1100 mm

Proračun se sastoji od:

- Proračuna toplotnih gubitaka
- Proračuna snage peći
- Proračuna grejača

Vrednosti ukupnih toplotnih gubitaka se dobijaju pomoću formule (1)

$$q_{uk} = k \cdot (2 \cdot q_{bz} + q_p + q_{gz} + q_{zz} + q_v + q_{ven}) \quad (1)$$

q_{uk} - ukupni gubici,

$2 \cdot q_{bz}$ - gubici kroz bočne zidove,

q_p - gubici kroz pod peći,

q_{gz} - gubici kroz gornji zid peći,

q_{zz} - gubici kroz zadnji zid,

q_v - gubici kroz vrata peći.

q_{ven} - gubici kroz vratilo ventilatora

Ukupni gubici peći datih dimenzija su:

$$q_{uk} = 5270,4 \text{ W}$$

Ukupna snaga se određuje na sledeći način pomoću formule(2)

$$P_{peći} = 1,3 \cdot \frac{Q_{uk}}{\tau_z \cdot \tau_d} = 1,3 \cdot \frac{307170}{360 \cdot 60} = 18,5 \text{ kW} \quad (2)$$

Q_{uk} -ukupna energija koja se potroši za jednu šaržu

Proračun debljine zice grejača vrši se pomoću formule (3):

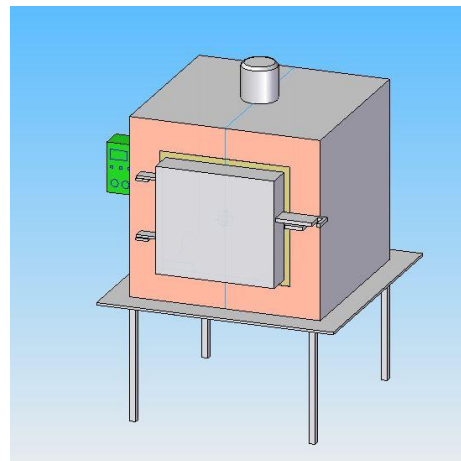
$$d = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot p \cdot P^2 \cdot 10^{11}}{\pi^2 \cdot U^2 \cdot W}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 1,44 \cdot 10^{-6} \cdot 6,17^2 \cdot 10^{11}}{\pi^2 \cdot 220^2 \cdot 0,74}} = 3,95 \text{ mm} \quad (3)$$

U-napon

W-stvarna specifična površinska snaga

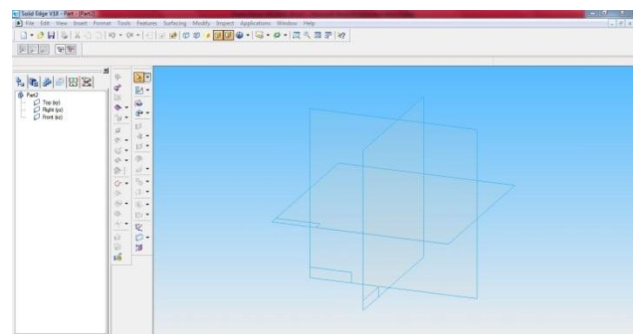
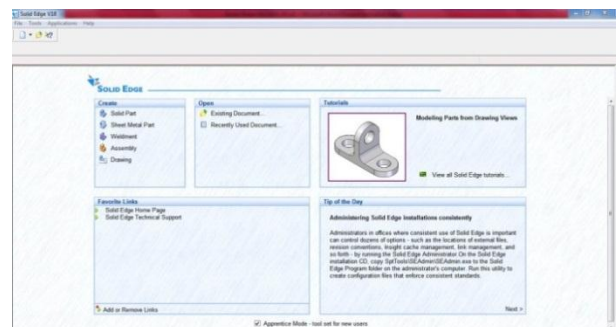
5. PROJEKTOVANJE

Na slici 3 prikazan je 3D model peći.



Slika 3. 3D model peći

Na slici 5 prikazano je radno okruženje programa SolidEdge v18.



Slika 5. Radno okruženje programa SolidEdge v18

Na slici 6 prikazane su neke od faza projektovanja peći.

Modeliranje se obavlja uz pomoć komandi **Protrusion**, **Sketch**, **Cutout**, **MirrorCopyFeature**, **Mirror**...

Obloga peći (čelični plašt) se izrađuje pomoću komande **Protrusion** kojom se definišu krajnje dimenzije u modulu **Sketch**, zatim se pomoću komande **Cutout** iseca unutrašnji nepotrební deo.

Model dijamantske opeke dobija se na isti način kao i model plašta. Model dijamantske opeke je u drugoj boji kako bi se bolje uočila razlika u slojevima. Izrađuje pomoću komande **Protrusion** kojom se definišu krajnje dimenzije u modulu **Sketch**, zatim se pomoću komande **Cutout** iseca unutrašnji nepotrební deo. Kako već postoji model plašta olakšano je crtanje u **Sketch** modulu.

Model lake opeke dobija se na isti način kao i model dijamantske opeke.

Model lake opeke je u drugoj boji kako bi se bolje uočila razlika u slojevima. Izrađuje se pomoću komande **Protrusion** kojom se definišu krajnje dimenzije u modulu **Sketch**, zatim se pomoću komande **Cutout** iseca unutrašnji nepotrební deo.

Kako već postoji model dijamantske opeke i plašta olakšano je crtanje u **Sketch** modulu.

Pre postavljanja elektromotora u plazonu peći se ostavlja rupa za vreteno ventilatora, komandom **Hole** bušimo rupu u plafonu peći, prethodno smo izabrali odgovarajuću ravan u kojoj ćemo krug odgovarajućeg prečnika. Kada se izbuši rupa pristupamo izradi modela elektropogona. Pomoću komande **Protrusion** i komande **Round**.

Postupak modeliranja vrata peći se obavlja pomoću osnovnih komandi **Protrusion**, sa tim radi lakšeg rada i preglednosti potrebno je da osnovnu ravan u kojoj crtamo **Sketch** odaljimo od stvarne ravni u kojoj se nalazi za 1 mm. To se radi komandom **Parallel Plane**.

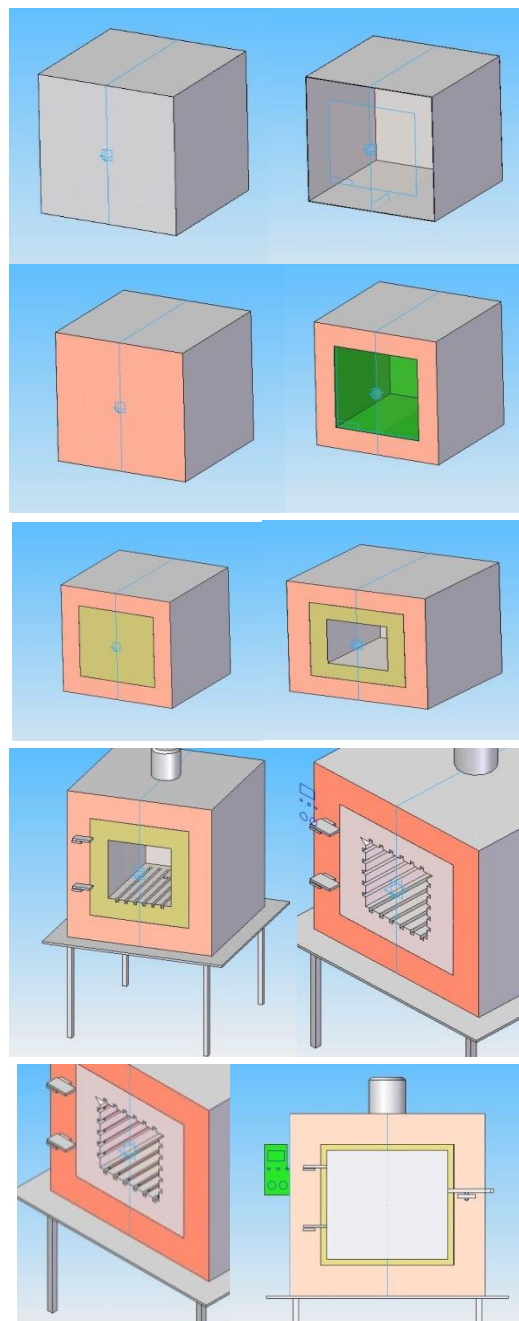
Postupak modeliranja žljebova za grejače je takav da na već postojeću konstrukciju od lake opeke komandom **Cutout** se usecaju žljebovi u vidu pravougaonika na ravnomernom rastojanju.

Prvo se u modulu **Sketch** odabere ravan zatim se nacrtá jedan pravougaonik, pomoću komande **Mirror** nacrtani pravougaonik se kopira na željenoj razdaljini.

Kada popunimo donji zid sa željenim rasporedom žljebova isti raspored kopiramo u u plafon peći.

Modeliranje grejača se obavlja uz pomoć komandi **Protrusion**, modulu **Sketch** nacrtamo oblik grejača i postavimo ga u predviđen žljeb, kada crtež prvog grejača postavimo na pravilno mesto komanda mirror nam omogućava da sve ostale crteže grejača postavimo u žljebove birajući odgovarajuću osu za ogledalo.

Pošto su grejači uvučeni, za početak grejača biramo ravan koja je paralelna sa početkom peći uz pomoć komande **Parallel Plane**.



Slika6. Faze projektovanja peći

6.AUTOMATSKOUPRAVLJANJEUPOSTUPCIMA TERMIČKEOBRADÉ

Kakobiseizbegle greške u procesu termičke obrade i kako bi imali uvid u sam tok procesa, koriste se uređaji za kontrolu i upravljanje. Ovi uređaji se primenjuju takođe kao i indikatori havarija. Zavisno od vrste obrade, koristimo različite tipove uređaja za merenje pomoću kojih kontolišemo proces, što omogućuje upravljanje procesom. Kako su uređaji međusobno povezani u jednu celinu proces je automatizovan, a uređaji koji kontrolišu proces često obavljaju i upravljačku ulogu.

Termopar je temperaturni senzor čiji se rad zasniva na termoelektričnom efektu. Termopar se sastoji od dve zice različitih metala ili legura spojeni na kraju. Termoelektrični efekat je pojava napona na otvorenom kraju kola kada se kraj termopara zagreje.

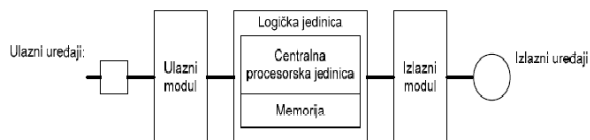
Proporcionalno-integralno-diferencijalni kontroler, ili kraće PID kontroler, je najčešće korišćeni kontroler u sistemima regulacije sa zatvorenom povratnom spregom. PID kontroler predstavlja jednu od najstarijih i najrasprostranjenijih upravljačkih strategija, a njegovom primenom se može uspešno rešiti oko 90% svih upravljačkih zadataka.

PID kontroler se sastoji od tri konstantna dejstva: proporcionalnog (P), integralnog (I) i diferencijalnog (D).

Ova tri dejstva se mogu opisati i u zavisnosti od vremena: proporcionalno dejstvo zavisi od trenutne greške, integralno dejstvo zavisi od greške koja se nakupila iz prošlosti, a diferencijalno dejstvo zavisi od predikcije greške iz budućnosti.

Alarmi su PID kontroleri kojima se prilikom programiranja unese maksimalna vrednost dozvoljene merne veličine. U toku procesa ako merena veličina pređe maksimalnu vrednost, alarm se uključuje i zvučnim signalom upozorava radnika na opasnost.

Programabilni logički kontroleri (PLC) su industrijski računari čiji su hardver i softver posebno prilagođeni radu u industrijskim uslovima, a koji se mogu lako programirati i ugrađivati u postojeće industrijske sisteme. PLC kontroleri su razvijeni sa ciljem da se prevaziđu mnogi problemi koji su karakteristični za upravljačke sisteme zasnovane na elektromehaničkim relejima. Na slici 7 prikazani su elementi PLC kontrolera.



Slika 7. Elementi PLC kontrolera

7. ZAKLJUČAK

Veliki značaj za transformaciju čelika pri termičkoj obradi ima dijagram stanja legura železo-ugljenik.

Na osnovu proračuna peći definišemo snagu peći, taj podatak nam je bitan za dalji proračun grejača koje se koriste za datu peć.

3D model peći omogućava nam uvid u idejno rešenje izgleda peći. 3D model omogućava lakši uvid u izgled peći u odnosu na 2D creže zbog postojanja 3 dimenzije i mogućnosti manipulacije sa objektom. Ukoliko se uoči greška ili se postoji mogućnost drugog rešenja program Solid Edge omogućava brzu izmenu parametara dela.

Upotrebom termoparova, i senzora dobijaju se podaci koji su neophodni da bi se pratio proces termičke obrade. Podaci koji pristižu pomoću senzora kontrolišu se i očitavaju na čitačima kontrolerima. Ukoliko neki od rezultata nisu u okviru normalnih vrednosti kontroler se oglašava zvučnim signalom i upozorava radnika na problem, tada kontroler obavlja i funkciju alarma. Svi kontroleri danas rade na principu PID kontrolera. Iako su PLC industrijski računari zaštićeni od uticaja industrijskih uslova rada potrebno je obratiti pažnju na mesto gde se postavljaju u pogonu. Pri opremanju pogona obratiti pažnju koji tip PLC nabaviti. Modularni tip iako je skuplji ima mogućnost proširenja kapaciteta što može bitno da utiče pri budućem proširenju proizvodnje.

8. LITERATURA

- [1] Ilija Pantelić: Tehnologija termičke obrade čelika I , Novi Sad 1974.
- [2] Ilija Pantelić: Tehnologija termičke obrade čelika II , Novi Sad 1974.

Kratka biografija:



Danko Bokan rođen je u Bihaću 1989. god. Master rad na Fakultetu Tehničkih Nauka iz oblasti proizvodnog mašinstva – Projektovanje postupaka tehnologije termičke obrade.

ELEKTRONSKI UREĐAJ ZA PRIKUPLJANJE PČELINJEG OTROVA BEE VENOM COLLECTOR

Marko Đurić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu prikazano je projektovanje, izrada i testiranje uređaja za sakupljanje pčelinjeg otrova. Uređaj se sastoji od metalne kutije u kojoj se nalazi elektronski sklop koja ima zadatak da stvara električne impulse željenog trajanja i naponskih nivoa kako bi se pčele koje se nalaze na specijalno dizajniranoj površini na gornjoj strani kutije iziritirale blagim strujnim udarima. Usled blagih strujnih udara pčele će u vidu samoodbrane ubadati glatku površinu čime dolazi do ispuštanja pčelinjeg otrova a da pri tome ne dolazi do povređivanja jedinke. Projekat pored istraživanja pčelastva i proizvodnje i primene pčelinjeg otrova sadrži i razvoj i projektovanje kako elektronike tako i kutije odnosno oblika kućišta i površine sa elektrodama kako bi se postigli najbolji rezultati uz što manje uloženi novac. Uređaj se napaja putem baterije, i solarnih panela, čime je omogućeno višesatno korišćenje bez punjenja baterija. Prikazani su rezultati merenja vršenih kako u laboratoriji tako i na terenu. Dobijeni otrov koristi se u apiterapiji za lečenje mnogih hroničnih bolesti kod ljudi.

Abstract – This paper describes the design, fabrication and testing devices for the collection of bee venom. The device consists of a metal box that contains the electronic circuits, which is designed to produce electrical impulses desired length and voltage levels. Current pulses act on bees so that they sting a smooth surface on which the electrodes and discharge poison. In this way there is no injury or death of individuals. Apart from beekeeping research, production and application of bee venom contains a development and design to electronics and boxes that form the casing and surface electrodes to post the best results with the least money. The device is powered by batteries and solar panels, allowing long hours of use without recharging the battery. The measurement was conducted in the laboratory and in the field. Poison in this way gets used in apitherapy in the treatment of many chronic diseases in humans.

Ključne reči: Bee venom collector, pčelarstvo, pčelinji otrov, strujni impulsi, apiterapija, elektrode, apitherapy, solar panels, battery, solarni paneli, baterije

1. UVOD

Pčelinji otrov je čist proizvod organizma pčele, to je sekret žaočnog aparata, čija je biološka namena da štiti pčelinje društvo od neprijatelja. Gorkog je ukusa i kisele reakcije, karakterističnog mirisa, tečnost žućkaste boje. Stvaraju ga mlade pčele u prve dve nedelje života, u količini od oko 0,3 miligrama. Otrovi stvoreni tada ostaju zauvek, više se ne menja, a spada u najjače biološke otrove. Ako se primeni na odgovarajući način, postiže se lekovito i profilaktičko dejstvo.

Pčela svoj otrov ubrizgava u neprijatelja preko svoje žaoke. Neposredno posle uboda pčela umre, ali mišići koji se nalaze oko kesica sa otrovom i žaoke nastavljaju da se grče i da istiskuju otrov narednih 10 minuta.

Žaoka i otrov dobro su skriveni i čuvani u telu pčele sve dok ne dođe do apliciranja i izlazi isključivo tokom uboda, žaoka je time prirodno sterilna i 100% sigurna od bilo kakvih infekcija baš kao i sam otrov. Količina otrova u kesici gde se nalazi jeste 0,3 miligrama. U prvih 17 sekundi izlazi 90% ukupne količine otrova.

Pčelinji otrov (Slika 1) je izvanredan katalizator hemijskih procesa u organizmu (utiče povoljno na brzinu hemijskih procesa), čak i minimalne količine imaju veoma pozitivan efekat na zdravlje ljudi.

Otrov pčela ima svojstvo jačanja prirodne energije organizma, smanjuje negativne uticaje stresa na organizam, poboljšava kvalitet sna.

Prilikom istraživanja svojstava pčelinjeg otrova utvrđeno je i izraženo analgetičko delovanje apitoksina (značajno umanjuje bol – ima 50 puta jače dejstvo od novokaina). To ga čini bitnim sredstvom za primenu kod različitih bolnih sindroma.

Potvrđeno je da ima jako imunostimulativno dejstvo, odnosno jača odbrambene sposobnosti organizma, deluje stimulativno na endokrini sistem, odnosno pojačava lučenje hormona, pojačava i cirkulaciju u unutrašnjim organima i bolje snabdevanje kiseonikom i hranljivim materijama.



Slika 1. Izgled pčelinjeg otrova

Takođe, deluje antialergijski ako se daje postupno u malim dozama, dok kardiotonički i antihipertenzivno jača snagu srca i utiče na snižavanje krvnog pritiska. Osim toga, produžava vreme zgrušavanja krvi, smanjuje holesterol u krvi, deluje regenerativno, odnosno poboljšava obnavljanje tkiva i koristi se kod teško

NAPOMENA:

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

zarastajućih rana. Deluje i protivupalno a usporava i sklerozu krvnih sudova.

Sadrži histamin, melitin, apamin, adolpin, degra enzime, biološki aktivne amine, dopamin. Na tačnu količinu ovih sastojaka utiče položaj pčelinjaka i biljaka u okolini pčelinjaka na kojima pčele imaju pašu.

2. REALIZACIJA UREĐAJA

Sama asocijacija na reč pčelinji otrov i apiterapija jeste složen proces i jako komplikovan uređaj, međutim princip rada ovakvog uređaja je jednostavan, a osnovne komponente ovog sistema su prikazane na slici 2.

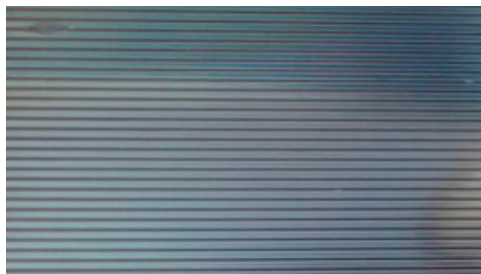


Slika 2. Kolektor pčelinjeg otrova koji za elektrode ima paralelno postavljene žice

Koriste se strujni impulsi određenog vremenskog trajanja i naponskih nivoa kojima se tretiraju pčele u vidu blagih strujnih udara čime one bivaju iziritirane. Zbog strujnih udara pčele bivaju iziritirane i uplašene te ubadaju čvrstu i glatku površinu elektroda i ispuštaju otrov, ali tako da ne dolazi do povređivanja jedinke.

2.1 Kućište uređaja

Prilikom realizacije uređaja vodilo se računa o tome da se napravi takav uređaj koji neće povrediti pčele prilikom njihovog ubadanja, odnosno ispuštanja otrova i koji će biti funkcionalan, lako upravljiv i koji se može brzo i efikasno postaviti u blizini košnice a da pri tome ne dolazi do pojave velikog stresa kod pčela. Uređaj mora biti i jeftin i pristupačan svim pčelarima, i poželjno je da servisiranje ovog uređaja (promena baterije i osigurača) bude jednostavno i brzo.



Slika 3. Površina obložena elektrodama koje su presvučene kalajem

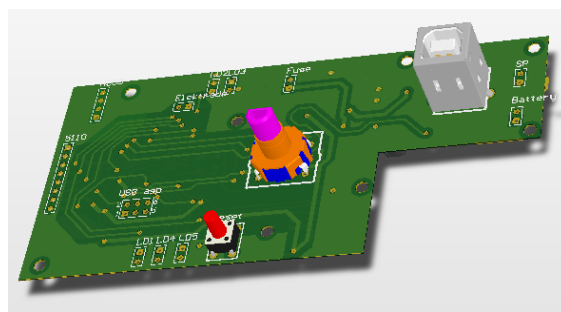
Proučavajući ovu oblast [1]-[7], kao i ranije izrađene uređaje koji su izrađeni na sličnom principu odlučeno je da kutija bude dimenzija 300x300x70mm (D, Š, V) a da na njenoj gornjoj strani budu postavljeni solarni paneli i površina sa elektrodama na kojoj bi se skupljao otrov.

Raniji amaterski uređaji sadrže elektrode u vidu provodnih žica postavljenih i zategnutih na ramu ispod kog se nalazi staklena površina. Žice su postavljene tako da je svaka druga postavljena na viši napon čime se ostvaruje razlika potencijala odnosno napon između svake dve susedne žice.

Za izradu elektroda ovog uređaja koristi se tehnologija izrade štampanih kola (PCB) na FR4 materijalu, odnosno na vitroplast ploči na čijoj se jednoj strani nalazi tanak sloj bakra gde se mehaničkim ili hemijskim putem izrađuju paralelne bakarne linije širine 1mm i razmaka 2,5mm (Slika 3). Bakarne linije se u posebnim kupkama presvlače slojem srebro-nitrata ili kalaja. Sloj srebro-nitrata je dosta tanak, debljine manje od hiljaditog dela debljine bakarnog sloja. Ostali deo, deo koji se nalazi kao izolator između linija se premazuje posebnim UV lakovima koji imaju veoma dug vek trajanja i otporni su na visoke temperature i mehanička habanja. To je potrebno uraditi kako ne bi došlo go oštećenja prilikom skidanja otrova, prilikom stajanja uređaja na suncu tokom rada. Bakar je potrebno presvući jer sam bakar brzo oksidiže tako da se stvara izolatorski sloj između pčele i elektrode, a isto tako bakar je reaktivni element i reagovao bi sa elementima pčelinjeg otrova.

2.2 Elektronski deo uređaja

Za napajanje uređaja koristi se litijum-jonska baterija nominalnog napona 3,7V. Korišćenjem baterije izbegnuto je korišćenje eksternog napajanja koje je veoma nepraktično kako zbog brojnih kablova tako i zbog korišćenja dodatnih uređaja. Baterije se pune preko standardnog USB kabla naponom od 5V, 200mA što znači da se može koristiti bilo koji standardni punjač mobilnog telefona (Slika 4). Da bi se produžilo vreme rada uređaja koriste se dva solarna panela od 6V koji daju struju od 200mA pri umerenom intenzitetu sunčeve svetlosti.

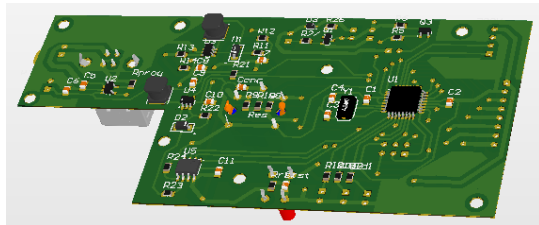


Slika 4. PCB uređaja (gornja strana)

Punjenje baterije preko USB kabla i solarnih panela kontroliše se elektronskim kolom čija je glavna komponenta integrisani punjač baterija MCP73812T proizvođača Microchip.

Kao kontrolno-upravljačka jedinica uređaja koristi se mikrokontroler ATMEGA328P (Slika 5). Ovaj 8-bitni mikrokontroler sa 32kB FLASH memorije, 23 ulazno izlazna pina i napajanjem od 3,3V bio je adekvatan izbor za ovaj uređaj. Potrebno je napomeniti da sve komponente uređaja rade na 3,3V. Displej 84x42 oznake 5110 koristi se za prikaz menija i izbora načina rada. Komunikacija displeja i mikrokontrolera je putem SPI komunikacije. LDO regulator napona TPS3033 koristi se

za dobijanje napona za napajanje elektronike od 3,3V. Boost regulator napona LMR64010XMF koristi se da bi se napon baterije na elektrodama povećao od 5 do 12 volti u zavisnosti od potrebe. Može dati struju veću od 200mA pri ulaznom naponu od 3,3V, ali je bitno struju ograničiti na 200mA, što je učinjeno osiguračem. Izbor izlaznog napona na elektrodama vrši se enkoderom.

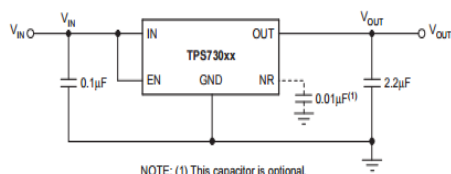


Slika 5. PCB uređaja (donja strana)

Postoji i indikacija kada je osigurač isključen, odnosno uključen. Kretanjem kroz meni uređaja vrši se rezistivnim enkoderom EC12D1564402, čime je dosta olakšano korišćenje uređaja. Postavljanjem uređaja u odgovarajući položaj i izborom načina rada uređaja pomoću enkodera, mikrokontroler uključuje boost regulator LMR64010XMF čime je obezbeđen odgovarajući napon na delu kola gde su priključene elektrode. Digitalni potencijometar MCP41100 služi da mikrokontroler promenom vrednosti ovog potencijometra menja izlazni napon na elektrodama. Dužina trajanja impulsa određena je provodnim stanjem MOSFET tranzistora kojim upravlja mikrokontroler. Uređaj je opremljen indikacionim LED diodama koje olakšavaju upotrebu uređaja i prikazuju stanje baterija, osigurača i način rada uređaja.

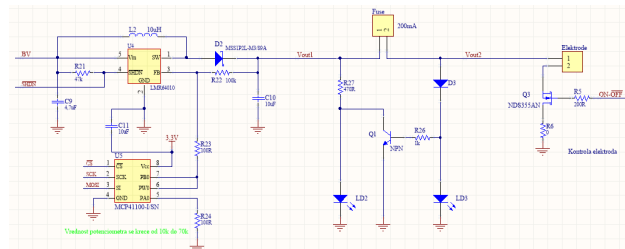
3. TESTIRANJE PERFORMANSI UREĐAJA

Testiranje uređaja izvršeno je u laboratoriji firme NOVILOG doo u Novom Sadu kao i na terenu u pčelinjacima na Fruškoj Gori na aktivnoj košnici. Pre realizacije uređaja bilo je potrebno testirati sve glavne elektronske komponente uređaja. Kako uređaj radi na baterije koje se mogu i solarno puniti prvo se izvršilo testiranje baterije i punjača baterija MCP73812. Bilo je potrebno utvrditi koja je maksimalna struja punjenja baterije i da li pri maksimalnoj struji punjenja dolazi do zagrevanja integrisanog kola. Nakon merenja i testiranja utvrđeno je da pri maksimalnoj struji punjenja od 200mA, koja je dozvoljena za litijum-jonsku bateriju od 2200mAh, ne dolazi do zagrevanja integrisanog punjača ni baterije što je i očekivano. TPS3033 (Slika 6) je LDO regulator napona na kome ima pad napona od 120mV pri izlaznoj struji od 200mA. Ova struja dovoljna je za napajanje elektronskih komponenti (mikrokontrolera, displeja, enkodera, itd.) i pri korišćenju uređaja za simulaciju aktivnog opterećenja nije dolazilo do zagrevanja komponente niti do pada napona pri struji od 200mA.



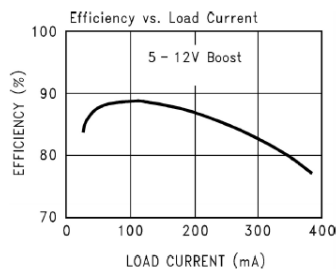
Slika 6. TPS3033 LDO regulator napona

Na slici 7 prikazan je deo kola koji služi za kontrolu i regulaciju napona na elektrodama od 3 do 12V. Na električnom kolu vidi se regulator napona LMR64010 (Slike 8 - 10) sa digitalnim potencijometrom umesto otpornika u razdelniku napona. Digitalni potencijometar služi za dobijanje odgovarajućeg napona. Digitalnim potencijometrom se upravlja preko mikrokontrolera putem SPI komunikacije.



Slika 7. Deo kola za regulaciju napona na elektrodama i regulaciju dužine impulsa

U ovom delu kola prikazan je i deo za indikaciju stanja osigurača (kolo sa jednim tranzistorom).

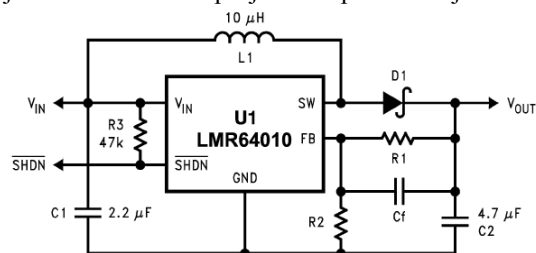


Slika 8. Zavisnost stepena iskorišćenja od struje opterećenja regulatora LMR64010 koju garantuje proizvođač



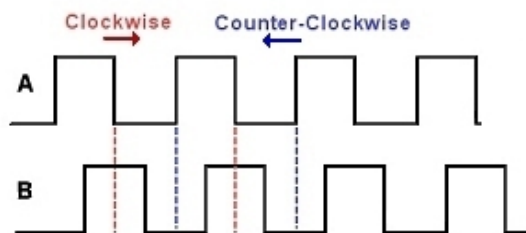
Slika 9. Zavisnost stepena iskorišćenja od struje opterećenja regulatora LMR64010 dobijena testiranjem

Na slici 11 dat je izgled signala rezistivnog enkodera koji je korišćen u ovom projektu za podešavanje uređaja.



Slika 10. LMR64010 - osnovno kolo

Velika prednost regulatora LMR64010 je ta što su dodatne komponente vrlo pristupačne pogotovo zato što se koriste keramički kondenzatori malih vrednosti a ne elektrolitski ili tantalovi.



Slika 11. Signali enkodera EC12D1564402

5. ZAKLJUČAK

Tokom testiranja uređaja naišlo se na niz problema koji se odnose kako na elektronski deo uređaja tako i na kućište, odnosno na skidanje otrova nakon delovanja uređaja na pčele. Svi problemi su otklonjeni kao i nedostaci uočeni u toku realizacije.

Za sat vremena rada uređaja uzeto je oko 0,5 grama otrova što je veoma dobar rezultat uzimajući vremenske uslove i broj pčela u košnici. Pri tome nije došlo do uginuća ni jedne jedinke što nije slučaj kod drugih sličnih uređaja.

Razvojem uređaja upotrebljeno je znanje i praksa iz oblasti elektrotehnike stečeni na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Dokazano je da se na jednostavan način i bez uginuća jedinki može sakupiti pčelinji otrov i da se za malo novca može izraditi jedan ovakav uređaj koji može biti dostupan svim pčelarima.

Primena pčelinjeg otrova u medicini je velika, kao što je već rečeno u prethodnom delu teksta. Primena ovog uređaja omogućuje lakše i brže sakupljanje otrova kao i brži razvoj novih medikamenata.

6. LITERATURA

- [1] Karl Weiss, "The little book of bees ", 1996.
- [2] Vivian, J., et al.. Charlotte, Vermont: Williamson Publishing, " Keeping Bees ", 1986
- [3] R. Green "Honeybee Venom Proteome Profile of Queens and Winter Bees as Determined by a Mass Spectrometric Approach", 2002
- [4] Sakupljane pčelinjeg otrova,
http://www.proko.rs/tv/za_pcelare.php
- [5] Apiterapija, <http://apiterapija.rs/pcelinji-otrov>
- [6] C. Knapp "Apitoxin harvest affects population development but not the hygienic behavior of African-derived honey bees", Oxford, 2006
- [7] A. Charls, A. Lee, M. Mee TEa "The Protective Effect of Bee Venom on Fibrosis Causing Inflammatory Diseases", Oxford, 2000

Kratka biografija:

Marko Đurić Rođen je u Smederevu 1988. godine. Do završetka srednje Tehničke škole Nikola Tesla u Kostolcu (smer elektrotehničar elektronike, prosek 5.00) živi u Požarevcu. Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu upisuje 2007. godine. Diplomirao je 2015. godine sa prosečnom ocenom 7.21 na smeru mikrorračunarske elektronike, usmerenje primenjena elektronika. 2015 upisuje master studije na istom fakultetu i završava ih 2016. godine sa prosečnom ocenom 9,14.

JEZIK I OKRUŽENJE ZA MODELOVANJE I GENERISANJE APLIKACIJA ZA CRTANJE DIJAGRAMA**LANGUAGE AND FRAMEWORK FOR MODELING AND GENERATING THE APPLICATIONS FOR DIAGRAM DRAWING**

Jovan Jovanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu predstavljen je sistem za modelovanje i generisanje web aplikacija za crtanje dijagrama. Sistem sadrži namenski jezik i generator koda. Pomoću predstavljenog sistema moguće je generisati aplikaciju čije su klijentska i serverska strana napisane u programskom jeziku JavaScript. Za skladištenje podataka o dijagramima korišćena je baza podataka MongoDB.

Abstract – In this paper, we present a system for modeling and generating applications for diagram drawing. The system comprises a domain specific language and a code generator. By using the presented system, it is possible to generate applications which client and server sides are written in the JavaScript programming language. The MongoDB database was used to store diagram data.

Ključne reči: Namenski jezici, razvoj softvera vođen modelima, crtanje dijagrama, web aplikacija, detekcija ciklusa u grafu

1. UVOD

Dijagrami predstavljaju grafičku prezentaciju modela i neizostavni su u modernom razvoju softvera. Rasprostranjeni su u objektno orijentisanom razvoju softvera, gde je udruženje *OMG* (*Object Management Group*) definisalo standardizovani jezik, *UML* (*Unified Modeling Language*), za modelovanje opšte namene. Jezik *UML* poseduje grafičku notaciju za kreiranje dijagrama ili drugim rečima za modelovanje. Jezikom *UML* moguće je specificirati trinaest tipova dijagrama koji su podeljeni u tri kategorije: strukturni dijagrami, dijagrami ponašanja i dijagrami interakcije. Neki od najčešće kreiranih dijagrama su dijagram klasa, dijagram aktivnosti i dijagram sekvenci. Dijagram klasa spada u strukturne dijagrame i služi za modelovanje strukture softverskih sistema pomoću klasa, interfejsa i veza između njih. Dijagram aktivnosti spada u dijagrame ponašanja i služi za modelovanje toka poslovne logike u softverskom sistemu. Dijagram sekvence spada u dijagrame interakcije i služi za modelovanje interakcija između objekata u sekvencijalnom redosledu. Pored dijagrama koji se mogu specificirati pomoću jezika *UML*, postoje i dijagrami za modelovanje šema baza podataka kao što je dijagram tipova entiteta i veza, *ER* (*Entity Relationship*), kao i dijagrami za modelovanje procesa u organizacionim sistemima kao što su *BPMN* (*Business Process Model and Notation*) i Petrijeve mreže [1].

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Slavica Kordić, docent.

Prednost upotrebe modela prilikom razvoja softvera jeste što se pomoću njih podiže nivo apstrakcije. Time se omogućava ponovna iskoristivost softvera, lakše održavanje softvera i povećava se njegov kvalitet.

Takođe, upotrebom modela ubrzava se razvoj softvera i smanjuje se broj grešaka tokom razvoja [2]. Pored toga što pomažu prilikom razvoja softvera, prednost upotrebe modela koji su namenski pravljani za neki domen predstavlja i to što ih razumeju domenski eksperti. Kako domenski eksperti poznaju domen za koji se pravi model moguće ih je uključiti u proces modelovanja. Na taj način se ubrzava proces razvoja softvera jer su modeli jasnije definisani.

Velika rasprostranjenost dijagrama u razvoju softvera stvara potrebu za razvojem alata za rad sa različitim tipovima dijagrama. Postoji veliki broj gotovih alata koji podržavaju rad sa određenim tipovima dijagrama. Kod nekih alata za rad sa dijagramima postoji problem nedostatka funkcionalnosti. To dovodi do potrebe za proširivanjem funkcionalnosti alata što nije uvek moguće obaviti na postojećem softveru, već se razvija potpuno novi softver za kreiranje dijagrama. Pored problema sa nedostatkom funkcionalnosti alata, nekada ni postojeći tipovi dijagrama nisu dovoljni da bi se opisao konkretan problem. U tom slučaju proširuje se već postojeći tip dijagrama novim elementima. Ako ni proširivanje postojećeg tipa dijagrama novim elementima nije moguće, definiše se novi tip dijagrama i nakon toga razvija se novi softver za rad sa tim tipom dijagrama. Navedeni nedostaci predstavljaju i motivaciju za ovaj projekat. Potrebno je omogućiti proširivost tipa dijagrama novim elementima i proširivost softvera funkcionalnostima obrade dijagrama. Kako razvoj alata za rad sa dijagramima može da bude prilično dugotrajan i skup proces, motivaciju za ovaj projekat predstavlja i skraćanje vremena potrebnog za implementaciju softvera za kreiranje dijagrama.

Cilj projekta je razvoj namenskog jezika za definisanje elemenata koji se iscrtavaju na dijagramu i generatora koda. Pomoću razvijenog jezika treba da bude omogućeno definisanje načina iscrtavanja elemenata, definisanje atributa elementa i definisanje izgleda dugmića za prelazak u stanje iscrtavanja elemenata. Takođe, potrebno je i razviti generator koda koji će, na osnovu podataka iz modela specificiranog pomoću namenskog jezika, generisati izvršivi kod web aplikacije za crtanje dijagrama. U generisanoj aplikaciji treba omogućiti proširivanje funkcionalnosti ručno pisanim kodom.

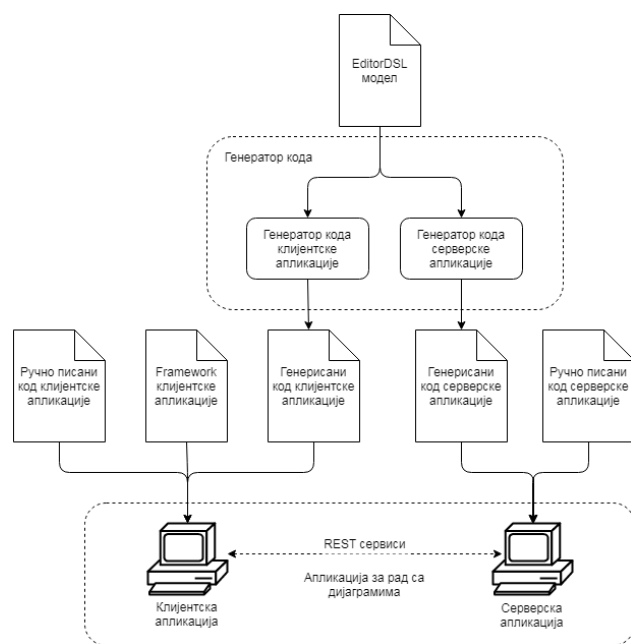
U ovom radu ponuđeno je jedno rešenje za razvoj softvera za iscrtavanje proizvoljnih dijagrama. Upotrebom pristupa

razvoju softvera zasnovanom na modelima i upotrebom namenskih jezika (*Domain-Specific Language*) [3] skraćuje se vreme razvoja softvera i omogućava se proširivost gotovog rešenja.

Osim uvoda i zaključka ovaj rad ima još 3 poglavlja. U poglavlju 2 dat je opis arhitekture sistema. U poglavlju 3 opisana je apstraktna i konkretna sintaksa razvijenog namenskog jezika. U poglavlju 4 prikazan je primer generisane aplikacije.

2. ARHITEKTURA SISTEMA

U ovom poglavlju biće detaljno opisani delovi razvijenog softverskog alata, kao i delovi aplikacije za crtanje dijagrama razvijene pomoću njega. Na slici 2.1 prikazana je arhitektura razvijenog softverskog alata.



Slika 2.1 Arhitektura sistema

Pomoću namenskog jezika *EditorDSL* kreira se *EditorDSL* model. Namenski jezik je razvijen u okviru razvojnog okruženja *Eclipse*. Napravljeni su i alati za sintaksu i semantičku proveru modela, kao i mogućnost automatske dopune modela kreiranih pomoću jezika *EditorDSL*. Meta-model koji predstavlja apstraktnu sintaksu jezika *EditorDSL* implementiran je u okruženju *EMF* (*Eclipse Modeling Framework*) [4]. Konkretna sintaksa jezika kao i prateći alati razvijeni su u okruženju *Xtext* [5]. Za jedan namenski jezik moguće je razviti više različitih generatora. U ovom radu razvijen je generator za generisanje *JavaScript* koda *web* aplikacije. Nakon kreiranja *EditorDSL* modela korisnik pokreće generisanje koda *web* aplikacije za crtanje dijagrama.

U prvoj fazi generisanja koda aplikacije za crtanje dijagrama vrši se transformacija *EditorDSL* modela u objektni model napisan u programskom jeziku *Java*. Postupak prevođenja implementiran je uz podršku biblioteke i alata *Xtext*.

Nakon dobijenog *EditorDSL* objektnog modela, postupak generisanja obuhvata generisanje klijentske i serverske aplikacije. Svi generatori koda napisani su u programskom jeziku *Xtend* [6], koji predstavlja proširenje programskog jezika *Java*. U postupku generisanja koda ne

generiše se kompletan kod programskog rešenja, već se generatori koda oslanjaju na već implementirane delove aplikacije koji predstavljaju *framework*. Aplikacije izgrađene pomoću razvijenog alata implementirane su kao *web* aplikacije.

Pošto nije moguće generisati rešenje koje će zadovoljiti sve korisničke zahteve obezbeđena je integracija ručno pisanog i generisanog koda. Prostor za proširivanje funkcionalnosti aplikacije ostavljen je i na serverskoj i na klijentskoj strani. Predviđeno je da se funkcionalnosti obrade podataka implementiraju na serverskoj strani, dok je na klijentskoj strani moguće implementirati pozive servisa, validaciju vrednosti atributa i obradu korisničkih akcija. Za razvoj serverskog dela aplikacije korišćen je radni okvir *Node.js* [7]. Uloga servera je da prihvati zahteve sa klijentskog dela aplikacije, izvrši njihovu obradu i pošalje adekvatan odgovor. Za potrebe skladištenja podataka o dijagramima korišćena je baza podataka *MongoDB* [8]. Konekcija sa bazom podataka omogućena je pomoću *Node.js* modula pod nazivom *mongodb*. Za razvoj klijentske strane korišćen je programski jezik *JavaScript* sa bibliotekom *JQuery*.

2.1 Serverska strana generisane aplikacije

Na serverskoj strani aplikacije generisani su *REST* (*Representational State Transfer*) servisi. Generisana *web* aplikacija se sastoji iz tri servisa koji služe za čuvanje i čitanje dijagrama iz baze podataka. Za bazu podataka odabrana je *MongoDB* jer su klijentska i serverska strana implementirane u programskom jeziku *JavaScript* i objekti poslani prilikom zahteva i odgovora su u *JSON* formatu. Pored generisanih servisa postoji mogućnost proširivanja serverskog dela aplikacije sa ručno pisanim servisima. Da bi se proširila funkcionalnost dodavanjem ručno pisanih servisa potrebno je u praznoj generisanoj datoteci *customServices.js* implementirati željeni servis. Kako bi implementirani servis bilo moguće koristiti, potrebno je proširiti i klijentsku stranu generisane *web* aplikacije za rad sa dijagramima. Na klijentskoj strani generisane *web* aplikacije potrebno je implementirati poziv prethodno implementiranog servisa. To se postiže mehanizmom proširivanja funkcionalnosti ručno pisanim kodom. Mehanizam proširivanja funkcionalnosti ručno pisanim kodom na klijentskoj strani objašnjen je u nastavku poglavlja.

2.2 Klijentska strana generisane aplikacije

Na klijentskoj strani implementirana je aplikacija za rad sa dijagramom. Za interfejs korišćeni su jezici *HTML* (*Hyper Text Markup Language*) i *CSS* (*Cascade Style Sheets*) i biblioteka *Bootstrap*, dok je za implementaciju funkcionalnosti korišćen programski jezik *JavaScript* i biblioteka *JQuery*. Za iscrtavanje elemenata korišćen je *HTML* element *Canvas*. *Canvas* je jedini element u *HTML* jeziku na kojem je moguće iscrtavati grafičke elemente. Crtanje na *Canvas*-u vrši se pomoću funkcija napisanih u programskom jeziku *JavaScript*. Jedan deo klijentske strane je generisan dok je drugi razvijen kao *framework*. Implementiran je *state* šablon i sva stanja koja postoje u aplikaciji su deo *framework*-a. Generisani deo predstavljaju elementi koji se iscrtavaju na dijagramu i glavna stranica aplikacije. Kao i na serverskoj strani i na klijentskoj postoji mogućnost proširivanja funkcionalnosti

ručno pisanim kodom. Na klijentskoj strani je predviđeno da se implementiraju pozivi *REST* servisa, validacija vrednosti atributa elemenata kao i obrada korisničkih akcija. Da bi se generisana klijentska aplikacija proširila pozivom ručno implementiranog servisa na serverskoj strani potrebno je da se kreira dugme za poziv servisa. Nakon toga potrebno je podesiti izgled dugmeta i implementirati obradu događaja pritiska na dugme koje će izvršiti poziv servisa. U datoteci *customButtons.html* pomoću jezika *HTML* moguće je kreirati dugme koje će biti smešteno na paletu sa alatima. Implementiranje funkcija koje obrađuju korisničke akcije vrši se u generisanoj datoteci *customFunctions.js*, koja se nalazi u *js* direktorijumu generisane *web* aplikacije. Izgled dodatog dugmeta moguće je pomoću jezika *CSS* podesiti u datoteci *customStyle.css*.

3. JEZIK ZA OPIS DIJAGRAMA

Da bi se razvio namenski jezik potrebno je da se razviju apstraktna i konkretna sintaksa. Razvoj apstraktna sintakse vrši se modelovanjem koncepata iz domena pomoću koncepata meta-meta-modela. Apstraktna sintaksa jezika *EditorDSL* kreirana je pomoću radnog okvira *EMF* i jezika *Ecore*. Koncepti apstraktna sintakse su:

- Dijagram – odgovara dijagramu koji se kreira i predstavlja korenski koncept,
- Dugme – odgovara dugmetu koje se nalazi na paleti alata,
- Element – odgovara elementu koji se iscrtava na dijagramu,
- Atribut – odgovara atributu koji opisuje element,
- Boja – odgovara boji koja se koristi kao unutrašnja boja elementa i kao boja linije elementa,
- Veza – odgovara vezi koja može da se iscrtava na dijagramu,
- Čvor – odgovara čvoru koji može da se iscrtava na dijagramu,
- Pravougaonik, Krug, Romb, Trougao, Proizvoljni oblik – odgovaraju konkretnim tipovima čvorova koji mogu da se iscrtaju,
- Tačka – odgovara tačkama koje se zadaju kao temena proizvoljnih oblika.

Konkretna sintaksa *EditorDSL*-a implementirana je kao tekstualna konkretna sintaksa. Dijagram predstavlja korenski koncept tako da svaki *EditorDSL* model počinje nazivom dijagrama, a nakon naziva unutar vitičastih zagrada nalaze se svi atributi dijagrama. Specifikacija dijagrama unutar sebe sadrži elemente označene ključnom reči *elements* i dugmad označene ključnom reči *buttons*. Unutar liste elemenata navode se elementi dijagrama. Za element je potrebno prvo navesti tip elementa koji se definiše, a zatim njegov naziv i osobine koji se navode unutar vitičastih zagrada. Tipovi elemenata su *Rectangle*, *Rhombus*, *Circle*, *Triangle*, *Custom* i *Link*. Nisu sve osobine obavezne da se navedu, pa tako *changeableColor* i *changeableFillColor* dobijaju vrednost *false* ukoliko se ne navedu. Atributi koji se definišu za element ne moraju da se navedu ukoliko kreirani element ne sadrži attribute. Svaki tip elementa ima drugačiju boju teksta kako bi bilo uočljivo ukoliko postoje dva elementa istog tipa. Unutar

liste dugmadi navode se dugmad koja treba da se nađu na paleti alata. Specifikacija dugmeta započinje njegovim nazivom, a nakon toga se unutar vitičastih zagrada nalaze njegovi atributi. Na slici 3.1 prikazan je primer *EditorDSL* modela gde je modelovan dijagram za rad sa Petrijevim mrežama.

Prilikom kreiranja *EditorDSL* modela potrebno je zadovoljiti i ograničenja koja su definisana pomoću jezika *OCL* (*Object Constraint Language*) i *Java*, koja služe za semantičku analizu koda. U okviru koncepta dijagrama kreirana su četiri ograničenja. Ta ograničenja su ograničenje jedinstvenosti naziva elemenata, ograničenje jedinstvenosti naziva dugmeta, ograničenje da jedan element ne može biti dodeljen više od jednom dugmetu i ograničenje koje proverava postojanje dva elementa istog oblika. Ograničenje za proveru istog oblika elemenata vrši poređenje elemenata istog tipa. Zatim proverava da li se razlikuju po nekim osobinama, kao što su boja linije, unutašnja boja elementa, dimenzije elementa i tip linije kod veze. Poređenje elemenata po boji linije i unutašnjoj boji elementa se vrši samo ukoliko je njihovo menjanje zabranjeno. Ukoliko je menjanje dozvoljeno, boja ne predstavlja osobinu na osnovu koje mogu da se razlikuju. Unutar koncepta elementa kreirano je ograničenje jedinstvenosti naziva atributa. Za koncepte kruga, pravougaonika, romba i trougla kreirana su ograničenja inicijalnih vrednosti kako ne bi imale negativnu vrednost.

```
PetriNet{
  hostUrl = "127.0.0.1";
  hostPort = 8081;
  databaseUrl = "127.0.0.1:27017/donijProjekat";
  elements{
    Circle Stanje {
      changeableColor = false;
      changeableFillColor = true;
      radius = 20;
      lineColor(0.0,0.0,0.0);
      attributes{
        naziv{
          nullable = false;
          display = true;
          type = String;
          defaultValue = "Stanje";
        }
      }
    },
    token{
      nullable = false;
      display = true;
      type = Number;
      defaultValue = "0";
    },
    kapacitet{
      nullable = false;
      display = true;
      type = String;
      defaultValue = "";
    }
  }
  fillColor(1.0,1.0,1.0);
},
Rectangle Prelaz {
  changeableColor = false;
  changeableFillColor = true;
  width = 20;
  height = 20;
  lineColor(0.0,0.0,0.0);
  attributes{
    naziv{
      nullable = false;
      display = true;
      type = String;
      defaultValue = "prelaz";
    }
  }
  fillColor(1.0,1.0,1.0);
},
Link Veza{
  changeableColor = false;
  breakPoints = true;
  shapeL = solid;
  beginShape = none;
  endShape = emptyArrow;
  inputElement(Stanje,Prelaz);
  outputElement(Prelaz,Stanje);
  lineColor(0.0,0.0,0.0);
  attributes{
    tezina{
      display = true;
      type = Number;
      defaultValue = "1";
    }
  }
},
buttons{
  btStanje{
    image = "pictures/circle.png";
    tooltip = "Stanje";
    element = Stanje;
  },
  btPrelaz{
    image = "pictures/rectangle.png";
    tooltip = "Prelaz";
    element = Prelaz;
  },
  btVeza{
    image = "pictures/link.png";
    tooltip = "Veza izmedju stanja i prelaza";
    element = Veza;
  }
}
```

Slika 3.1 Konkretna sintaksa namenskog jezika *EditorDSL*

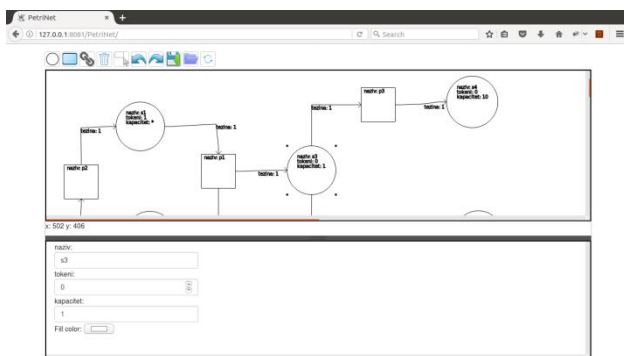
4. PRIMER GENERISANE APLIKACIJE

U ovom poglavlju prikazan je tok izrade jedne aplikacije za rad sa dijagramima Petrijevih mreža[1]. Petrijeve mreže služe za modelovanje konkurentnih i distribuiranih sistema. U ovom radu, kao primer, obrađene su Petrijeve mreže tipa mesto-prelaz.

Kako bi modelovali elemente Petrijevih mreža potrebno je napraviti elemente koji odgovaraju stanju, prelazu i vezi kao što je prikazano na slici konkretne sintakse 3.1. Stanje je modelovano oblikom kruga, a od atributa ima

naziv, broj tokena koje poseduje i kapacitet. Prelaz je u obliku pravougaonika i ima samo naziv kao atribut. Atribut veze predstavlja težina, odnosno broj tokena potreban da se ona aktivira. Veza se iscrtava punom linijom i na izlaznom kraju nalazi se strelica koja predstavlja njeno usmerenje. Za svaki od elemenata napravljeno je i dugme pomoću kojeg se prelazi u stanje iscrtavanja tog elementa.

Glavna stranica aplikacije, prikazana na slici 4.1, sastoji se od palete sa alatima, kanvasa i dela gde je moguće vršiti izmenu vrednosti atributa elemenata. Na paleti sa alatima nalaze se dugmad za svaki element koji može da se iscrtava, za prelazak u stanje selekcije, za brisanje elemenata, za čuvanje dijagrama, za otvaranje već sačuvanih dijagrama i dugme za detekciju ciklusa, ručno dodato pomoću mehanizma za proširivanje funkcionalnosti aplikacije. Nad kanvasom moguće je vršiti sledeće operacije: crtanje elemenata, selektovanje elemenata, pomeranje elemenata, brisanje elemenata, promene veličine elementa, dodavanje i uklanjanje prekidnih tačaka za veze, *cut*, *copy*, *paste*, *undo* i *redo*.



Slika 4.1 Generisana aplikacija za crtanje Petrijevih mreža

Kao primer proširenja funkcionalnosti u ovom radu implementirana je detekcija ciklusa. Za detekciju ciklusa korišćen je *Tarjan* algoritam [9]. *Tarjan* algoritam na ulazu dobija usmeren dijagram, a na izlazu daje partciju čvorova dijagrama u jako povezanim komponentama dijagrama. Jako povezane komponente grafa predstavljaju delove grafa u kojima je moguće do svakog čvora dospeti iz bilo kog drugog čvora, što znači da u tom delu postoji ciklus.

5. ZAKLJUČAK

Upotreba aplikacija za crtanje dijagrama je veoma rasprostranjena u računarstvu. Zbog svoje rasprostranjenosti postoji potreba za brzim razvojem aplikacija za crtanje dijagrama. Na osnovu iskustva stečenog prilikom izrade alata opisanog u ovom radu, zaključuje se da se za izradu aplikacija za crtanje dijagrama može primeniti pristup razvoju softvera zasnovan na modelima. Primenom *MDSD* (*Model Driven Software Development*) pristupa razvoju softvera vreme za razvoj aplikacije za crtanje dijagrama značajno je smanjeno, jer se pomoću generatora dobija gotova aplikacija za crtanje dijagrama. Generisana aplikacija se dobija na osnovu modela specificiranog pomoću namenskog jezika *EditorDSL*.

U ovom radu opisan je softverski alat pomoću kojeg je moguće razviti aplikacije za crtanje dijagrama. Ovom prilikom razvijen je generator za *web* aplikacije zbog

trenutne aktuelnosti *web* editora, koji mogu da se koriste na svakom računaru sa pretraživačem i konekcijom na internet. Moguće je razviti više različitih generatora koji će, na osnovu podataka dobijenih iz modela specificiranog pomoću namenskog jezika *EditorDSL*, generisati različite tipove aplikacija za rad sa dijagramima.

Aplikacije dobijene pomoću razvijenog alata imaju osnovne funkcionalnosti grafičkog editora, a omogućeno je i proširivanje funkcionalnosti. U ovom radu za primer proširenja funkcionalnosti implementirana je pretraga ciklusa u dijagramu. Pored raznih obrada dijagrama moguće je implementirati i generator koda kao proširenje. Pomoću razvijenog alata moguće je generisati aplikacije za rad sa nekim jednostavnijim dijagramima, kao što su Petrijeve mreže, *ER*, *BPMN* i dijagram aktivnosti. Za neke kompleksnije dijagrame kao što je dijagram klasa bilo bi potrebno proširiti meta-model sa novim elementima kako bi se mogao izmodelovati paket, koji predstavlja kompozitni čvor, i atributi koji se u dijagramu klasa iscrtavaju unutar čvorova koji predstavljaju klasu. Nedostatak ovog rešenja je to što se pomoću ovog alata može izgenerisati aplikacija za rad samo sa jednim tipom dijagrama. Kod postojećih *web* aplikacija za iscrtavanje dijagrama uglavnom je omogućen rad sa više različitih tipova dijagrama. Ovaj nedostatak moguće je rešiti proširenjem meta-modela, koje bi omogućilo definisanje više različitih dijagrama u okviru jednog modela.

6. LITERATURA

- [1] Petrijeve mreže, Dostupno na: https://en.wikipedia.org/wiki/Petri_net, oktobar 2017.
- [2] T. Stahl and M. Völter: *Model-Driven Software Development*, John Wiley & Sons Inc., 2006.
- [3] M. Brambilla, J. Cabot, M. Wimmer: *Model-Driven Software Engineering in Practice*, Morgan & Claypool, 2012
- [4] Eclipse Modeling Framework, Dostupno na: <https://eclipse.org/modeling/emf/>, oktobar 2017.
- [5] M. Eysholdt, H. Behrens, Xtext: Implement your language faster than the quick and dirty way, in: *Proceedings of the ACM International Conference Companion on Object Oriented Programming Systems Languages and Applications Companion, OOPSLA '10*, ACM, New York, NY, USA, 2010, pp. 307-309.
- [6] Xtend, Dostupno na: <http://eclipse.org/xtend/>, oktobar 2017.
- [7] Node.js, Dostupno na: <https://nodejs.org/>, oktobar 2017.
- [8] MongoDB, Dostupno na: <https://www.mongodb.com/>, oktobar 2017.
- [9] R. Tarjan: Depth first search and linear graph algorithms. *SIAM Journal of Computing*, 1(2):146-160, June 1972.

Kratka biografija:

Jovan Jovanović je rođen 22. novembra 1992. godine u Novom Sadu. Školske 2011/2012. godine upisao je Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, odsek Računarstvo i automatika. Osnovne akademske studije završio je 2015. godine.

OSNOVNI KONCEPTI MULE RUNTIME PLATFORME BASIC CONCEPTS OF THE MULE RUNTIME PLATFORM

Anica Šutić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast- ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Ovaj članak treba da objasni šta je Mule Runtime i koji su njegovi ciljevi. Takođe treba da prikaže osnovne delove Mule platforme i objasni njihovo funkcionisanje.

Abstract – This article should explain what Mule Runtime is and what its goals are. It also displays the basic parts of the Mule Platform and explains their functioning.

Ključne reči: Mule Runtime, HTTP, XML, Api

1. UVOD

Članak će se baviti opisom Mule Runtime. Mule se može opisati kao lagani integracioni motor koji omogućava povezivanje bilo čega, bilo gde. Umesto stvaranja višestrukih integracija između sistema, servisa, API i uređaja, koristeći Mule, kreiraju se aplikacije koje inteligentno upravljaju rutiranjem poruka, mapiranjem podataka, orkestracijom, pouzdanošću, sigurnošću i skalabilnošću između čvorova.

Takođe, nakon priključenja drugih sistema i aplikacija u Mule, i uspostavljena komunikacije između sistema, Mule omogućava korsićima da prate i nadgledaju svoj sistem aplikacija i spoljne resurse. Mule je tako imenovan zato što „nosi težak teret“ za razvoj infrastrukture koja podržava više aplikacija i sistema, inteligentno i fleksibilno.

Druga celina će se opisom osnovnih koncepata Mule i njihove funkcije.

Treća celina opisuje elemente Mule toka koji se koriste za izgradnju.

Četvrta predstavlja Mule aplikaciju i strukturu poruke preko koje ona komunicira. Peta celina ukratko opisuje klasterovanje i prednosti koje se postižu njegovom primenom.

2. OSNOVNI KONCEPTI MULE - A

Na osnovu koncepta EDA (koncept arhitekture događaja), Mule radi tako što odgovara na poruke koje iniciraju spoljni resursi, odnosno događaji.

Na najjednostavnijem nivou Mule aplikacije prihvataju i procesiraju događaje kao poruke preko nekoliko procesora za poruke koji su povezani u jedan tok. Alternativno, velike poruke se mogu obraditi kao zapisi, u serijskom poslu.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Aleksandar Kupusinac, van.prof.

U suštini, svaki Mule tok sadrži niz procesora za poruke koji prihvataju a zatim obrađuju poruke. Mule aplikacije obično sadrže višestruke povezane tokove i/ili serijske poslove, koji u kombinaciji obavljaju integraciju za određeni slučaj korišćenja.

Protok može pozvati još jedan protok kao direktnu referencu ili kroz zajednički komunikacioni protokol ili metod kao što je JMS, HTTP, FTP ili File. Pozvani tokovi mogu biti deo aplikacije ili se mogu pokrenuti u odvojenoj aplikaciji, koja se pokreće na drugom Mule runtime, preko mreže. Osnovni koncepti koje Mule koristi su :

- Poruke i događaji (*Messages and events*)
- Tokovi (*Flows*)
- Izvori poruka (*Message Sources*)
- Procesori poruka (*Message processors*)
- Jezik za opis Mule izraza (*Mule Expression Language*)
- Serijski poslovi (*Batch jobs*)

2.1. Tok (*Flow*)

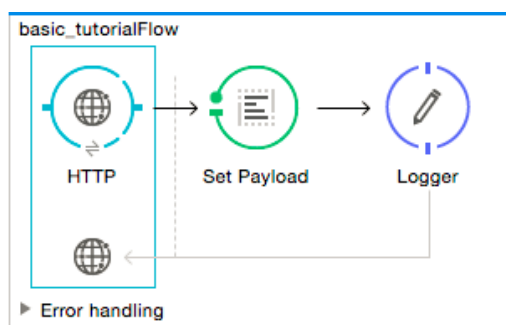
Tok je konstrukt unutar kog dolazi do povezivanja nekoliko pojedinačnih elemenata kako bi se obradili prijem, obrada i eventualno usmeravanje poruke. Postoji mogućnost povezivanja više tokova kako bi se izgradila kompletna aplikacija koja se potom može rasporediti *on - premisses*, na Mule ili na nekom drugom aplikacijskom serveru ili u *cloud* - u. Najjednostavnije objašnjeno, tokovi su sekvence događaja obrade poruka. Poruka koja ulazi u tok može proći kroz širok spektar procesora. Mule primi poruku kroz dolaznu tačku koja odgovara na zahteve, pretvara sadržaj u novi format i obrađuje poslovnu logiku u okviru komponente pre nego što vrati odgovor putem izvora poruke. Tokovi izgledaju jednostavni, ali mogu biti prilično moćni. Konkretno, u kombinaciji sa izrazima u Mule - u, oni mogu dopustiti vrlo sofisticiranu obradu sadržaja poruke. Postoji mnogo elemenata koji koriste izraze, uključujući:

- Transformatori – pretvaraju korisničke informacije u formate koje se očekuju po njihovim destinacijama. Mule obezbeđuje mnoge standardne transformatore, koji se konfigurišu koristeći unapred definirane elemente i atribut u postojećoj Mule XML konfiguracionoj datoteci. Takođe možemo konfigurisati prilagođene transformatore koristeći element **<custom-transformer>**, u kom se određuje potpuno kvalifikovano ime klase prilagođene klase transformatora. Mule ima efikasan mehanizam transformacije. Transformatori se primenjuju na ulazne ili izlazne krajnje tačke, a podaci se transformišu neposredno pre nego što se pošalju ili primaju od krajnje tačke. Transformatori se mogu

spojiti, tako da je jednostavno izvršiti više transformacija podataka u tranzitu.

- Filteri – vrše procenu poruke, i na osnovu toga određuju da li može proći kroz tok.
- Ruteri – kontrole protoka u Anypoint Studio-u, šalju poruke različitim odredištima u Mule toku. Neki usmerivači sadrže logiku za analizu i eventualno transformaciju poruka pre rutiranja. Na primer, različite kontrole protoka mogu:
 - razdvojiti poruku na nekoliko segmenata, zatim usmeriti svaki segment posebno u drugi procesor
 - kombinovati nekoliko poruka u jednu poruku pre nego što ih pošalju na sledeći procesor u toku
 - preurediti listu poruka pre nego što je pošalje sledećem procesoru
 - proceniti poruku da bi odredili na koji od nekoliko mogućih procesora treba biti usmerena
 - prenositi istu poruku na više procesora.
- *Message Enricher* (obogaćivanje poruke) – Jedan uobičajeni scenario podrazumeva potrebu obogatiti dolaznu poruku sa informacijama koje ne obezbeđuje izvorni sistem. Možemo koristiti bogatstvo sadržaja ako cilnom sistemu treba više informacija nego što izvorni sistem može da obezbedi. Primer vezan za ovaj element je ako imamo poruku iz izvornog sistema koja sadrži zip kod, ali ciljni sistem zahteva stanje slova. Obogaćivač poruke može se koristiti za pretraživanje stanja pomoću zip koda iz obogaćenog resursa. Obogaćivač pozove obogaćivanje resursa sa trenutnom porukom (koja sadrži zip kod), zatim obogaćuje trenutnu poruku sa rezultatom.

Na slici 1 je prikazan jednostavan tok kreiran u vizuelnom editoru AnyPoint Studio-a.



Slika 1. Primer toka

2.2. Izvori poruka(*Message Source*)

Prvi blok većine tokova ili serijskih poslova je prijemnik koji prima nove poruke i stavlja ih u red za obradu. Ovaj izvor poruke, u gore navedenom primeru toka, ulazna HTTP konačna tačka (**endpoint**) – prima poruke iz jednog ili više spoljnih izvora, čime se pokreće izvršavanje toka ili serijskog posla. Izvori poruka u Mule su obično AnyPoint konektori, elementi koji omogućavaju

povezivanje sa određenim spoljnim izvorom, bilo putem standardnog protokola (kao što su HTTP, FTP, SMTP) ali i API nezavisnog proizvođača(kao što je Twitter).

2.3. Procesori poruka (*Message processors*)

U Mule, procesori poruka su grupisani po kategorijama:

- Mule transformatori su ključ za razmenu podataka između čvorova, jer omogućavaju Mule da konvertuje podatke u format koji korisnik može razumeti. Mule takođe omogućava obogaćivanje sadržaja sadržajem koji se preuzima u cilju dobijanja dodatnih podataka tokom obrade i mogućnost prilaganja tih podataka uz poruku.
- Mule koristi komponente za prevođenje pozadinskih procesa za specifičnu poslovnu logiku kao što je provera baze podataka klijenata i inventara. Komponente prave poruke odgovarajućoj aplikaciji, kao što je sistem ispunjenja naloga. Mule koristi SEDA arhitekturu za obradu asinhronih poruka tokovima.
- Tokovi i serijski poslovi takođe mogu uključivati filtere, opsege i rutere. Na primer, korišćenje filtera za IP adrese od kojih aplikacija prihvata poruke, korišćenje rutera za slanje poruka na različite putanje u aplikaciji u zavisnosti od sadržaja poruke. Mule obuhvata niz filtera, opsega i rutera kako bi prilagodio način na koji tok ili serijski posao obrađuju poruke. Kako je moguća konfiguracija pojedinačnih elemenata koji se zajedno povezuju da bi napravili svoj tok ili serijski posao, takođe je moguće korišćenje *Mule Expression Language* za izvlačenje informacija o poruci ili njenom okruženju i tako dati instrukciju Mule kako da dalje donosi odluke za procesiranje, na osnovu tih informacija.

2.4. Jezik za pisanje Mule izraza (*Mule Expression*)

Mule Expression Language (*MEL*) je primarni jezik koji se koristi za formulisanje izraza u Mule-u, omogućavajući pristup, manipulaciju i korišćenje informacija iz poruke i njenog okruženja. Prilikom izvršavanja, Mule primenjuje izraze, dok izvršava Mule tok, na :

- Dobijanje informacija koje mogu koristiti za obradu trenutne poruke.
- Podešavanje ili manipulisanje vrednostima u zaglavlju poruke ili korisnom opterećenju poruke (**payload**).
- Izvršavanje operacije na informacijama u poruci, aplikaciji, instanci Mule ili serveru.

2.5. Serijski poslovi (*Batch Jobs*)

Serijski posao je element najvišeg nivoa koji postoji izvan svih tokova Mule i on razdvaja velike poruke u zapise koje Mule procesira asinhrono. Sadrži jedan ili više koraka koji, zauzvrat, sadrže bilo koji broj procesora poruka koji postupaju po zapisima, koji se kreću kroz serijski posao. Tokom serijske obrade, moguće je korišćenje promenljivih na nivou zapisa (**recordVars**) i *MEL* izraze za obogaćivanje, rutiranje ili postupanje na drugi način sa zapisima. Serijski posao se izvršava kada se pokrene od strane izvođača serije u toku Mule ili izvora

poruke na ulazu koji prihvata seriju. Kada se aktivira, Mule kreira novu seriju radnih zadataka. Kada su svi zapisi prošli kroz sve serijske korake, instanca serijskog posla se završava i rezultati se mogu rezimirati u izveštaju kako bi se pokazalo koji zapisi su uspjeli a koji ne, tokom obrade.

3. ELEMENTI MULE TOKA

Elementi Mule toka su:

1. Konektori (*Connectors*) - Anypoint konektori primaju ili šalju poruke između Mule i jednog ili više eksternih izvora, kao što su datoteke, baze podataka ili veb usluge. Konektori mogu delovati kao izvori poruka radeći kao ulazne konačne tačke (***inbound endpoints***), oni mogu delovati kao procesor poruka koji obavlja operaciju u sredini toka, ili mogu biti na kraju toka i delovati kao primaoci konačnih podataka.
2. Komponente (*Components*) - Komponente su procesori poruke koji izvršavaju poslovnu logiku na porukama. Oni omogućavaju izvršavanje određene radnje bez pisanja bilo kog Mule specifičnog koda. Korišćenje komponenti – POJO, Spring bean, Java bean ili skripti, u tokovima u cilju izvršavanja skoro svakog prilagođenog zadatka unutar Mule aplikacije
3. Transformatori (*Transformers*) - U toku Mule, transformator priprema poruku za dalju obradu tako što poboljšava ili menja sadržaj svojstava poruka, promenljivih ili korisnih podataka. Transformacija podataka je jedna od najsnažnijih funkcija Mule-a.
4. Filteri (*Filters*) - Vrše procenjivanje poruke da bi se utvrdilo da li može proći kroz tok. Najjednostavniji filteri primenjuju osnovne logičke operatore (kao što su, i, ili, i ne), ali ovi jednostavni elementi mogu biti kombinovani na različite načine za određivanje složenih logičkih uslova.
5. Ruteri (*Routers*) - ili kontrole protoka kako ih poznaju u Anypoint Studio-u, funkcionišu kako i samo njihovo ime kaže: da direktno ili na drugi način kontrolišu poruke unutar protoka.
6. Opsezi (*Scopes*) - rade na enkapsulaciji drugih procesora za poruke tako da funkcionišu kao jedna jedinica. Možemo objediniti nekoliko procesora poruka kako bi formirali transakcionu jedinicu, tako da uspešno uspeju obraditi poruku zajedno, na taj način osigurati tačno ažuriranje baze podataka, na primer.
7. Strategije izuzetaka (*Exceptions Strategies*) - određuje kako Mule odgovara ako i kada se dogodi greška u toku obrade poruka. U najjednostavnijem slučaju, greška se jednostavno ispiše u datoteku.

4. MULE APLIKACIJA I MULE PORUKE

Mule aplikacije su konfigurisane da se pokreću u Mule runtime, da obrađuju dolazne informacije i unose te informacije na unapred definisan način. Očekivani zahtev

pokrenute Mule aplikacije, prirodno pokreće Mule koji kodira događaj i podatke same Mule poruke, prenoseći ih pomoću jedne ili više niti. Mule transformiše i usmerava Mule poruku po fazama, prema procesima koji su konfigurisani za interakciju sa porukom u tim različitim fazama. Mule poruka stigne na svoje odredište, prenoseći potrebne podatke primaocu. Mule aplikacija je definisana XML dokumentom u kome su definisane određene zavisnosti koje su potrebne za pokretanje Mule aplikacije. Mogući ciljevi Mule:

- Razvijanje ili integrisanje aplikacija ili sistema „u prostorijama“ (***on - premisses***) ili na „***cloud***“. Jednostavno rečeno cloud je isporuka računarskih veb servera, skladišta, baza podataka, umrežavanja, softvera, analitike i to sve preko Interneta.
- Korišćenje konektora za kreiranje SaaS aplikacija za integraciju.
- Izgranja i izlaganje API.
- Konzumiranje API.
- Kreiranje veb servisa koji omogućavaju pozive ka drugim servisima.
- Kreiranje interfejsa za mobilnu upotrebu.

Mule poruka je podatak koji prolazi kroz aplikaciju putem jednog ili više tokova. Sastoji se od dva glavna dela:

- Zaglavlje poruke - koje sadrži metapodatke o poruci.
- Korisna informacija o poruci (***payload***) - koja sadrži specifične podatke značajne za obradu.

Poruka Mule je, sama, ugrađena u objekat poruke Mule. Neki objekti poruke Mule mogu sadržavati varijable, dodatke i izuzetke. Na slici 2 je prikazan jedan objekat poruke sa svim delovima koje ona sadrži.

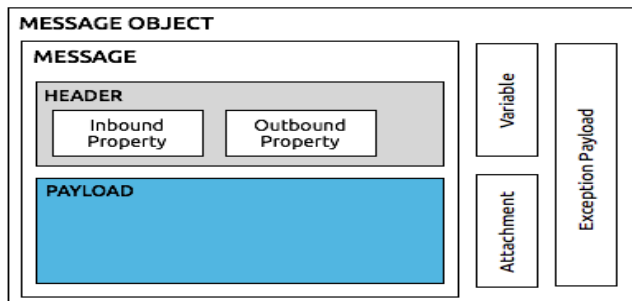
Metapodaci sadržani u zaglavlju poruke sastoje se od svojstava koja pružaju korisne informacije o poruci. Sa sadržajem u objektu poruke, varijable predstavljaju podatke o poruci.

Svojstva i promenljive dele zajednički format, svako pojedinačno svojstvo ili promenljiva ima ime i vrednost. Ime je kako se odnosi na svojstvo ili promenljivu u Mule-u, a vrednost je informacija koja se nalazi u njemu. Dakle, ime je kao ključ, a vrednost je materijal koji se čuva pod tim ključem. Osobine i varijable poruke imaju specifične opsege koje definišu i organizuju, kako se primenjuju preko životnog ciklusa te poruke. Svojstva šalju metapodatke zajedno sa porukom kako bi olakšali procesiranje i izbegli greške kada poruka prelazi transportnu barijeru - bilo unošenjem novog protoka ili prenošenjem na drugu aplikaciju.

Payload je najvažniji deo Mule poruke, jer sadrži podatke koje naša Mule aplikacija obrađuje. Postoji mogućnost primene metapodataka u zaglavlju poruke ili objektu poruke kako bi se komuniciralo informacijama o poruci ili osiguralo od neovlašćenog pristupa, ali suština poruke – podaci koje prenosimo – su razlog što poruka postoji, pre svega.

Payload ne mora da ostane isti dok putuje kroz tok. Različiti procesori poruke u Mule prolazu mogu da utiču na korisno opterećenje poruke tako što ga postavljaju, obogaćuju ili transformišu u novi format. Takođe, dobijanje podataka iz korisnog toka se može realizovati

korišćenjem Mule izraza. U nekim slučajevima, želimo da pozovemo spoljni resurs i koristimo odgovor kako bi obogatili korisni deo poruke, umesto da ga zamenimo. Da bismo to uradili, možemo koristiti **Message Enricher** (ili omotač) da bismo enkapsulirali jedan ili više procesora poruka koji obavljaju zadatak prikupljanja informacija. Jednom kada se dobije odgovor, Mule dodaje ili obogaćuje korisnu poruku sa rezultatom poziva na resurs.



Slika 2. Struktura Mule poruke

5. PREGLED KLASTERA U MULE RUNTIME

Klaster je skup Mule runtime-a koji deluju kao jedinica. Drugim rečima klaster je virtualni server koji se sastoji od više čvorova. Čvorovi (Mule runtime) u grupi komuniciraju i dele informacije putem distribuirane mreže deljene memorije. To znači da se podaci razmnožavaju preko memorije na različitim fizičkim mašinama.

Podrazumevano grupisanje Mule runtime-a obezbeđuje visoku dostupnost sistema. Ako čvor za izvršavanje Mule postane nedostupan zbog neuspeha ili planiranog zastoja, drugi čvor u grupi može preuzeti radno opterećenje i nastaviti sa procesiranjem postojećih događaja i poruke. Zbog toga što svi čvorovi Mule-a istovremeno obrađuju poruke, klasteri takođe mogu poboljšati performanse i skalabilnost. U poređenju sa pojedinačnom instancom, klasteri mogu podržati više korisnika ili poboljšati performanse aplikacije tako što će deliti opterećenje na više čvorova ili dodati više čvorova u klaster.

Pored prednosti kao što su visoka dostupnost putem automatskog preklapanja, poboljšane performanse i poboljšana skalabilnost, grupisanje Mule radnji nudi sledeće prednosti:

- Automatska koordinacija pristupa resursima kao što su datoteke, baze podataka i FTP izvori. Klaster runtime Mule automatski upravlja čime će čvor (*Mule runtime*) obrađivati komunikaciju iz izvora podataka.
- Automatsko balansiranje opterećenja obrade unutar klastera. Ako podelimo svoje tokove u niz koraka i povežemo ove korake sa transportom kao što je VM, svaki korak se stavlja u red, čineći ga omogućeno. Klaster Mule runtime-a može tada obrađivati svaki korak u bilo kom čvoru i tako bolje uravnotežiti opterećenje preko čvorova.
- Upravljanje i kontrola životnog ciklusa klastera.
- Monitoring performansi klastera i čvorova.
- Upozorenja. Možemo podesiti upozorenje koje se pojavljuje kada čvor skrene i kada se čvor povrti unazad.

6. ZAKLJUČAK

Bitno je znati da upotreba Mule integracija utiče na sam prenos podataka i komunikaciju između aplikacija i dovodi do poboljšanja performansi. Takođe, kao što smo već spomenuli, Mule kontroliše transport i uspešno ga obavlja bez obzira na to da li se transport nalazi u okviru iste virtualne mašine ili se vrši preko interneta. Poznavanje strukture toka i njegovih elemenata daje nam mogućnost njihovog organizovanja u niz koji nam odgovara radi postizanja određenog cilja.

Konfiguracija elemenata i funkcije koje one obavljaju su ključne za uspešno završenje toka i uspešnu komunikaciju. Postojanje podtokova nam olakšava implementaciju, omogućava ponovno korišćenje tog dela toka, i razlaganje aplikacije na manje delove, radi povećanja brzine i performansi. Takođe je detaljno objašnjena Mule poruka, koja je osnovni deo koji je vezan za transport. Poznavanje strukture Mule poruke nam omogućava da pristupimo samoj poruci u cilju izvlačenja informacija koje su nam od značaja, zatim prenošenje, podešavanje, modifikovanje i uklanjanje svojstava, varijabli i promenljivih.

7. LITERATURA

- [1] David Dossot, John D'Emic and Victor Romero – "Mule in action", 2014
- [2] Jos Dirksen and Tijs Rademakers – "Open Source ESBs in Action"
- [3] David A. Chappell, Enterprise Service Bus O'Reilly, 2004
- [4] Dr. Zakir Laliwala, Abdul Samad, Azaz Desai, Uchit Vyas – "Mule ESB Cookbook", 2013
- [5] <https://docs.mulesoft.com/>
- [6] <https://videos.mulesoft.com>

Kratka biografija :



Anica Šutić, rođena 17. decembra 1993. u Novom Sadu. Završila je Gimnaziju "20. Oktobar" u Bačkoj Palanci 2012. Iste godine upisuje Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu kao budžetski student. Smer Računarstvo i automatika. Završava osnovne akademske studije i diplomira 2016. Iste godine upisuje master studije kao budžetski student, smer Elektronsko poslovanje. Ispunila je sve obaveze i položila je sve ispite predviđene studijskim programom.

LTE TEHNOLOGIJA I PREGLED STANJA TRŽIŠTA U SRBIJI

LTE TECHNOLOGY AND MARKET OVERVIEW

Nenad Dimitrijević, Željens Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA

Kratak sadržaj – Ovim radom prikazan je istorijat razvoja mobilnih komunikacija, od samih početaka pa sve do razvoja i implementacije LTE mreže. Data je analiza tržišta telekomunikacionog saobraćaja u Srbiji sa fokusom na LTE tehnologiju.

Ključne reči: Mobilne mreže, LTE tehnologija

Abstract – This paper presents timeline of mobile communications from the very beginnings to the development and implementation of the LTE technology with market overview.

Keywords: Mobile networks, LTE technology

1. UVOD

Uvođenje LTE (*Long-Term Evolution*) tehnologije donelo je mnogo više nego puko unapređenje dotadašnje tehnologije bežičnih mobilnih sistema. Ključna promena ogleda se u tome što je ova tehnologija od početka koncipirana primarno kao mreža za paketski prenos podataka (IP), a tek sekundarno kao mreža mobilne telefonije (za prenos govora).

Paketski prenos podataka (IP) omogućava širok spektar servisa različitih zahteva. Glavni parametri tih servisa za radio interfejs su:

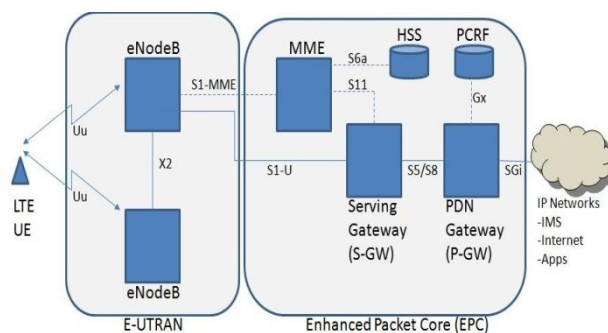
- **Protok podataka.** Mnogi servisi sa malim protokom podataka, poput prenosa glasa i dalje su važni i zauzimaju veliki deo celokupnog mrežnog kapaciteta, ali veliki protoci vuku razvoj i dizajn radio interfejsa. Oni menjaju potrebe mobilnih sistema u smislu protoka, od nekoliko kbit/s kod 2G tehnologija, preko nekoliko Mbit/s u 3G, pa sve do gigabitskih protoka u 4G tehnologijama.
- **Kašnjenje**
- **Kapacitet** Sa strane mobilnog operatera, nije samo protok informacija do krajnjeg korisnika relevantan, već i celokupni protok koji se može obezbediti korisniku od strane svake bazne stanice. Mera ovog kapaciteta je spektralna efikasnost. QoS (*Quality of Service*) će biti degradiran ukoliko u sistemu dođe do manjka kapaciteta.

2. ARHITEKTURA LTE MREŽE

Sistem se sastoji od dve celine: pristupna mreža i jezgro mreže. Pristupna mreža se naziva E-UTRAN (eng. Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network), dok se jezgro mreže naziva evoluirano paketno jezgro, EPC (eng. Evolved Packet System).

LTE mreža je E2E IP (eng. End To End IP) što znači da kompletan saobraćaj između mobilnog uređaja (UE – User Equipment), do javne komunikacione mreže, PDN (eng. Public Data Network), prenosi po IP protokolu u okviru EPS-a koji pruža pristup ka spoljnim mrežama, upravlja funkcijama bezbednosti, ažurira pretplatničke podatke, tarifira, vrši naplatu i organizuje mobilnost ka drugim mrežama. E-utran obavlja sve funkcije koje su u vezi sa radio pristupom za aktivne terminale. Sastoji se od baznih stanica, eNB (eng. E Node B).

Na slici 1 prikazana je funkcionalna šema LTE arhitekture mreže. Osnovne komponente mreže predstavljaju mobilni uređaj, UE i bazna stanica, eNB koji omogućava radio kanal za prenos podataka. Kada govorimo o jezgru mreže, EPC isto je sastavljeno od više elemenata. Jedan od osnovnih elemenata je MME (eng. Mobility Management Entity) koja upravlja sesijama i kontroliše različite funkcije.



Slika 1. Funkcionalna šema LTE arhitekture mreže

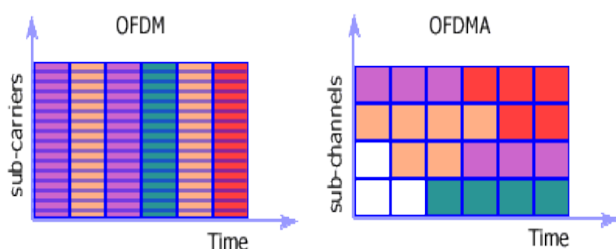
Upotreba OFDM (eng. *Orthogonal Frequency Division Multiplex*) metode za prenos signala jedna je od ključnih osobina LTE tehnologije.

Naravno, ovu metodu prate i odgovarajuće tehnike višestrukog pristupa, u ovom slučaju to su OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*) i SC-FDMA (*Single Carrier Frequency Division Multiple Access*) tehnike.

NAPOMENA:

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

Na slici 2. Prikazano je osnovno poređenje između OFDM i OFDMA tehnika višestrukog pristupa.



Slika 2. Poređenje OFDM i OFDMA

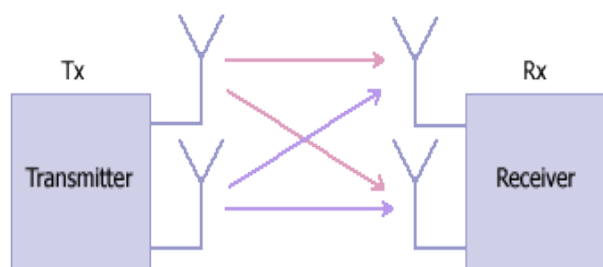
2.1 MIMO metoda

MIMO (eng. *Multiple Input Multiple Output*) metode se sve češće koriste u mnogim tehnologijama gde su visoki zahtevi po pitanju protoka podataka uključujući Wi-Fi i druge bežične i ćelijske tehnologije sa ciljem povećanja efikasnosti. Ono što je ključno za MIMO tehnologiju ona na prijemnoj i predajnoj strani koristi višestruke antenske nizove sa ciljem da iskoristi efekat prijema signala po višestrukim putanjama.

Dakle MIMO omogućava povećanje protoka podataka za razliku od ranijih tehnologija kada bi ovaj efekat samo povećao intersimbolsku interferenciju.

Šema ovog antenskog sistema koji se koristi u LTE-u se blago razlikuje za UL i DL stranu, ova razlika potiče od toga da je implementacija komplikovanih MIMO sistema značajno diže cenu korisničke opreme (UE). Rešenje je nađeno u tome da se ušteda napravi na strani korisnika, dakle korisnička oprema (UE) uvek ima jeftiniju i jednostavniju implementaciju MIMO antenskog niza.

Na slici 3. predstavljen je MIMO 2x2 antenski sistem, koji se sastoji od po dve antene na prijemnoj i predajnoj strani.

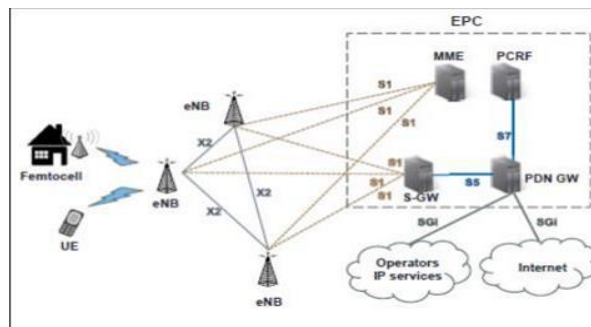


Slika 3. MIMO 2X2 antenski sistem

3. ARHITEKTURA LTE-A MREŽE

Ova arhitektura je ista kao i kod LTE sa par izmena. Na slici 4. prikazana je arhitektura LTE-A mreže. Uvedeni su Home eNB čvorovi za kontrolu femto ćelija, koje pokrivaju malo indoor područje i dodane su relej stanice. Arhitekturu LTE-A mreže bez relejnih stanica čine tri glavne komponente:

1. korisnički terminal UE (eng. *User Equipment*)
2. evoluirana UMTS zemaljska radio pristupna mreža EUTRAN (eng. *Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network*)
3. evoluirano paketsko jezgro mreže EPC (eng. *Evolved Packet Core*).



Slika 4. Arhitektura LTE-A mreže

Prenos govornog saobraćaja na LTE mreži je VoLTE (eng. *Voice over LTE*) tehnologija.

VoLTE tehnologija nije u potpunosti razvijena, pa se operatori odlučuju ili na razvijanje alternativnih tehnologija, uporedo sa VoLTE, pre svega zbog neoptimalne pokrivenosti LTE signalom i hardverskih zahteva koje mobilni telefoni moraju da ispune.

LTE tj VoLTE omogućuje alternativu VoIP (eng. *Voice over IP*) sastavu. Osnovna razlika između ova dva sistema je u tome što VoIP za prenos podataka koristi prebacivanje velike količine „paketa“ sa podacima koristeći kao mrežu bilo koji sastav koji koristi IP adrese, dok je VoLTE signalni protokol koji omogućuje slanje glasovnih paketa preko 4G mreže. VoLTE koristi nekoliko protokola, kao što su:

- SIP (eng. *Session Initiation Protocol*) – Sastav zadužen za uspostavu poziva.
- IMS (eng. *IP Multimedia Subsystem*) – Pruža konekcijske / gateway funkcije koje omogućavaju korišćenje VoLTE sastava sa samim VoLTE sastavima sa i bez njih.
- Visokokvalitetni signal nosilac (eng. *Carrier – Grade Signal*).

Drugim rečima, glavna razlika između VoLTE i VoIP protokola jeste u tome što VoLTE pruža uslugu na nivou telefonije, koristeći vezu velike brzine.

Zanimljivo je da VoLTE nema zahtev da se komunikacija između recimo dva VoLTE korisnika obavi „sa kraja na kraj“ obavezno samo po LTE mreži već može se upotrebiti bilo koja mreža koja zadovoljava po protoku i po QoS zahtevu. Dakle ako korisnički terminal ima dostupnu neku od adekvatnih mreža on će se njome poslužiti za VoLTE servis LTE mreže.

Upotrebljeni koder za prenos zvuka je AMR-WB (*Adaptive Multi-Rate Wideband*) i pruža vrhunski kvalitet razgovora. Paketi koji se koriste za VoLTE servis su specijalno optimizovani, zaglavlje je maksimalno smanjeno, posebni koder za pakovanje govora takođe donosi značajne dobitke pa je VoLTE značajno efikasniji od kombinacije VoIP/LTE.

4. ANALIZA TRŽIŠTA U SRBIJI

Usluge mobilne telefonije pružaju pet operatera od toga tri imaju licence za korišćenje elektromagnetnog spektra dok dva rade kao virtualni operateri [1, 2]. To praktično znači da virtuelni mobilni operater nema svoju mrežu već zakupljuje mobilnu mrežu nekog od mobilnih operatera u zemlji u kojoj planira da pruža usluge. Virtualni operateri

Mundio mobile, koji nudi usluge pod brendom Vectone mobile i Globatel još uvek nemaju značajnije učešće na tržištu pa neće biti analizirani u ovom pregledu. Licence za korišćenje elektromagnetnog spektra imaju sledeći operateri:

- Preduzeće za telekomunikacije Telekom Srbija a.d.(MTS),
- Telenor,
- Vip mobile.

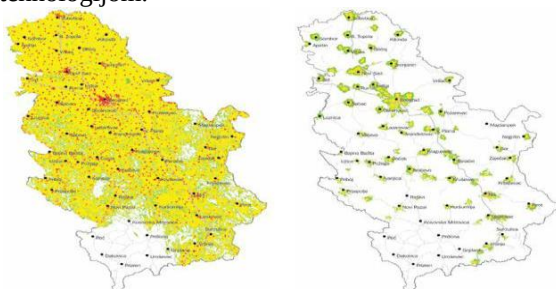
Operateri koriste GSM, UMTS I LTE tehnologije za rad u sledećim frekvencijskim opsezima:

- 791-821/832-862MHz,
- 890-915/935-960MHz,
- 1710-1780/1805-1875MHz,
- 1900-1915 MHz,
- 1900-1915 MHz /1920-1965 MHz/ 2110-2155MHz.

Operateri koriste GSM (2G), UMTS (3G) i LTE (4G) tehnologiju. Fokus u ovom radu će pre svega biti na LTE I UMTS tehnologiji.

U okviru LTE tehnologije procenat pokrivenosti teritorije ali i stanovništva je različit, za sva tri mobilna operatera, gde razlikujemo:

U slučaju mobilnog operatera **Telenora** procenat pokrivenosti teritorije signalom iznosi 9,95 odsto dok je procenat pokrivenosti stanovništva LTE signalom 53,78 odsto. Na slici 5. prikazana je mapa pokrivenosti LTE signalom mobilnog operatera Telenora kroz poređenje sa UMTS tehnologijom.



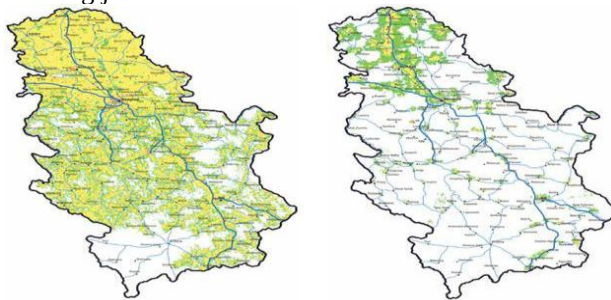
Slika 5. Pokrivenost UMTS I LTE signalom mobilnog operatera Telenor

Iz navedenog može se zaključiti da je nizak procenat pokrivenosti LTE tehnologijom i obuhvata uglavnom naseljena mesta tj veće gradove. Dok u slučaju pokrivenosti UMTS signalom od 91,2 procenta svakako doprinosi mogućnosti da Telenor može više da se okrene ka LTE tehnologiji i njenoj boljoj pokrivenosti.

U slučaju mobilnog operatera **mts** (Telekom Srbije) procenat pokrivenosti teritorije i stanovništva, je viši, gde imamo 15,64 procenata odnosno 60,95 procenata pokrivenost stanovništva LTE signalom. Mobilni operater MTS svakako ima zadatak i obavezu veće pokrivenosti stanovništva, kao operater u državnom vlasništvu, omogućujući građanima bolju dostupnost najnovijih tehnologija. Potrebno je uхватiti korak sa konkurencijom, što prema dosadašnjim podacima svakako uspeva. LTE signalom su pokriveni glavni putni pravci i teritorija Vojvodine što i ne čudi s obzirom na konfiguraciju terena koja omogućava bolju pokrivenost u odnosu na brdsko planinske predele. Takođe potrebna je još veća pokrivenost teritorije UMTS signalom pre svega za oblast Istočne Srbije ali i ostalih planinskih predela, iako su ti

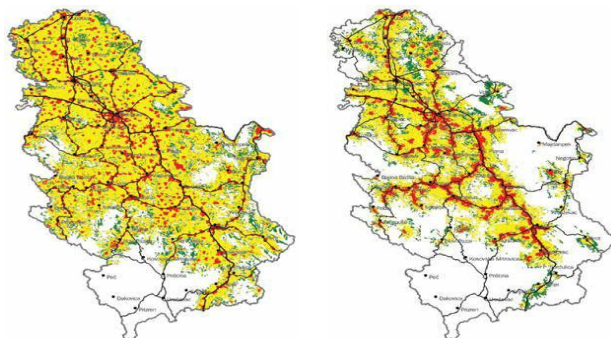
delovi zemlje, slabo naseljeni, ali to svakako može doprineti razvoju turizma.

Na slici 6. prikazana je mapa pokrivenosti LTE signalom mobilnog operatera mts kroz poređenje sa UMTS tehnologijom.



Slika 6. Pokrivenost UMTS i LTE signalom mobilnog operatera MTS

Mobilni operater Vip mobile, je operater sa najvećim procentom pokrivenosti kako teritorije tako i stanovništva, 34,4 odsto odnosno 78,2 odsto. Na slici 7. prikazana je pokrivenost UMTS I LTE signalom, gde zaključujemo da je najmanja pokrivenost UMTS signalom u odnosu na prethodne operatere, gde ima mesta za napredak ali svakako u odnosu na ostale operatere, LTE tehnologija je prioritet mobilnog operatera Vip.



Slika 7. Pokrivenost UMTS i LTE signalom mobilnog operatera Vip

Iz navedenog se vidi da operateri imaju različit pristup načinu pokrivanja teritorije baznim stanicama. Jedni se fokusiraju na lokacije gde je većinski naseljeno stanovništvo dok drugi pokrivaju teritoriju glavnih putnih pravaca i širih područja oko grada.

Ukupan broj korisnika mobilne telefonije na kraju 2016. godine iznosio je 9.094.447, što je za oko 0,7 odsto manje u odnosu na 2015. godinu. Smanjenje ukupnog broja korisnika u poslednje dve godine posledica je smanjenja broja pripejd korisnika, ali penetracija je i pored toga i dalje visoka i zabeležen je rast odlaznog govornog saobraćaja u minutima.

Uporedni podaci pokazuju da se broj minuta razgovora iz mobilnih mreža povećava iz godine u godinu. Ukupni odlazni saobraćaj u 2016. godini iznosi 15,4 milijarde minuta, što je za 1,9 odsto više u odnosu na 2015. godinu kada je odlazni saobraćaj iznosio 15,11 milijardi minuta. Za razliku od ukupnog broja potrošenih minuta primetan je pad ukupnog broja poslanih poruka.

Razlog možemo pre svega videti u ekspanziji višeplat-formskih aplikacija za razmenu poruka i poziva preko internet mreže, kao što su viber i whatsapp. Prednosti takvih aplikacija jesu da su pre svega besplatne, zahtevaju

4G, 3G ili WI-FI konekciju dok omogućava da kvalitet zvuka bude čak i bolji nego kod standardnog telefonskog poziva. Takođe, broj poslatih MMS poruka ima opadajući trend, koji će se itekako nastaviti, upravo zbog korišćenja ovih besplatnih aplikacija koje omogućavaju i slanje slika, bez dodatnih troškova uz postojeću internet konekciju.

Upravo, kroz razvoj LTE i bolje pokrivenosti a sa većim razvojem ovih aplikacija, u narednim godinama se svakako može očekivati pad broja poslatih poruka ali i potrošenih minuta.

U proteklih godinama, u pogledu prenosa mobilnih podataka, primetan je konstantan rast, po prosečnoj stopi od čak 46 posto godišnje. Ratel u svom izveštaju od 2016. godine uključuje i podatke prenete preko LTE mreže. U narednim godinama možemo očekivati još veći rast količine prenetih podataka, kao rezultat veće pokrivenosti stanovništva LTE signalom ali i sa razvojem i povećanom upotrebom telefona najnovije generacije tzv. *Smartphones* koji će zadovoljiti kriterijume korišćenja LTE mreže a samim tim i velikom brzinom interneta na mobilnim uređajima, što je i prikazano na slici 8. gde grafik ide uzlaznom putanjom.



Slika 8. Količina prenetih podataka u milionima GB (GPRS+UMTS+LTE)

Upravo u 2017. godini, dolazi do značajnih promena u pogledu pokrivenosti teritorije i stanovništva LTE signalom pre svega mobilnog operatera Telenor. U tabelama 1 i 2, prikazani su navedeni podaci za teritoriju Srbije u tekućoj godini, odakle zaključujemo da je mobilni operater Telenor najviše uložio u LTE tehnologiju što svakako govore činjenice da trenutno obezbeđuje 59,85 procenata teritorije odnosno 90,27 procenata stanovništva LTE signalom.

Drugi operateri, Vip mobile i Mts odnosno Telekom Srbije ostvarili su napredak ali na nivou od po nekoliko odsto u odnosu na prethodni izveštaj.

Procenat pokrivenosti teritorije Srbije za prvi kvartal 2017. Godine		
	UMTS (za RSRP > -105dBm)	LTE (za RSRP > -110dBm)
Telekom Srbije	85,59%	19,81%
Telenor	91,02%	59,85%
Vip Mobile	68,60%	36,50%
RSRP = Reference Signal Received Power		

Tabela 1. Procenat pokrivenosti teritorije UMTS i LTE tehnologijom

Procenat pokrivenosti stanovništva za prvi kvartal 2017. godine		
	UMTS (za RSRP > -105dBm)	LTE (za RSRP > -110dBm)
Telekom Srbije	97,30%	66,58%
Telenor	98,51%	90,27%
Vip Mobile	95,84%	79,93%
RSRP = Reference Signal Received Power		

Tabela 2. Procenat pokrivenosti stanovništva UMTS i LTE signalom

5. ZAKLJUČAK

U 2017. godini stepen razvoja mobilne mreže četvrte generacije u Srbiji, implementirane od strane tri mobilna operatera, dostigao je visok nivo. Naravno, uvek postoji prostor za još veći napredak ali ovim tempom može se očekivati da Srbija u nekoj skorijoj budućnosti bude u rangu sa najrazvijenijim državama, u pogledu brzine prenosa ali i pokrivenosti teritorije i stanovništva LTE signalom.

LTE tehnologija ulazi polako u zrelu fazu. „Dečije bolesti“ koje uvek prate novu tehnologiju polako se prevazilaze, tako da korisnicima sada ostaje samo da uživaju u ovoj do skora egzotičnoj i tako naprednoj tehnologiji, koja pruža visoke protoke, putem kojih se korisnicima omogućava upotreba i korišćenje servisa, za koje je do pre neku godinu, bila gotovo nemoguća implementacija na mobilne uređaje. Pogodnosti ove tehnologije svode se na to da će se mobilni širokopojasni pristup internetu, u pogledu brzina postepeno približiti širokopojasnom pristupu preko kabla.

6. LITERATURA

[1] http://ratel.rs/upload/documents/Pregled_trzista/Pregled%20trzista%202016.pdf www.ratel.rs

[2] <http://www.ratel.rs/upload/Mobilna%20Q1%202017.pdf>. www.ratel.rs. [Online]

Kratka biografija:



Nenad Dimitrijević rođen je u Bajinoj Bašti 1991. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Telekomunikacioni sistemi na temu LTE tehnologije i stanja tržišta u Srbiji odbranio je 2017.god.
kontakt: ndimitrijevic1991@gmail.com



Željen Trpovski rođen je u Rijeci, 1957. god. Završio je studije na elektrotehničkom odseku Fakulteta tehničkih nauka 1981. godine. Od 1985. radi na Fakultetu tehničkih nauka, elektrotehnički odsek, Katedra za telekomunikacije i obradu signala. Magistrirao je 1991, a doktorirao 1998. godine.

DIZAJN EMBEDDED SISTEMA SA PRIMEROM APLIKACIJE

DESIGN OF AN EMBEDDED SYSTEM WITH APPLICATION EXAMPLE

Dušan Kovačević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Ovaj rad opisuje dizajn embeded sistema čije jezgro predstavlja mikrokontroler PIC18F25K50. Embeded sistem sadrži periferije kao što su USB komunikacija, LED diode, prekidači, releji, analogne i digitalne ulaze i izlaze, kao i bežični modul CC1120. Rad opisuje i primer aplikacije, odnosno akviziciju i prikazivanje temperature.

Abstract – This paper describes the design of an embedded system whose core is the PIC18F25K50 microcontroller. The embedded system contains peripherals such as USB communication, LEDs, switches, relays, analog and digital inputs and outputs, as well as the CC1120 wireless module. The paper also describes an example of an application, namely acquisition and display of temperature.

Ključne reči: Embeded sistem, mikrokontroler, bežična komunikacija

1. UVOD

Ako pogledamo oko sebe shvatićemo da smo okruženi računarskim sistemima. Svake godine milioni računarskih sistema se prave sa ciljem da se koriste kao *desktop* računari (lični računari, radne stanice, serveri) ali iznenađujuće, svake godine milijarde računarskih sistema se prave tako da čine delove većih elektronskih sistema, i i dalje ostaju nezapaženi [1].

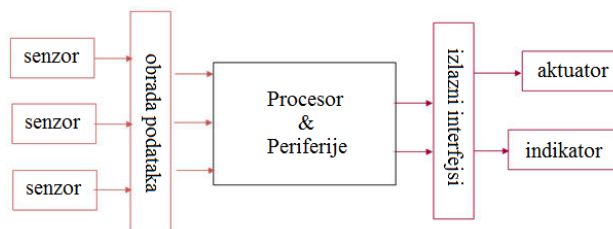
Svaki uređaj koji se napaja električnom energijom, ili već sadrži računarski sistem ili će računarski sistem biti ugrađen u njega.

Danas, ugrađeni (eng. *embedded*) sistemi se mogu pronaći u mobilnim telefonima, digitalnim kamerama, *gaming* konzolama, kalkulatorima, mikrotalasnim pećnicama, već mašinama, štampačima, skenerima, alarmnim sistemima, i mnogim drugim uređajima.

Nije lako precizno navesti definiciju embeded sistema. Jednostavno rečeno, svi računarski sistemi koji nisu računari opšte namene su embeded sistemi. Embeded sistem predstavlja sistem u kojem je softver ugrađen u hardver, što znači da sistem ima specifičnu namenu, ili je deo aplikacije ili proizvoda koji je deo većeg sistema. On procesira konačan skup pre-programiranih instrukcija kako bi kontrolisao elektromehaničku opremu koja može biti deo nekog obimnijeg sistema. Blok dijagram jednog tipičnog embeded sistema prikazan je na slici 1.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Predrag Teodorović, red.prof.

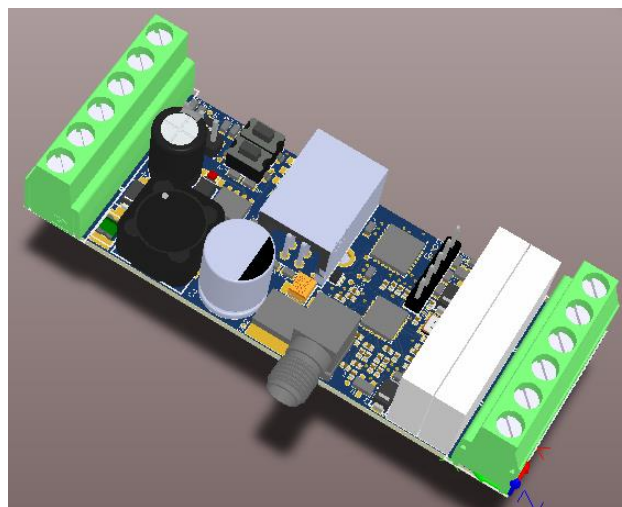


Slika1. Blok dijagram tipičnog embeded sistema

Embeded sistem opisan ovim radom predviđen je da se koristi u industrijskim pogonima, u svrhe kućne automatizacije, itd.

2. DIZAJN HARDVERA

Hardver čine štampana ploča sa komponentama i kućištem u koje će biti smešteno. Štampana ploča je četvoroslojna, sadrži dva signalna sloja i po jedan sloj za napajanje i uzemljenje, dimenzija 82 mm dužine i 29.4 mm širine. Izgled dizajniranog sistema prikazan je na slici 2.



Slika 2. Dizajnirani embeded sistem

Sistema se može podeliti na tri celine:

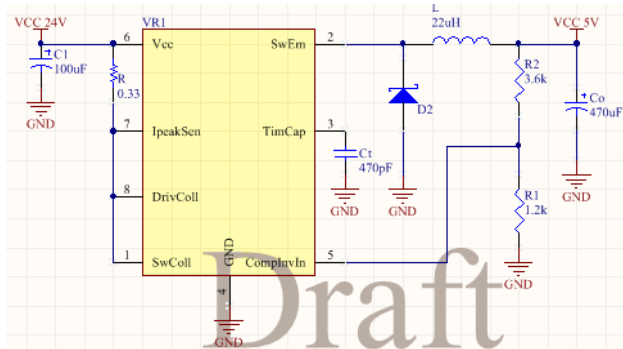
- napajanje
- mikrokontroler i periferije
- bežični modul CC1120

2.1. Napajanje

Glavno napajanje sistema, koje se dovodi na ulazne terminalne blokove, iznosi 24 V. Na blokove su povezani osigurač i TVS dioda, koji služe da zaštite ostatak kola od prejake struje i elektrostatičkog pražnjenja.

Neke komponente zahtevaju napajanje od 5 V, i ono se izvodi sa glavnog napajanja pomoću DC/DC buck konvertora. Njegova uloga je da smanji veći napon koji prima na ulazu. Kako ova komponenta predstavlja samo

prekidačku logiku, neophodne su joj dodatne komponente za ispravan rad. *DC/DC buck* konvertor zajedno sa propratnim kolom prikazan je na slici 3.



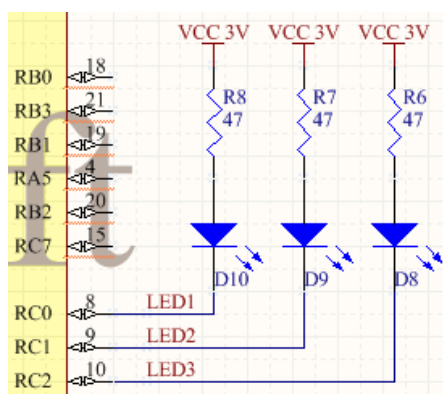
Slika 3. Električna šema buck konvertora sa propratnim kolom

Pored 5 V, postoje i komponente kojima je neophodno napajanje od 3 V. Ono se dobija korišćenje *LDO* regulatora, koji na ulaz prima 5 V, dok na izlazu daje 3 V. Njegovo dodatno kolo čine kondenzatori su potrebni za stabilizaciju napona na ulazu i izlazu.

2.2. Mikrokontroler i periferije

Kao što je već pomenuto, mikrokontroler *PIC18F25K50* predstavlja jezgro ovog sistema, on rukovodi svim periferijama i podmodulima. Njegovo propratno kolo za ispravan rad čine nekoliko otpornika i kondenzatora na pinovima za napajanje i reset. Svrha im je da zaštite mikrokontroler od šumova i neželjenih reseta.

LED diode se obično koriste u embeded sistemima kao indikatori određenih događaja. Ovaj sistem sadrži tri *LED* diode. Svaka je povezana sa odgovarajućim otpornikom, radi ograničenja struje. Kolo sa *LED* diodama je prikazano na slici 4.

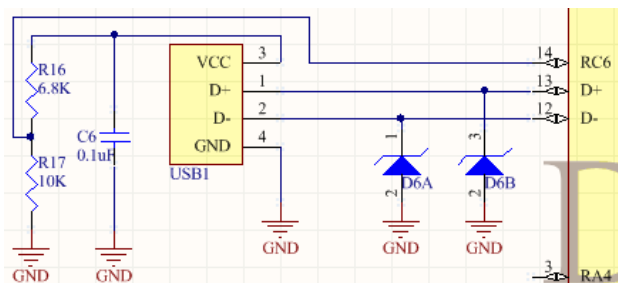


Slika 4. Električna šema sa LED diodama

Mikrokontroler ne može da kontroliše događaje u spoljašnjem svetu ako pre toga ne očitava neke podatke na osnovu kojih će doneti odluku. U tu svrhu, koriste se dvopoložajni prekidači. Zajedno sa prekidačima, na iste ulazne pinove su vezani i *pull up* otpornici, kako ulazi ne bi bili u stanju visoke impedanse u slučaju otvorenih prekidača.

Sistem sadrži dva releja, kako bi mogli da uključuju i isključuju električna kola sa mnogo većim strujama i naponima. Releji zahtevaju veću struju nego što mikrokontroler može da obezbedi, stoga se koriste tranzistori.

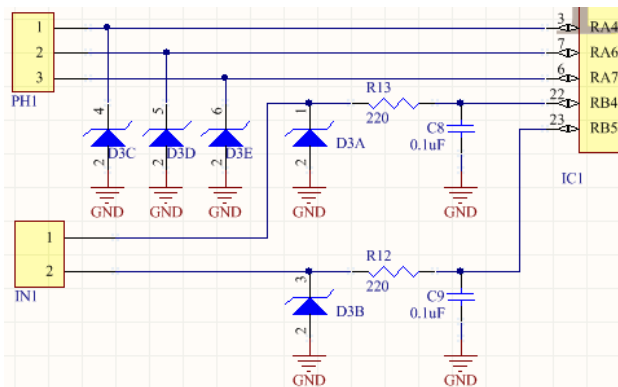
Pošto je nekada potrebno uspostaviti vezu sa mikrokontrolerom putem računara, kao i sa komponentama koje podržavaju *USB* komunikaciju, ovaj sistem sadrži i *USB* port. Na komunikacione pinove povezana je *TVS* diode radi zaštite od elektrostatičkog pražnjenja. Mikrokontroler koristi jedan pin kako bi detektovao da je neki uređaj povezan na *USB* port, pomoću naponskog razdelnika. Kolo sa *USB* portom prikazano je na slici 5.



Slika 5. Električna šema kola sa USB portom

Mikrokontroler je potrebno programirati i debugovati, i nakon instalacije na štampanu ploču, stoga postoji konektor za tu svrhu. To je običan petopinski konektor sa razmakom od 2.54 mm između pinova na koji se može povezati programator.

Sistem, takođe, sadrži konektore za analogne i digitalne ulaze i izlaze. Ovi ulazi i izlazi se koriste za očitavanje stanja, uključivanje drugih komponenti ili podmodula, precizno očitavanje napona, itd. *TVS* dioda, kondenzatori i otpornici su povezani sa konektorima radi zaštite od elektrostatičkog pražnjenja prilikom povezivanja sa drugim komponentama. Kolo je prikazano na slici 6.



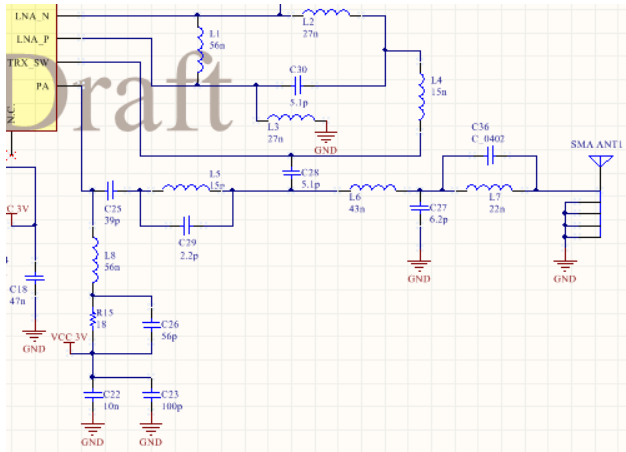
Slika 6. Električna šema sa konektorima za periferije

2.3. Bežični modul CC1120

Posle mikrokontrolera najbitnija komponenta je *RF* komunikacioni modul *CC1120*. *CC1120* je potpuno integrisan *single chip* radio primopredajnik visokih performansi i niske potrošnje energije [2]. Potrebno je nekoliko dodatnih komponenta za ispravan rad ovog elementa. Na sve pinove za napajanje povezani su kondenzatori kako bi potisnuli šumove u signalima napajanja. Deo propratnog kola predstavlja i kristal, sa odgovarajućim kondenzatorima. Nominalna frekvencija kristala je 32 MHz.

Radio frekventni signal je električni signal koji se emituje kao radio talas. Antena je pretvarač koji konvertuje radio talas u AC signal ili obrnuto. Ulazna impedansa antene

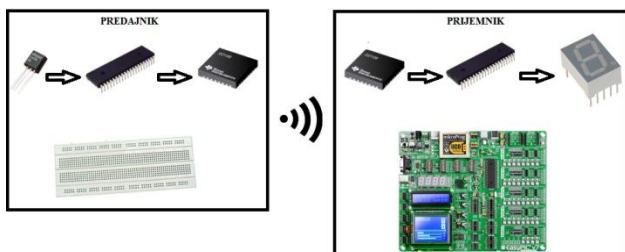
mora da se poklapa, ili da bude približne vrednosti kao impedansa radio elementa. Ako se ne poklapaju nastaje refleksija signala ka ili od elementa. Zato se između *RF* komponente i antene, odnosno konektora za antenu, nalazi mreža otpornika, kalemova i kondenzatora. Ove komponente takođe omogućavaju modulu da emituje i prima signale u odgovarajućem frekvencijskom opsegu. Izgled ovog kola prikazan je na slici 7.



Slika 7. Električna šema kola za podešavanje impedanse

3. PRIMER APLIKACIJE

Kao primer aplikacije implementiran je jednostavan sistem koji se sastoji od dve strane, predajne i prijemne. Kako dizajnirani hardver nije fizički izrađen, predajna strana realizovana je na prototip ploči, dok je prijemna realizovana na *EasyPIC v7* razvojnoj ploči. Konfiguracija primera prikazana je na slici 8.



Slika 8. Konfiguracija sistema

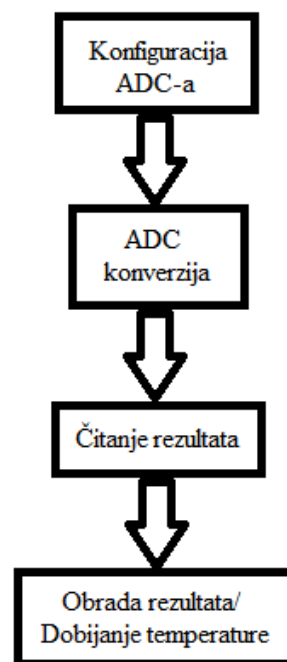
Predajnu stranu čine temperaturni senzor, *PIC* mikrokontroler i *CC1120* bežični modul. Temperaturni senzor *LM35* obezbeđuje trenutnu temperaturu na svom izlaznom pinu. Njegov izlazni je povezan na *PIC* mikrokontroler, koji *ADC*-a uzorkuje naponski signal. Nakon obrade signala, *PIC* šalje putem *SPI* interfejsa vrednost temperature *CC1120*, koji je zatim bežično emituje.

Prijemu stranu čine *CC1120* bežični modul, *PIC* mikrokontroler i četiri 7-segmentna displeja. *CC1120* je u prijemnom modu. Pošto je paket primljen, prenosi se pomoću *SPI* komunikacije mikrokontroleru. Nakon toga, *PIC* ispisuje temperaturu na 7-segmentnom displeju.

3.1. LM35 - PIC komunikacija

LM35 temperaturni senzor se napaja sa 5 V, istim naponskim nivoom koji koristi i *PIC*. Na svom izlazu daje analogni naponski signal koji je srazmeran temperaturi sredine u kojoj je senzor smešten. Nakon što *PIC* podese

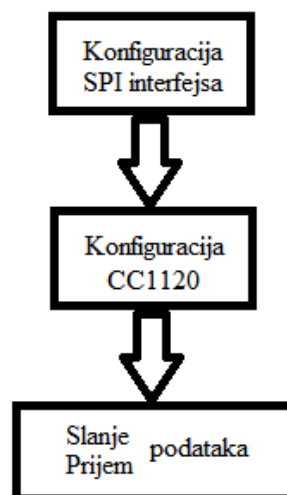
ADC, započinje se konverzija. Po završetku konverzije čita se rezultat i dalje obrađuje kako bi se dobila temperatura. Tok komunikacije prikazan je na slici 9.



Slika 9. Tok komunikacije između *LM35* i *PIC* mikrokontrolera

3.2. PIC - CC1120 komunikacija

PIC mikrokontroler, *CC1120* modul i njihova međusobna komunikacija predstavljaju jezgro ovog primera aplikacije. Podatak koji treba preneti bežičnim putem, *PIC* šalje *CC1120* pomoću *SPI* interfejsa. Isto tako, primljeni podatak *PIC* čita iz registara *CC1120* putem *SPI* komunikacije. Proces komunikacije između ova dva elementa prikazan je na slici 10.



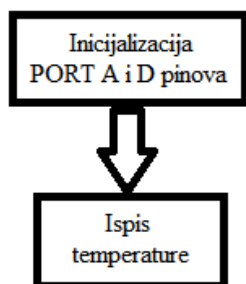
Slika 10. Tok *PIC* - *CC1120* komunikacije

Pre bilo kakve komunikacije sa *CC1120*, *PIC* konfigurise *SPI* interfejs. Isto tako, pre samog bežičnog slanja i primanja podataka, *CC1120* je potrebno konfigurisati, odnosno u njegove registre upisati optimalne vrednosti. Nakon toga, na predajnoj strani, *PIC* upisuje podatak u

TX FIFO registar *CC1120*, i postavlja ga u predajni mod što započinje emitovanje. Na prijemnoj strani, *PIC* postavlja *CC1120* u prijemni mod i čeka podatak. *CC1120* nakon prijema obaveštava mikrokontroler koji čita podatak iz *RX FIFO* registra.

3.3. 7-segmentni displej - PIC komunikacija

7-segmentni displeji predstavljaju izlaz ovog sistema, odnosno na njima se prikazuje trenutna temperatura sredine. Proces ispisa temperature na displeje prikazan je na slici 11.



Slika 11. Proces ispisa temperature

Mikrokontroler komunicira sa displejima pomoću svojih portova A i D. Pinovima porta D se uključuju segmentni sva četiri displeja, dok se prva četiri pina porta A koriste za odabir displeja. Inicijalizacija ova dva porta predstavlja podešavanje njihovih pinova da budu digitalni izlazi.

Ispis se vrši tehnikom multipleksiranja. Iz primljene temperature se izdvaja cifra desetice i cifra jedinice. Prva dva displeja predstavljaju cifre desetice i jedinice dok druga dva predstavljaju simbol stepena celzijusa. Ova četiri znaka se uzastopno ispisuje jedan za drugim velikom brzinom i tako stvaraju iluziju da displeji rade simultano.

4. ZAKLJUČAK

Kao svaki sistem, i ovaj ima prostora za unapređenje i poboljšanje. Najznačajnije poboljšanje bi bilo u povećanju površine ploče. To bi omogućilo korišćenje *PCB* ili čip antene, a ne *whip* antene. Kućište se ne bi moralo bušiti ali bi performanse RF transmisije bile lošije. Dodatni prostor bi omogućio i bolji raspored komponenti.

Mogao bi se dodati i jedan pin konektor za serijsku komunikaciju. Ovakvim redizajnom bi se poboljšao spektar mogućnosti samog sistema. Umesto proširenja prostora, komponente bi se mogle lemiti i sa donje strane ploče, a ne samo sa gornje. Pomenuta poboljšanja imaju manu u vidu poskupljenja proizvodnje jednog ovakvog sistema.

5. LITERATURA

- [1] Engineers Garage | Inspiring Creations, Embedded System | What is embedded system, <https://www.engineersgarage.com/articles/embedded-systems>, Septembar 2017.
- [2] Texas Instruments, CC1120, <http://www.ti.com/product/CC1120>, Avgust 2017.

Podaci za kontakt:

Dušan Kovačević, dule.ko991@gmail.com

OPTIMIZACIJA RAČUNARSKOG VIDA NA GPU EMBEDDED SISTEMU**OPTIMIZATION OF COMPUTER VISION ON A GPU-ENABLED EMBEDDED SYSTEM**

Petar Grbić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast - ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Ovaj rad se bavi implementacijom i optimizacijom računarskog vida na embeded sistemu sa sopstvenim GPU modulom, baziranom na CUDA arhitekturi.

Abstract – This thesis describes the implementation and optimization of computer vision on an embedded system with a dedicated GPU module, based on CUDA architecture.

Ključne reči: OpenCV, CUDA, Nvidia, Jetson TX1, ball detection, hand recognition

1. UVOD

Decenijama računari su se pokazali odličnim za olakšavanje mnogih svakodnevnih zadataka, ali sa razvojem veštačke inteligencije i sve češćom interakcijom računara sa spoljašnjim svetom, javlja se potreba za bržim i efikasnijim razumevanjem vizualnih signala.

Najjednostavniji sistemi korišćeni u svrhe računarskog vizuelnog razumevanja poseduju samo VGA kameru i bave se automatskom ekstrakcijom, analizom i interpretacijom korisnih informacija iz jedne slike ili nizova slika. Često je važno da se ova obrada odvija u realnom vremenu.

Ovaj rad se bazira upravo na potrebi za obradom u realnom vremenu. Za ubrzavanje obrade računarskog vida koriste se grafički procesori, odnosno paralelno računarstvo. Do nedavno ovo nije bilo moguće na jeftinijim sistemima zbog nedostatka grafičkog procesora, ali neki savremeni Embeded sistemi poseduju neophodan hardver. Ovaj rad se bavi osposobljavanjem jednog takvog sistema za potrebe računarskog vida.

2. TEORIJSKE OSNOVE

Za potrebe ovog rada, neophodno je bilo istražiti oblasti paralelnog računarstva i računarskog vida. Takođe, obavljeno je istraživanje specifikacija odabranog embeded sistema sa grafičkim procesorom, kao i upoznavanje sa bibliotekama računarskog vida.

2.1. Paralelno računarstvo

Tradicionalno, softver se izvršavao isključivo sekvencijalno. Problem se delio na diskretnu seriju instrukcija, koja bi se izvršavala jedna za drugom, na samo jednom procesoru. Ovo znači se da u bilo kom trenutku mogla izvršavati samo jedna instrukcija. Ovakav princip je veoma intuitivan i efikasan, stoga se u velikoj meri i danas koristi.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Predrag Teodorović.

Određeni problemi se mogu podeliti na diskretne delove koji se mogu rešavati konkurentno. Efikasnijim rešavanjem ovakvih problema bavi se paralelno računarstvo (*Parallel computing*). U najjednostavnijem smislu, paralelno računarstvo je istovremena upotreba više računarskih resursa (procesorskih jedinica) za rešavanje računarskog problema.

2.2. GPU ubrzano računarstvo

GPU-ubrzano računarstvo je korišćenje grafičkog procesora zajedno sa CPU-om za rešavanje mešovitih zadataka. Ovakvi zadaci poseduju delove koji se moraju izvršavati sekvencijalno, kao i delove koji se mogu izvršavati paralelno. GPU-ubrzano računarstvo predaje delove aplikacije koji se mogu paralelizovati grafičkom procesoru, dok ostatak koda obrađuje CPU.

Da bi ovakav sistem koristio prednosti GPU i CPU računarstva, neophodno je dobro razumevanje zadatka, kako bi se pronašlo optimalno rešenje gde se može iskoristiti GPU. Na kraju, iz perspektive korisnika, aplikacije rade mnogo brže.

2.3 CUDA

CUDA je paralelna računarska platforma i aplikacioni programski interfejs (API) kreiran od strane Nvidia kompanije. Ona omogućava povećanje računarskih performansi koristeći snagu grafičke procesne jedinice za obradu opšte namene. Ovaj pristup se naziva GPGPU (*General-Purpose computing on Graphics Processing Units*). CUDA platforma je softverski sloj koji daje direktan pristup virtuelnom setu instrukcija GPU-a i paralelnim računskim elementima. Kada ju je Nvidia prvi put predstavila 2007. godine, naziv CUDA je bio akronim za *Compute Unified Device Architecture*, ali je Nvidia kasnije odbacila upotrebu ovog akronima.

CUDA uvodi znatne olakšice u GPU računarstvu, omogućivši korišćenje C, C++ i Fortran instrukcija za GPU, bez potrebe za asemblerskim kodom. Ovo je postignuto kreiranjem skupa softverskih slojeva za komunikaciju sa GPU.

CUDA obezbeđuje dva API-ja: interfejs visokog nivoa (*CUDA Runtime API*) i interfejs niskog nivoa (*CUDA Driver API*). Budući da je API visokog nivoa implementiran "iznad" API-ja niskog nivoa, svaki poziv funkcije iz Runtime nivoa se deli na jednostavnije funkcije Driver API-ja. Ova dva API-ja se međusobno isključuju. Može se koristiti jedan ili drugi, ali nije moguće mešati pozive funkcija iz oba.

2.4 OpenCV

OpenCV (*Open Source Computer Vision Library*) je otvorena softverska biblioteka za računarski vid (*Computer Vision*) i učenje mašina (*machine learning*).

Računarski vid (*Computer Vision*) je interdisciplinarno polje koje obezbeđuje računarima visoko razumevanje digitalnih slika ili video zapisa. Sa stanovišta inženjerstva, nastoji da automatizuje zadatke koje ljudski vizuelni sistem može da uradi.

OpenCV [2] [3] je napravljen kako bi obezbedio zajedničku infrastrukturu za razvoj računarskog vida i ubrza korišćenje mašinske percepcije u komercijalnim proizvodima. Biblioteka je pod otvorenom licencom, čime olakšava kompanijama i privatnim korisnicima da koriste i modifikuju kod. Ova biblioteka ima više od 2500 algoritama.

2.5 Nvidia Jetson TX1

Za potrebe ovog rada, odabran je Nvidia Jetson TX1 razvojni sistem [1]. Izašao je krajem 2015. godine kao revolucionarni proizvod u mikroprocesorskom (embedded) svetu. Ovaj uređaj poseduje moderan i moćan GPU hardver, zadržavajući male dimenzije i nisku potrošnju (oko 10 vati).

Jetson TX1 je modul veličine 50 sa 87 milimetara, prekriven aluminijumskim hladnjakom i ventilatorom. Poseduje Nvidia Tegra X1, modul koji kombinuje četiri 64-bitna ARM Cortex-A57 jezgra i četiri ARM Cortex-A53 jezgra, kao i 256-jezgarni Maxwell GPU.

Uprkos tome, Tegra X1 uvek pokazuje samo četiri A57 jezgra, dok se ostalim četiri A53 jezgrima ne može pristupiti od strane operativnog sistema.

Oni se koriste samo u slučaju kada CPU primeti da se ne izvršava intenzivan zadatak radi niske potrošnje energije.

3. ANALIZA PROBLEMA

Glavna tema ovog rada je izvršavanje aplikacije računarskog vida na Jetson TX1 razvojnoj ploči, kao i njena optimizacija pomoću GPU ubrzavanja. Ovo je moguće jer je Jetson embeded sistem koji poseduje grafički procesor. Taj procesor je projektovan sa CUDA arhitekturom, što ga čini idealnim za ovu primenu.

Prvi korak projekta ovog rada je osposobljavanje ploče, gde je neophodno je podesiti razvojno okruženje. Nakon toga, potrebno je napisati GPU ubranu aplikaciju koja koristi biblioteku računarskog vida. Kao demonstracija računarskog vida, odabrane su funkcionalnosti koje najbolje predstavljaju ovu oblast, kao što je detekcija zelene lopte i broja prstiju šake.

Podaci prikupljeni pomoću ove dve detekcije se mogu demonstrirati jednostavnim programom za crtanje. Pokreti lopte bi se iskoristili za iscrtavanje putanje koju prelazi, dok bi blizina lopte uticala na debljinu te putanje. Broj detektovanih prstiju šake bi menjao aktivnu funkcionalnost lopte, kao što je brisanje nacrtanog ili promena boje.

Na kraju, potrebno je optimizovati aplikaciju, kako bi iskoristila CUDA GPU-ubrzavanje. Neophodno je da ova optimizacija rezultuje u znatno bržem izvršavanju aplikacije.

Drugim rečima, rad se može smatrati uspešnim ako optimizacija rezultuje u većem broju obrađenih slika u sekundi (veći *framerate*) nego korišćenjem samo centralnog procesora.

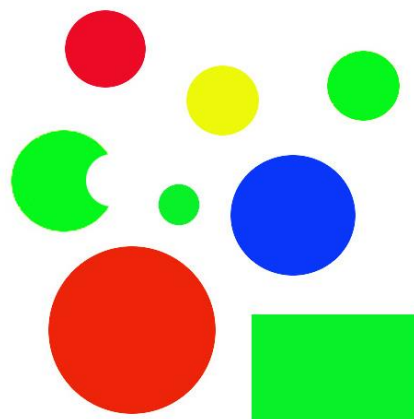
4. REALIZACIJA

Za rešavanje svih problema iz prethodnog poglavlja, bilo je neophodno podeliti ih u korake. Ovi koraci su detekcija zelene lopte, detekcija broja prstiju šake, program za crtanje i optimizacija.

4.1. Detekcija zelene lopte

Jedan od osnovnih problema u oblasti kompjuterskog vida je detekcija objekata iz slike. Kao prvi primer odabrana je detekcija najvećeg zelenog kruga, odnosno zelene lopte [4].

Prvo, potrebno je izdvojiti samo zelenu boju iz slike. Umesto standardnog RGB (Red / Green / Blue) zapisa slike, potrebno je konvertovati je u HSV (Hue / Saturation / Value) zapis. HSV zapis dozvoljava identifikaciju boje korišćenjem samo jedne vrednosti (Hue), za razliku od RGB zapisa koji zahteva sve tri. Takođe, bitno je navesti da su u OpenCV-u H vrednosti u opsegu od 0 do 180, a S i V vrednosti od 0 do 255. Zelena boja u ovom H opsegu se nalazi negde između 70 i 120. Sledeći deo koda konvertuje sliku iz BGR zapisa (interno, OpenCV skladišti slike u BGR formatu) u HSV zapis i pravi masku koja izdvaja samo zelenu boju. Rezultati korišćenja ovog algoritma se mogu videti na sledećem primeru.



Slika 1. Primer za demonstraciju detekcije zelenih krugova

Za primer je odabrana statična slika sa nekoliko geometrijskih oblika različite boje i veličine (Slika 1). Primenom ovog algoritma napravljena je maska koja izoluje samo zelene objekte. Ta maska je binarna matrica gde je belom bojom predstavljen zeleni piksel koji zadovoljava definisan Hue opseg, dok je crnom bojom predstavljeno sve ostalo.

Koliko god da se precizno kalibriše algoritam za detekciju zelene boje, u realnom scenariju postoji dosta sitnih zelenih delova slike koji se ne trebaju detektovati. Takođe, delovi koje je potrebno detektovati, poseduju delove koji nisu zeleni. Na kamerama, ovo se najčešće manifestuje u vidu šuma na slici.

Šum sa slike se može eliminisati (ili barem znatno smanjiti), korišćenjem Blur metode. Ova metoda „zamućuje“ sliku, odnosno smanjuje šum i smanjuje oštrinu slike. S obzirom na to da, za ovaj algoritam, detalji slike nisu od velikog značaja, Blur metode su idealno rešenje.

Zbog kontrasta i senki, postoji šansa da određeni deo lopte bude toliko osvetljen da će kamera to detektovati kao belu boju. Ova pojava se u fotografiji zove prevelika ekspozicija (*overexposure*). Nasuprot tome, senke na drugoj strani lopte mogu da prouzrokuju detekciju crne boje. Takođe, deo lopte može da bude blokiran drugim objektom. Realan scenario je da prsti ruke koja drži loptu zaklanjaju njen određeni deo.

Kako bi se nadomestio ovaj nedostatak, osmišljen je nov algoritam za detekciju nesavršenih krugova gde se stepen nesavršenosti može kalibrisati. Prvi korak je izdvajanje svih kontura iz maske. Konture manje od određene površine se ignorišu, jer je velika verovatnoća da su one samo posledica šuma. Takođe, OpenCV poseduje metodu za kreiranje najmanjeg mogućeg kruga koji obuhvata sve tačke konture (*minEnclosingCircle*). Ovaj algoritam jednostavno poredi površinu konture i ovog kruga. Ako je cilj detekcija idealnih krugova, ove dve površine moraju biti jednake. Za sve ostale geometrijske oblike, površina konture će biti manja od površine najmanjeg obuhvatajućeg kruga. Za detekciju nesavršenih krugova, potrebno je isfiltrirati sve konture gde je ova razlika u površini veća od određenog procenta. Ako je ovaj procenat dobro kalibrisan, dobiće se detekcija sa zadovoljavajućom preciznošću.

4.2. Detekcija šake i broja prstiju

Druga potrebna funkcionalnost u ovom projektu je detekcija šake i računanje broja raširenih prstiju [5] [6]. Ova detekcija je znatno komplikovanija od detekcije zelene lopte i obično zahteva sofisticiraniji hardver. Za razliku od lopte, šaka može da menja oblik, a takođe može da bude raznih boja kože. Uprkos tome, dovoljan nivo preciznosti korišćenjem samo VGA kamere je i dalje moguć.

Kao iz prethodnog poglavlja, prvo je potrebno izolovati željeni objekat sa slike formiranjem maske. S obzirom na to da boja nije bitna za detekciju šake, može se kompletno zanemariti. Kada se ukloni boja (*Grayscale*), analizom intenziteta sive se mogu izdvojiti objekti, što se postiže metodom Threshold. U ovoj metodi se postavlja vrednost praga i ako je intenzitet sive piksela veći od tog praga, dodeljuje se jedna vrednost (npr. bela), a u suprotnom se dodeljuje drugu vrednost (npr. crna).

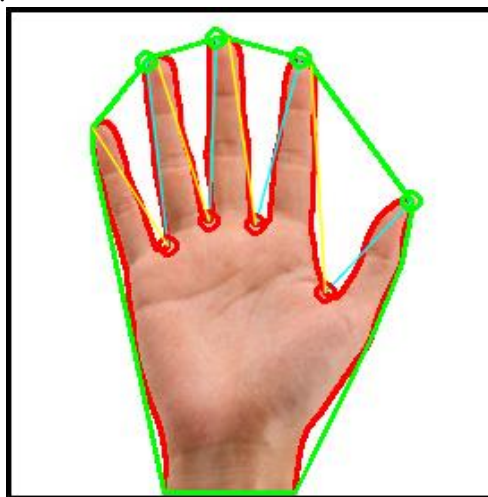
Za potrebe ovog rada, detekcija šake je potrebna samo u gornjem levom delu horizontalno preokrenute slike. Ovo se postiže postavljanjem Regiona Od Interesa (ROI). Nakon postavljanja, funkcije koje bi se izvršavale na celoj slici, će umesto toga delovati samo na podskupu slike koji je označen ROI metodom.

Nakon otklanjanja boje primenjen je Blur efekat. Ovo će smanjiti uticaj šuma na kreiranje maske. Negativne posledice Blur metode nisu od značaja, jer oština ivica ne utiče na detekciju šake, tako da je bezbedno primeniti ovu metodu.

Nakon izdvajanja maske, sledeći deo je detekcija prstiju. Prvi korak je pronalaženje vrhova prstiju. Najjednostavniji način je obmotavanje maske sa najmanjim geometrijskim oblikom koji poseduje samo konveksne uglove. Ovaj oblik okružuje sve tačke regije šake. Ako bi se iscrtala kontura šake, sve tačke ove konture bi se nalazile unutar ili na konveksnom obliku.

Svako nepoklapanje konture sa konveksnim oblikom se smatra defektom. Jedan defekt je skup tačaka konture, od prekida poklapanja sa konveksnim oblikom do njihovog ponovnog poklapanja. OpenCV poseduje gotove metode za računanje ovih defekata. Kao izlaz ove metode dobije niz svih detektovanih defekata.

Dubina defekta je vrednost koja je ovom algoritmu od najvećeg značaja. Kontura šake može imati veliki broj defekata sa manjom dubinom. Ovo je pogotovo tačno kada se koristi slika snimljena kamerom. Analizom dubine svakog defekta, mogu se odstraniti manji defekti. Kako bi se detektovao broj prstiju, dubina defekta mora da bude jednaka dužini svakog prsta. Broj raširenih prstiju se računa inkrementiranjem broja filtriranih defekata za jedan.



Slika 2. Uspešna detekcija broja defekata

4.3. Crtanje

Cilj projekta je praktična primena algoritama računarskog vida. Iz ovog razloga odlučeno je da se dve detekcije opisane u prethodnim poglavljima primene za jednostavan program crtanja. Glavna ideja je da se pokreti zelene lopte protumače kao pokreti četkice, dok bi se u zavisnosti od broja detektovanih prstiju aktivirale razne dodatne opcije, kao što je menjanje boje ili režim brisanja.

4.4. Optimizacija i GPU ubrzavanje

Dosadašnja aplikacija se izvršava sekvencijalno. Prvo se zabeleži slika sa kamere, zatim se izvrši detekcija lopte pa detekcija broja prstiju i na kraju se od tih podataka obavi iscrtavanje. Ovaj proces traje oko 20 milisekundi. To znači da pri maksimalnom iskorišćenju procesora, teoretski je moguće obraditi oko 50 slika u sekundi. Ovo je dovoljno za većinu primena, a pogotovo u ovom primeru gde je maksimalna brzina zapisa kamere 30 slika u sekundi.

Međutim, jedna od glavnih uloga embeded sistema je niska potrošnja. Iskorišćenje procesora o ovoj meri na duži vremenski period će dovesti do podizanja temperature i znatno veće potrošnje. Takođe, ovakva implementacija ne dozvoljava dodavanje novih funkcionalnosti, s obzirom na to da su resursi već skoro maksimalno zauzeti.

Iz ovih razloga, zaključeno je da se aplikacija mora optimizovati. Postoji nekoliko metoda koje se mogu primeniti na ovakvom sistemu, od kojih su glavni CPU optimizacija i GPU ubrzavanje.

Deljenjem modula aplikacije u zasebne programske niti obezbeđuje se iskorišćenje više jezgara procesora i znatno povećanje u brzini izvršavanja. Programska nit (*thread*) je najmanja sekvenca programskih instrukcija sa kojom raspoređivač (*task scheduler*) može samostalno upravljati. Aplikacija može imati više niti u okviru jednog procesa, koje se istovremeno izvršavaju i dele resurse kao što je memorija. Kako se u ovom projektu jasno razlikuju tri logičke celine, odlučeno je da se izvršavanje podeli u tri niti. Ove celine su: detekcija zelene lopte, detekcija broja prstiju na šaci i glavni modul.

GPU instrukcije se mogu izvršavati samo nad promenljivama koje se nalaze na GPU memoriji. Drugim rečima, pre izvršavanja GPU instrukcije neophodno je poslati sve potrebne promenljive sa glavne memorije na GPU memoriju. U projektu, GPU ubrzanje je primenjeno na obradi slike pri kreiranju maski. Nakon što kamera zabeleži sliku, ona se prebacuje u GPU memoriju. Odatle, metode za kreiranje maske koriste pokazivače na ovu sliku kako bi se smanjio broj njenih kopija u memoriji. Ostatak detekcije se mora izvršavati sekvencijalno, tako da se performanse ne bi poboljšale nastavkom izvršavanja na GPU. Iz tih razloga, generisana maska se kopira nazad sa GPU memorije na glavnu memoriju i ostatak detekcije se izvršava na CPU.

Nakon ovih optimizacija, aplikacija je znatno ubrzala. Ovo ubrzanje je precizno izmereno, iako je bilo primetno i samim korišćenjem aplikacije.

5. REZULTATI RADA

U glavnom modulu, implementirana je jednostavna metoda za merenje vremena obrade jedne slike. Ova vremena su izmerena pre i posle optimizacije, a prosek je prikazan na tabeli 1.

Tabela 1. Prosečna vremena pre i posle optimizacije

	Prosečno vreme obrade jedne slike
Pre optimizacije	17-25 ms
Posle CPU i GPU optimizacije	1-2 ms

Obe varijante se mogu izvršavati u realnom vremenu pri maksimalnu brzinu zapisa kamere od 30 slika u sekundi, ali pre optimizacije, nakon izvesnog vremena sistem je postizao veće temperature, dok se nakon optimizacije nije ni uključivao ventilator na razvojnoj ploči. Ovo je dobra indikacija o procentu iskorišćenja hardverskih resursa.

Sa stanovišta grejanja i potrošnje energije, doneta je odluka da procenat iskorišćenja CPU-a ne bi trebalo da prelazi 20 procenata. Sa ovim kriterijumom, aplikacija bez optimizacije može da obradi oko 10 slika u sekundi, što ne ispunjava uslove rada u realnom vremenu. Nakon optimizacije, ovaj broj je znatno veći (100-200 slika u sekundi) i ispunjava postavljeni kriterijum.

Analizom rezultata optimizacije se može zaključiti da je vreme izvršavanja aplikacije ubrzano za 10 do 20 puta. Ovo ubrzanje štedi resurse u vidu smanjenog grejanja i potrošnje, dok ostavlja prostor za kasnijim dodavanjem funkcionalnosti ili za korišćenje kamere sa znatno većim brojem zabeleženih slika u sekundi.

6. ZAKLJUČAK

Za početak ovog projekta bilo je neophodno znanje iz embeded sistema i objektno orjentisanog programiranja. Rad na ovom projektu je doprineo dubljem upoznavanju oblasti računarskog vida, paralelnog računarstva i GPU ubrzavanja.

Projekat je rezultovao uspešnom implementacijom prethodno specificiranog problema. Dalji rad na projektu bi mogao biti u smeru povećanja pouzdanosti detekcije. To se može ostvariti implementacijom mašinskog učenja (*machine learning*). Dugi način bi bio odabir bolje kamere, ili osposobljavanje integrisane kamere na Jetson razvojnoj ploči. Detekcija šake bi mogla da vraća koordinate centra šake, pa bi se mogla osmisлити dodatna funkcionalnost praćenjem pokreta šake. Interesantan smer u kojem bi projekat mogao da se nastavi je u polju augmentovanu realnosti, gde bi se nacrtani oblici vezivali za fizičke objekte na slici.

4. LITERATURA

- [1] <https://developer.nvidia.com/embedded/buy/jetson-tx1-devkit> - Jetson TX1 Developer Kit, Nvidia, jul 2017
- [2] <https://docs.opencv.org/2.4/> - Dokumentacija OpenCV biblioteke, oktobar 2017
- [3] <https://opencv.org/platforms/cuda.html> - OpenCV za CUDA arhitekturu, oktobar 2017
- [4] <https://solarianprogrammer.com/2015/05/08/detect-red-circles-image-using-opencv/> - Detekcija crvenih krugova na slici pomoću OpenCV biblioteka, maj 2015
- [5] <https://github.com/udit043/Hand-Recognition-using-OpenCV> - Detekcija šake pomoću OpenCV biblioteke, jul 2017
- [6] <http://simena86.github.io/blog/2013/08/12/hand-tracking-and-recognition-with-opencv/> - Praćenje i detekcija šake pomoću OpenCV biblioteke, jun 2015

Kratka biografija:



Petar Grbić rođen je u Novom Sadu 1989. god. Zvanje diplomirani inženjer elektrotehnike i računarstva stekao je 2015. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva odbranio je 2017. god.

IMPLEMENTACIJA PRIKAZA VIŠESLOJNIH MAPA PREKO WMS I WMTS SERVISA

DISPLAY IMPLEMENTATION OF MULTILAYERED MAPS USING WMS AND WMTS SERVICES

Miloš Savić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Ovaj rad analizira i opisuje prikaz više slojeva mapa u klijentskoj desktop aplikaciji. Kako bi se ovaj problem rešio, razmatrani su različiti standardni tipovi servisa za mape, navedene njihove prednosti i nedostaci, kao i određene metode optimizacije koje se mogu primeniti na serveru i klijentu. Ovo je postignuto implementacijom desktop aplikacije koja koristi Web Map Service i Web Map Tile Service standarde i testiranjem brzine izvršavanja pojedinih metoda. Zaključeno je da serviranje mape kao više malih slika (tiled map) u određenim situacijama donosi znatno ubrzanje i da se dobrim praksama na klijentu i keširanjem postiže dodatno ubrzanje.

Abstract – This paper analyzes and describes the display of multiple map layers in a desktop application. Different types of standard map services are considered for achieving this, and their advantages and disadvantages are listed, as well as some optimization methods which can be applied both client-side and server-side. This was achieved by implementing a desktop application which uses Web Map Service and Web Map Tile Service standards and testing the speed of certain methods. It has been concluded that tiled map services significantly accelerate map displaying in certain circumstances. Also, additional acceleration may be achieved by implementing good practices and caching client-side.

Ključne reči: Geografski informacioni sistem, Veb servisi, WMS i WMTS, Mape, Polja

1. UVOD

Za pristup geografskim podacima i mapama je moguće koristiti veb servise i za te servise postoje standardi po kojima se mogu praviti. Najpoznatiji standardi su oni koje objavljuje Open Geospatial Consortium (OGC). U ovom radu je opisano serviranje mape kao georeferencirane slike i deljenje te iste slike na polja (tiles) sa prednostima i nedostacima koje ovakvi pristupi donose, pri čemu je poseban naglasak bio na prednostima koje donosi podela na polja. U radu je dat i kratak opis najrelevantnijih OGC standarda.

Implementiran je prikaz više slojeva mapa u klijentskoj desktop aplikaciji uz korišćenje Web Map Service (WMS) i Web Map Tile Service (WMTS) standarda koje je objavio OGC. Predstavljene su i određene metode koje bi trebalo implementirati na klijentskom delu radi boljih

performansi. To uključuje usklađivanje nivoa zoom-a na klijentu sa nivoima koji postoje u piramidi polja na serveru, selektivno preuzimanje polja prilikom pomeranja i memorijsko keširanje. Takođe su predstavljeni rezultati merenja vremena izvršavanja metoda i na taj način su ocenjivane performanse za WMS i WMTS, kao i za primenu određenih metoda optimizacije na klijentu. Pošto u ovakvim sistemima često dolazi do prenosa velike količine informacija, tada i prenos informacija i njihovo renderovanje predstavljaju zahtevne operacije, i zbog toga je važno razmotriti kako postići što veću brzinu.

2. DOSADAŠNJA REŠENJA

Primer desktop geografskog informacionog sistema (GIS) koji koristi WMS i WFS standarde je dat u radu [1], gde su navedene i neke specifičnosti desktop GIS-eva u odnosu na veb bazirane. Pored toga, dati su predlozi za ubrzanje prikaza mapa u klijentskoj aplikaciji. Korišćeni su OGC-ovi WMS i WFS (Web Feature Service) standardi, dok su u ovom radu korišćeni WMS i WMTS [5]. Na klijentu je u [1] takođe prisutna podela na polja, ali ne i na server strani, za razliku od ovog rada.

U radu [2] je na primeru veb aplikacije opisano kako napraviti klijent za kompozitni prikaz podataka sa različitih servera za mape. U [2] je kao pravac budućeg rada navedena podela mape na polja, ali uz korišćenje WMS standarda. Ovaj rad je to ostvario, ali je podela na polja izvršena i na serveru, u skladu sa WMTS standardom umesto WMS standarda, što donosi još veće poboljšanje.

Značaj interoperabilnosti i korišćenja međunarodnih standarda je objašnjen u radu [4], kao i od strane OGC-a.

U [6] su analizirane mogućnosti keširanja mapa, pri čemu je poseban naglasak bio na tiled mapama. Navedeni su algoritmi za optimizaciju i upravljanje keširanim poljima (tile cache). Rad [6] se uglavnom bavi serverskim keširanjem. Za razliku od [6], u ovom radu ne postoji strategija serverskog keširanja, već se na serveru keširaju sva polja. Takođe je implementirano osnovno klijentsko keširanje i analizirane su mogućnosti njegovog proširenja. Ovaj rad se razlikuje od većine radova iz oblasti zbog korišćenja WMTS standarda. WMTS standard je najskorije objavljen, dok su WMS, WFS i WCS (Web Coverage Service) stariji i više analizirani standardi.

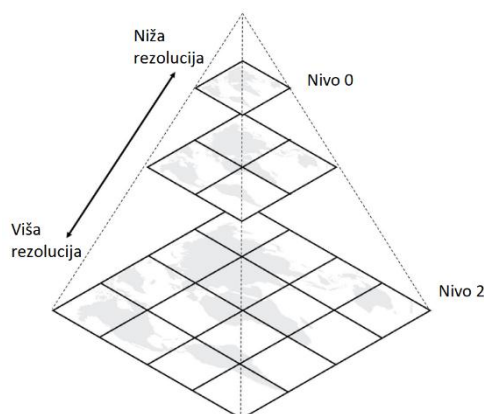
3. SERVISI ZA MAPE

U radu su korišćeni servisi koji su mape predstavljali kao georeferencirane slike. To znači da se sa servera ne dobavljaju „pravi” podaci sa mape, tj. vektorski podaci o geografskim objektima (npr. parcele, ulice, putevi, zgrade) koji se mogu analizirati, ažurirati ili prikazivati.

NAPOMENA:

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

Umesto toga, svi podaci sa mape se renderuju na serveru i predstavljaju se kao slike koje se zatim šalju klijentu u formatima kao što su PNG ili JPEG umesto XML baziranog GML-a kao što je slučaj kod Web Feature Service-a (WFS) [7]. Oba pristupa imaju prednosti i nedostatke. Kada se mape prenesu klijentu kao slike klijent ih može lako prikazati bez ikakvih *plug*-ina, ali one su fiksirane i teško ih je analizirati ili praviti bilo kakve izmene [8]. Web Map Service (WMS) je standard koji podrazumeva serviranje ovakvih slika i podrazumeva da klijent pošalje zahtev u kome su sadržane sve informacije koje su potrebne za generisanje slike (koordinate *bounding box*-a, slojevi, veličina slike, itd) i da onda server formira sliku mape na osnovu tog zahteva i pošalje je klijentu [9]. U ovom slučaju je mala verovatnoća da server dobije dva ista zahteva. Kada je svaki zahtev različit, to znači da je potrebno na svaki zahtev odgovarati drugačijom slikom, što umanjuje mogućnost keširanja i server zbog toga uvek mora potrošiti određeno vreme na generisanje slike. Zbog toga, podela slike na određen broj manjih slika, zvanih polja (*tiles*), donosi niz prednosti. Klijent je ograničen na taj skup slika, tako da je veća verovatnoća da više puta pošalje isti zahtev [6]. Zahvaljujući tome, server ne mora da generiše sliku kada dobije zahtev, već ih može unapred generisati, jer postoji konačan broj slika, što znači manje opterećenje za server i bržu obradu zahteva klijenata.



Slika 1. Piramida polja [6]

Na slici 1 je prikazana tzv. piramida polja (*tile pyramid*), čest način predstavljanja mapa koje su podeljene na polja (*tiled maps*). Polja su konstantnih dimenzija. Na vrhu piramide je u ovom primeru samo jedno polje, dok je na dnu 16 polja. Ako je na vrhu piramide 10000 metara po pikselu, na dnu piramide je to 2500 metara po pikselu. Na slici 1 je samo ilustracija, dok realni primeri imaju više hiljada polja.

Unapred generisane slike su poznate i kao serverski keš. Serverski keš može biti potpun ili delimičan. Efikasnost delimičnog keša je posledica činjenice da se većina klijentskih zahteva odnosi na manjinu polja i njegove prednosti su manje zauzeće diska i brže formiranje i zamena keša [6, 10]. OGC standard koji reguliše pravljenje servisa kod kojih su mape podeljene na polja je Web Map Tile Service [11]. Taj standard podrazumeva da server prima zahteve koji kao glavne informacije nose nivo *zoom*-a, (nivo piramide polja), kao i broj reda i

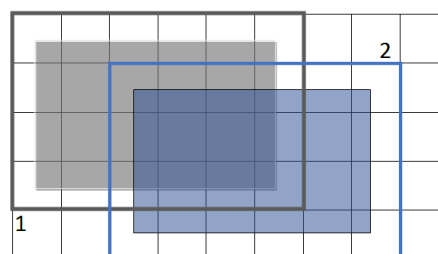
kolone. Sve ove informacije zajedno jedinstveno identifikuju jedno polje i onda se to polje šalje kao slika klijentu.

4. KLIJENTSKI DEO REŠENJA

U zavisnosti od toga kakvi servisi za mape se koriste, razlikuje se i brzina na klijentu i naravno, korisničko iskustvo. Serviranje mape kao jedne slike dovodi do već opisanih problema. Kod starih klijenata za mape je bilo uobičajeno da se prilikom svakog pomeranja po mapi ili *zoom*-a na server slao novi zahtev na osnovu koga se generisala jedna velika slika i slala klijentu, što je dovodilo do sporih odziva na te operacije. [3]

Međutim, podela mape na polja na serveru nije dovoljna sama po sebi da bi se dobilo optimalno korisničko iskustvo i postoji nekoliko stvari na klijentu na koje je potrebno obratiti pažnju u ovom slučaju.

Koordinate koje određuju geografsko područje koje je vidljivo u *map view*-u aplikacije čine ograničavajući pravougaonik (*bounding box*).



Slika 2. Ilustracija pomeranja po mapi

Kada je mapa podeljena na polja, u klijentskoj aplikaciji je za početak potrebno napraviti funkciju koja će za željeni ograničavajući pravougaonik vraćati minimalan skup polja koji je potrebno preuzeti kako bi se taj ograničavajući pravougaonik potpuno obuhvatio tim poljima. Na slici 2 su prikazana dva primera kako obuhvatiti ograničavajuće pravougaonike poljima. Da bi se sivi pravougaonik potpuno pokrio poljima, potreban je skup polja ograničen debelom sivom linijom (1). Potrebno je i da *zoom* i pomeranje po mapi maksimalno iskoriste podeljenost mape na polja. Prilikom *zoom*-a je potrebno odrediti nivo piramide polja sa koga će se polja preuzimati, pošto se nivoi *zoom*-a u klijentskoj aplikaciji po pravilu ne poklapaju sa nivoima *zoom*-a koji su definisani u servisu. Taj nivo piramide mora biti takav da se prenese minimalna količina podataka sa servera, a da nivo detalja bude adekvatan za taj nivo *zoom*-a na klijentu. Na primer, preuzimanjem nivoa koji je na samom vrhu piramide i koga čini samo jedno polje bi se prenela minimalna količina podataka preko mreže i renderovanje bi bilo veoma brzo, ali bi kvalitet mape na tom nivou verovatno bio nizak, čak i ako mapa nije uopšte zumirana na klijentu.

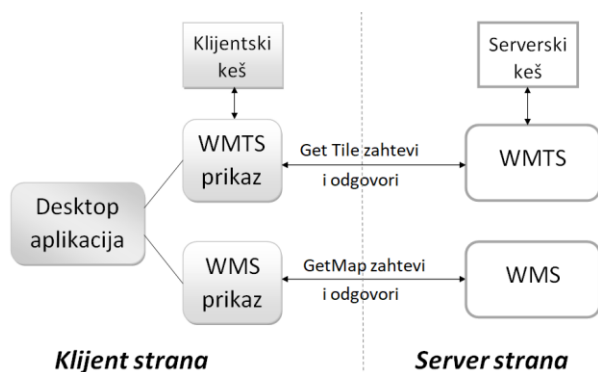
Prilikom pomeranja po mapi je potrebno odrediti koja polja sa već određenog nivoa piramide treba preuzimati. Tada takođe treba izbeći nepotrebno preuzimanje podataka sa servera. Potrebno je ispitati koja nova polja su potrebna, i zatim preuzeti samo ta polja i prikazati ih. Ovo se radi na osnovu podataka o tome koje geografsko područje zauzima novi ograničavajući pravougaonik, zatim se ispituje koja polja obuhvataju to geografsko područje, i na kraju se preuzima samo razlika u odnosu na

već postojeći skup polja, što je ilustrovano na slici 2. Na slici 2 se vidi mreža koja predstavlja dostupna polja mape. Sivi ograničavajući pravougaonik je početno stanje, dok plavi pravougaonik označava stanje nakon pomeranja. Potrebni skupovi polja su označeni sivim (1) i plavim (2) debelim linijama. Tokom operacije pomeranja je potrebno zadržati polja koja su u preseku starog i novog skupa polja.

Još jedna mera koja se može primeniti na klijentu kako bi se ubrzao prikaz mape je keširanje. Keširaju se polja mape i na taj način se smanjuje potreba da se klijent obraća serveru i da se podaci prenose. Keširanje se može vršiti na disku i u RAM memoriji. Već je opisano kako se na serveru može izvršiti delimično keširanje polja umesto potpunog jer se većina zahteva klijenata odnosi na manji deo polja [6, 10]. Razumno je pretpostaviti da se slični principi mogu primeniti i na klijentu. Na primer, prilikom pregledanja mape na klijentu, dolazi do zumiranja na željenu lokaciju, što znači da prvo treba proći kroz više slojeve piramide polja da bi se došlo do nižih što znači da se češće preuzimaju viši slojevi u odnosu na niže.

4. IMPLEMENTACIJA

Na slici 3 se može videti arhitektura sistema. Desktop WPF (Windows Presentation Foundation) aplikacija komunicira ili sa WMS ili sa WMTS servisima. Preko ovih servisa se aplikaciji šalju slike u JPEG ili PNG formatu i aplikacija ih onda prikazuje kao mape koje mogu biti i višeslojne. Keš postoji na serveru za WMTS, kao i na klijentu kada se mapa prikazuje pomoću WMTS zahteva. Klijentski keš je u RAM memoriji, dok je serverski na disku.



Slika 3. Arhitektura sistema

Servisi za mape su pomoću ArcGIS softvera objavljeni po WMS i WMTS standardima. U pitanju su satelitski snimci Novog Sada sa okolinom. Piramida polja sadrži 9 nivoa. Svaki nivo ima dvostruko veću rezoluciju od prethodnog. Na najvišem nivou piramide je rezolucija 125,74 metra po pikselu, i taj nivo sadrži samo jedno polje, dok je na najnižem nivou rezolucija 0,49 metara po pikselu i sadrži inicijalno 65536 (4^8) polja što je izbacivanjem praznih polja redukovano na 46003. U aplikaciji postoji mogućnost da se izabere WMS ili WMTS i da se izaberu slojevi za prikaz. Nad mapom je moguće izvršavati operacije *zoom*-a i pomeranja.

Prikaz mape pomoću WMS zahteva je realizovan kao kod starih aplikacija za mape – na osnovu pravougaonika koji ograničava geografsko područje u aplikaciji se formira WMS zahtev i kao odgovor se dobija jedna slika za to

geografsko područje i odabrane slojeve i ona se renderuje. Prilikom svake operacije *zoom*-a i pomeranja se slao novi zahtev i prikazivala nova slika. Tražene slike su bile konstantne rezolucije.

Prikaz mape pomoću WMTS zahteva je realizovan u skladu sa preporukama iz prethodnog poglavlja, što uključuje preporuke za operacije *zoom*-a i pomeranja po mapi, kao i osnovno memorijsko keširanje. Keširanje polja je implementirano na sledeći način: polja se čuvaju u RAM memoriji sve dok se ne dostigne određeni nivo, što je u ovom slučaju bilo 500 polja. Nakon dostizanja tog nivoa, brišu se polja koja imaju ispodprosečan broj pogodaka, kako bi se sprečilo preveliko zauzeće RAM-a. Keš je realizovan kao heš tabela. Ovakav način realizacije keša je odabran zato što je često bilo neophodno ispitivati da li polje postoji u kešu, kao i preuzimanje polja iz keša. Heš tabela znatno ubrzava ove operacije. Keš se sastoji iz Tile objekata, a oni nose sledeće informacije: nivo *zoom*-a sa koga potiču (odnosi se na nivo *zoom*-a u piramidi polja na serveru), broj reda i broj kolone u matrici sa tog nivoa *zoom*-a, kao i samu sliku koja se može prikazati u aplikaciji. Nivo *zoom*-a, broj reda i broj kolone jedinstveno identifikuju jedno polje i oni predstavljaju ključ u heš tabeli.

5. PERFORMANSE

Nakon završene implementacije merena je brzina, tj. mereno je vreme izvršavanja metode koja služi za ažuriranje prikaza. U toj metodi se preuzimaju i prikazuju jedna velika ili više malih slika u zavisnosti od toga da li je WMS ili WMTS odabran. Računar na kome su vršeni testovi je imao Intel i3 3,3 GHz procesor i 24 GB DDR3 RAM-a (1300 MHz). Prosečno vreme izvršavanja te metode je mereno za WMS i WMTS i nekoliko različitih scenarija:

- S1 – 2 *zoom in*-a na klijentu (1 nivo učitao sa servera) i 15 pomeranja po mapi;
- S2 – 6 *zoom in*-a na klijentu (3 nivoa učitano sa servera) i 15 pomeranja po mapi;
- S3 – *Zoom* do najnižeg nivoa na serveru i 30 pomeranja po mapi;
- S4 – *Zoom in* do kraja;
- S5 – *Zoom in* do kraja i *zoom out* do kraja.

Ovi scenariji pokrivaju *zoom in*, *zoom out*, preuzimanje polja sa različitim nivoa piramide polja, kao i mnogo pomeranja po mapi tokom kojeg dolazi do popunjavanja keša i brisanja jednog njegovog dela (S3). Metoda za ažuriranje prikaza se poziva svaki put kada se zumira ili pomera po mapi. To znači da se ta metoda u npr. S2 poziva 21 put i da se meri prosečno vreme izvršavanja za taj 21 put.

U tabeli 1 su dati rezultati za:

- WMS zahteve;
- slabo optimizovane WMTS zahteve (nema nikakvog keširanja i nije implementirano čak ni logika za čuvanje potrebnih polja prilikom pomeranja);
- optimizovane WMTS zahteve gde se polja keširaju u memoriji i prilikom pomeranja ili *zoom*-a se ispituje da li je potrebno preuzimati ih sa servera.

Dobijeni rezultati pokazuju znatno ubrzanje kada je mapa podeljena na polja, čak i kada nema optimizacije na klijentu, što se u ovom slučaju može objasniti time što se zbog unapred spremnih (keširanih) polja na serveru manje čeka na odgovor od servera.

Na optimizovanom WMTS-u je prisutno ubrzanje u odnosu na neoptimizovani WMTS, ali treba imati na umu da je u pitanju relativno mala mapa (sa malim brojem polja), tako da se ovde može desiti da veliki procenat polja završi u memorijskom kešu. Takođe, ovo ubrzanje donosi i povećanje zauzeća RAM-a, što nije poželjno. Kod WMS zahteva, zauzeće RAM-a je u test scenarijima bilo oko 128 MB, kod slabo optimizovanog WMTS-a 224 MB, a kod optimizovanog WMTS-a 287 MB.

Testiranje je vršeno u lokalnoj mreži brzine 100 Mbps, tako da je vreme download-a (i kod WMS-a i kod WMTS-a) verovatno kraće nego što bi to bio slučaj kad bi se slike prenosile sa udaljenih računara.

Tabela 1. Prosečna vremena izvršavanja za WMS i WMTS klijent (u milisekundama)

Scenariji	WMS	WMTS (slabo opt.)	WMTS (opt.)
S1	925	98	30
S2	881	221	99
S3	2225	269	135
S4	2932	184	58
S5	2480	146	34

Prilikom prikazivanja jednog sloja, servisi napravljeni po WMTS standardu pokazuju ogromnu prednost u odnosu na WMS. Međutim, sa povećanjem broja slojeva se ta prednost smanjuje.

Pretpostavimo da postoji N slojeva. Podela svih N slojeva na polja i keširanje svih tih polja povećava veličinu serverskog keša približno N puta i tada mora da se pravi od 1 do N puta više zahteva ka serveru, i dolazi do prenosa 1 do N puta više slika koje onda klijent mora da uklopi tako da se prikaže željeni rezultat. S druge strane, WMS može u jednom zahtevu da primi informacije o traženim slojevima i da onda renderuje mapu na osnovu toga i pošalje samo jednu sliku.

6. ZAKLJUČAK

Analizirani su različiti tipovi servisa za mape i različiti načini na koje se može implementirati klijent. Pokazano je da podela mapa na polja na serveru donosi znatno ubrzanje jer takva podela ograničava skup mogućih zahteva i time omogućava keširanje, tj. generisanje slika unapred. Delimičnim keširanjem se takođe može postići ubrzanje i često se i preporučuje umesto potpunog keširanja.

Implementiran je klijent za mape tako da može koristiti WMS ili WMTS servis i kod WMTS-a su primenjene određene metode kako bi se prikaz mape dodatno ubrzao – preuzimanje samo neophodnih polja prilikom pomeranja i memorijsko keširanje. Pokazano je da implementacija tih metoda takođe donosi ubrzanje. Iako se WMTS (i generalno ideja podele mape na više slika-polja) veoma dobro pokazao, treba biti oprezan prilikom implementacije ovakvih rešenja, posebno ukoliko je predviđeno da mapa ima dosta slojeva.

Potrebno je razmisliti o tome koji sloj (ili slojeve) mape ima najviše smisla podeliti na polja i keširati.

Dalji razvoj rešenja bi mogao da ide u pravcu sofisticiranijeg keširanja. Trebalo bi razmotriti mogućnosti da se osmisli bolja logika koja bi učinila klijentski keš upotrebljivijim, oslanjajući se na predloge koji su dati u literaturi za klijentske keševe ali i za delimične serverske keševe. Takođe bi trebalo razmotriti mogućnosti keširanja na disku kako bi se umanjilo zauzeće RAM memorije.

7. LITERATURA

- [1] Christopher D. Michaelis, Daniel P. Ames, "Considerations for Implementing OGC WMS and WFS Specifications in a Desktop GIS", Idaho State University, Department of Geosciences, Idaho Falls, USA, 2012
- [2] Bojan Nikolić, „Silverlight klijent za kompozitni prikaz podataka sa WMS, WFS i OpenStreetMap servera” (master rad), Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2012
- [3] John T. Sample, Elias Ioup, "Tile-Based Geospatial Information Systems – Principles and Practices", Springer, 2010
- [4] Varol, M., Sanhoglu, I., Open Geospatial Consortium Web Map and Feature Services and Free/Open Source Server/Client Softwares, *International Journal of Engineering and Geosciences (IJEG)*, Vol 2, Issue 1, pp.17-26, February 2017
- [5] Open Geospatial Consortium, dostupno na: <http://www.opengeospatial.org/ogc/faq>, pristupljeno 19.10.2017.
- [6] Ricardo García, Juan Pablo de Castro, Elena Verdú, María Jesús Verdú and Luisa María Regueras, "Web Map Tile Services for Spatial Data Infrastructures: Management and Optimization", *Cartography – A Tool for Spatial Analysis*, Dr. Carlos Bateira (Ed.), InTech, 2012
- [7] Open Geospatial Consortium Inc, "OpenGIS Web Feature Service (WFS) Implementation Specification", May 2005
- [8] ESRI, "Comparing Vector and Raster Mapping for Internet Applications (An ESRI White Paper)", August 2006
- [9] Open Geospatial Consortium Inc., "OpenGIS Web Map Service (WMS) Implementation Specification", March 2006
- [10] ESRI, "ArcGIS® Server in Practice Series: Best Practices for Creating an ArcGIS Server Web Mapping Application for Municipal/Local Government (An ESRI White Paper)", 2009
- [11] Open Geospatial Consortium Inc., "OpenGIS Web Map Tile Service Implementation Standard", April 2010

Kratka biografija:



Miloš Savić rođen je u Beogradu 1993. god. Osnovne akademske studije iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Primenjene računarske nauke i informatika je završio 2016. god. Master studije na istom smeru upisao je takođe 2016. god.

RAZMENA IEC 61968 PORUKA UZ PODRŠKU BEZBEDNE KOMUNIKACIJE**EXCHANGE OF IEC 61968 MESSAGES WITH SUPPORT OF SECURE COMMUNICATION**

Tatjana Bičkeji, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – Elektrotehnika i računarstvo

Kratak sadržaj – U radu je analiziran problem bezbedne komunikacije u Smart Grid sistemima kroz različite nivoe ISO OSI modela. Implementirana je bezbedna komunikacija između servisa i klijenta na dva bezbednosna nivoa: na transportnom nivou i/ili nivou poruka. Bezbednost je ostvarena konfigurisanjem računarske mreže, komunikacija se odvija preko HTTPS protokola, a autentifikacija se vrši pomoću SSL sertifikata.

Abstract – This paper discusses challenges related to secure communication in Smart Grid systems through various layers of the ISO OSI model. The secure communication is implemented between the service and the client on two security layers: transport security and message security. Security is achieved by configuring computer network, over HTTPS and authentication is done using SSL certificates.

Ključne reči: bezbedna komunikacija, SSL, TLS, IEC 61968-100, IEC.

1. UVOD

Reč elektronsko poslovanje se odnosi na celokupnu digitalnu delatnost pojedinca ili kompanije i sve je učestalija pojava u različitim poslovnim sistemima. Širenjem opsega elektronskog poslovanja, upravljanje uz pomoć računara postala je standardna karakteristika i savremenih elektroenergetskih postrojenja. I danas postoje elektroenergetska postrojenja kojima upravljaju ljudi na uobičajen način, bez savremene opreme. Takvi sistemi reaguju sporo na događaje, postoje gubici koji mogu biti umanjeni automatizacijom i podležni su nenamernim greškama. Savremeni sistemi podrazumevaju upravljanje mrežom pomoću inteligentnih informacionih sistema, jednim imenom nazvani Smart Grid ili pametne mreže. Pametna mreža i dalje sadrži sve elemente neautomatizovane mreže, ali uključuje i elemente kao što su: senzori, pametni merni uređaji, kontrolni centri i sl. [1]. Zahvaljujući napretku informaciono komunikacionih tehnologija, koncept “pametnih mreža” postao je stvarnost. Kako se elektroenergetski sistem u sve većoj meri oslanja na prikupljanje podataka, što podrazumeva komunikaciju pomoću računarskih mreža i interneta, sigurnosni sistem sve više zavisi od njihove bezbednosti, kao i ljudskog faktora. U dosadašnjoj istoriji, postoji nekoliko dobro poznatih hakerskih napada na elektroenergetske sisteme, gde ceo grad ili čitava država ostaje bez napajanja.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Milan Gavrić, doc.

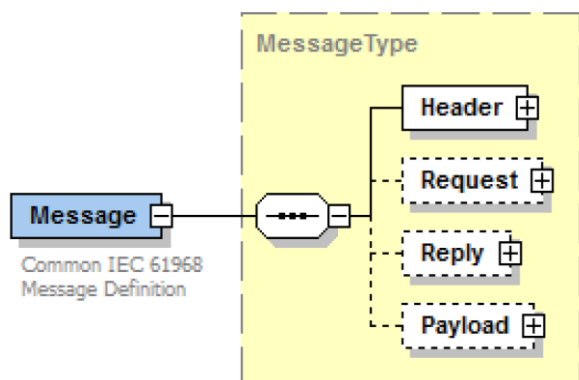
U nešto manjem kontekstu, pametna brojila su veoma česte mete hakera, ne samo zbog mogućnosti manipulisanja troškovima električne energije, već omogućuju hakerima da spram potrošnje procene da li ima nekoga u kući ili ne. Sa aspekta pametnih elektroenergetskih postrojenja, neophodno je uspostaviti poverenje između potrošača i distributera, tako da svaki korisnik pristupa neizmenjenim podacima u realnom vremenu. Kako budu rasli kompleksnost i obim elektroenergetskim sistemima, tako će bezbednosni izazovi bivati sve veći. Iz tog razloga je neophodno voditi računa o bezbednosti na nekoliko nivoa: lični, mrežni, nivo operativnog sistema, aplikacijski, nivo baza podataka [2]. Da bi razmena velikog broja informacija bila što efikasnija, svetske organizacije za standardizaciju propisuju standarde i smernice. IEC, internacionalna elektrotehnička komisija, je objavila standard IEC 61968 pod nazivom „Integrisanje aplikacija u elektroenergetskim objektima —Interfejsi sistema za upravljanje distribucijom“ [3, 4].

U ovom radu su analizirani različiti bezbednosni izazovi sa kojima se može susresti pri implementaciji komunikacione infrastrukture na različitim logičkim nivoima OSI modela, a fokus je stavljen na implementaciju mehanizama zaštite na dva nezavisna bezbednosna nivoa: transportnom i aplikativnom nivou, u realnoj primeni. Izvršena je detaljna analiza ova dva nivoa, kao i poređenje performansi bez i sa opterećenjem u mrežnom saobraćaju. Razmena poruka se vrši po preporukama IEC 61968 serije standarda u kontekstu Smart Grid sistema.

2. PRIMENJIVOST STANDARDA NA POSLOVNE APLIKACIJE U SMART GRID SISTEMIMA

Osnovna ideja smart grida je da se poboljša proces isporuke električne energije od proizvodnje do potrošnje i naplate, odnosno da se poveća automatizacija distributivne električne mreže, kao i da se ona učini efikasnijom i fleksibilnijom. Elektroenergetski sistem obuhvata proizvodnju, prenos, distribuciju električne energije i neposrednu potrošnju, gde pripadaju električni uređaji kao što su elektromotori, transformatori, releji, prekidači, generatori i uređaji energetske elektronike. Električna energija se proizvodi u elektranama, odakle se prenosi i distribuira ili raspodeljuje do krajnjih potrošača, međutim negde na tom putu može doći do prekida, o čemu potrošač može obavestiti distributera putem *trouble call* poruke, gde izveštava samog distributera o detaljima kvara ili ispada. Informacione i komunikacione tehnologije su ključni faktor u razvoju pametnih mreža, ali njihovom primenom se savremene elektroenergetske

infrastrukture istovremeno izlažu novim bezbednosnim pretnjama i rizicima. Oslanjanjem na komunikacione mreže i integrisanjem velikog broja podsistema koje odlikuje raznolikost u pogledu funkcionalnosti i korišćenih tehnologija znatno se usložnjava informaciona infrastruktura elektro-energetskog sistema. Kako bi se što lakše i efikasnije vršila integracija različitih sistema u istoj oblasti internacionalna elektrotehnička komisija (IEC) objavljuje standard IEC 61968 pod nazivom „Integrisanje aplikacija u elektroenergetskim objektima - Interfejsi sistema za upravljanje distribucijom“ [3, 4]. Cilj ovog dokumenta jeste da opiše integracione šablone i metode koji se koriste u integracijama između aplikacija koje imaju različite interfejsne ili okruženja u kojima se izvršavaju. Od interesa za ovaj rad je deo 100: Primenljivi profili. Ovaj deo obezbeđuje specifikacije o konkretnom razvoju poruka i WSDL definicija za interfejsne, koji omogućavaju razmenu preko JMS i veb servis tehnologija. Sadrži preporuke o ESB tehnologijama i specifičnim šablonima razmene poruka. Sve poruke koje se razmenjuju bi trebalo da imaju istu strukturu (slika 1.) što doprinosi boljoj interoperabilnosti jer zahteva manje mapiranja i transformacija podataka.



Slika 1. Struktura poruka definisana IEC 61968 standardom

Obzirom da su informacije koje se razmenjuju osetljive, jer sadrže podatke o potrošačima, neophodno ih je na adekvatan način zaštititi od neautorizovanog presretanja i posedovanja. Serija 61968-100 se ne bavi bezbednosnim pitanjima, već je to prepušteno rešavanju pri implementaciji.

3. PRIMENJIVOST BEZBEDNOSNIH MEHANIZAMA NA KOMUNIKACIJU IZMEĐU APLIKACIJA U SMART GRID SISTEMIMA

Osnovni cilj je pokazati kako obezbediti bezbednu komunikaciju u distribuiranom sistemu na transportnom nivou i nivou poruka pri prenosu informacija o potrošačima i *trouble call*-ovima u elektroenergetskim sistemima. Kako bi se postigla bezbedna komunikacija neophodno je obezbediti sve resurse informacionog sistema, dakle sve komponente za prikupljanje, obradu, prenos i skladištenje informacija. Informaciona bezbednost (eng. *information security*, skr. InfoSec) se odnosi na očuvanje poverljivosti (eng. *confidentiality*), integriteta (eng. *integrity*) i raspoloživosti (eng.

availability) informacionih sistema [5]. Tri kriterijuma informacione bezbednosti su poznati pod nazivom CIA (*Confidentiality-Integrity-Availability*) trijada:

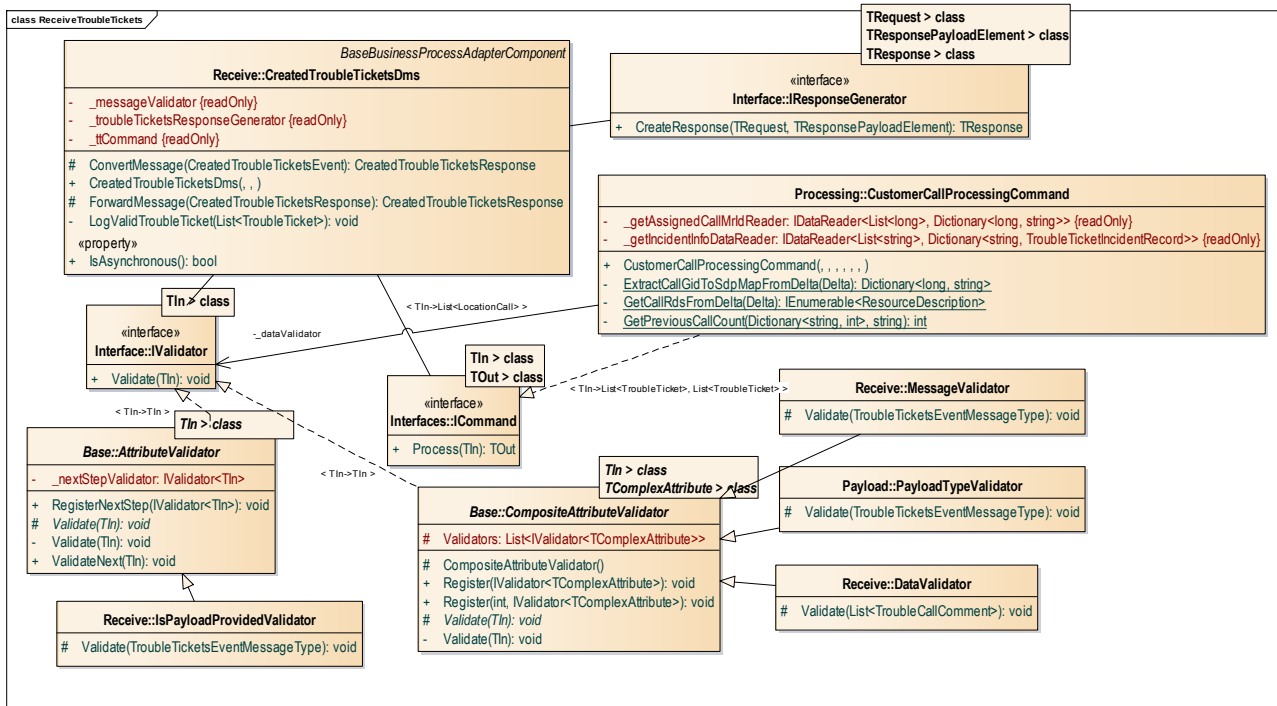
- Poverljivost se odnosi na zaštitu podataka od neovlašćenog pristupa, čitanja i otkrivanja.
- Integritet se odnosi na zaštitu podataka od neovlašćenih izmena ili brisanja kako bi se obezbedila konzistentnost informacija.
- Raspoloživost je mogućnost ovlašćenih korisnika da pravovremeno pristupaju sistemu i podacima, i odnosi se na zaštitu od neovlašćenog zadržavanja ili prekida koji mogu uzrokovati korumpiranost podataka ili nedostupnost sistema [5].

Postoje dva osnovna koraka pri implementaciji poverljivosti. Pre svega bitno je obezbediti transportni sloj, a potom i samu poruku šifrovati. *Transport security* se bazira na uspostavljanju bezbednog komunikacionog kanala. Transportna zaštita garantuje integritet (što podrazumeva da će poruka stići na određenu adresu u izvornom obliku) i poverljivost poruka u okviru ovog kanala tako što se sav sadržaj šifrjuje. Šifrovanje se može vršiti mehanizmima implementiranim u sam transportni protokol, na primer za HTTPS je to SSL enkripcija, ili algoritam šifrovanja može biti specificiran u podešavanjima za sam komunikacioni kanal (binding). Transportni sloj, takođe, implementira i autentifikaciju učesnika, odnosno proveru identiteta servera i, opciono, klijenta. Postoje različite tehnologije autentifikacije, mogu se koristiti SSL sertifikati, SAML ili Windows tokeni, ili samo korisničko ime i lozinka.

Na nivou zaštite poruka koriste se enkripcija i digitalno potpisivanje poruke kako bi se obezbedila poverljivost poruka i zaštita od prisluškivanja. Poruke se, svaka pojedinačno, enkriptuju i potpisuju pre slanja, tako da samo učesnici koji znaju da dekriptuju poruku mogu i da je pročitaju. Na ovaj način samo krajnje tačke komunikacije imaju mogućnost da dekriptuju sadržaj, ne i posrednici.

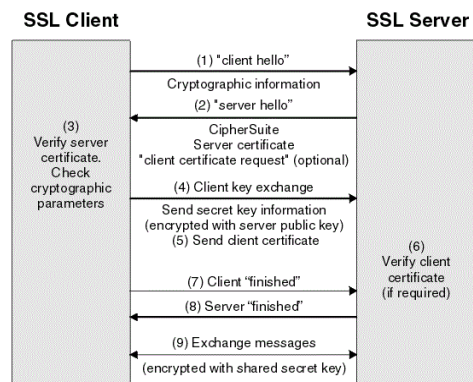
4. OPIS REŠENJA

U daljem tekstu dat je opis rešenja i detalji njegove realizacije. Pre svega, neophodno je hostovati veb servis sa implementiranom biznis logikom. Obzirom da servis igra ulogu posrednika između dva modela, u daljem tekstu će biti imenovan kao adapter. Sama arhitektura adaptera se sastoji iz komunikacione i biznis komponente. Komunikaciona komponenta je izložena i čeka konekciju klijenta, nakon čega pobuđuje biznis komponentu koja obrađuje zahtev-poruku od klijenta. U biznis komponenti se pre svega odvija proces validacije poruke: da li su poslani svi potrebni podaci koji nisu *mandatory* po XSD šemi i da li su priloženi podaci korektnog tipa. Zatim se vrši validacija podataka spram internog modela, a potom unos validnih podataka u model. Nakon unosa podataka, generiše se odgovor-poruka spram rezultata obrade i šalje klijentu nazad. Klasni dijagram sa najznačajnijim klasama biznis komponente koje oslikavaju opisan proces je prikazan na slici 2. Neki od parametara su zamenjeni tačkama radi preglednosti dijagrama.



Slika 2. Deo dijagrama klasa biznis komponente

Sve poruke koje se razmenjuju podržavaju format definisan IEC 61968-100 serijom standarda. Poruka kojom klijent započinje komunikaciju je tipa *event*, imenica u zaglavlju poruke koja opisuje podatak koji se razmenjuje je *TroubleTickets*, a glagol *created*. U telu poruke sadrži *payload*, koji nosi informacije o potrošaču i samom kvaru ili incidentu. Poruka odgovor u zaglavlju sadrži glagol *reply*, i imenicu *TroubleTickets*. Telo poruke odgovora sadrži informaciju o statusu obrade, *reply* deo. Komunikacija između klijenta i servisa se odvija preko HTTPS protokola, odnosno *HTTP over SSL/TLS*. SSL (*Secure Socker Layer*) protokol se intenzivno koristi za kriptovanje HTTP saobraćaja. SSL zahteva digitalni sertifikat kako bi uspostavio zaštićenu komunikaciju. SSL koristi asimetrični algoritam za sigurnu razmenu ključa sesije. Klijent kriptuje ključ sesije javnim ključem servera tako da samo server kome je ključ sesije namenjen može dekriptovati tajni ključ. Nakon generisanja ključa sesije, čitava komunikacija se kriptuje i dekriptuje tim ključem. Razmena sertifikata i ključnih parametara kojima se postiže bezbedna komunikacija se odvija pri uspostavi veze a sam redosled razmene je prikazan na slici 3.



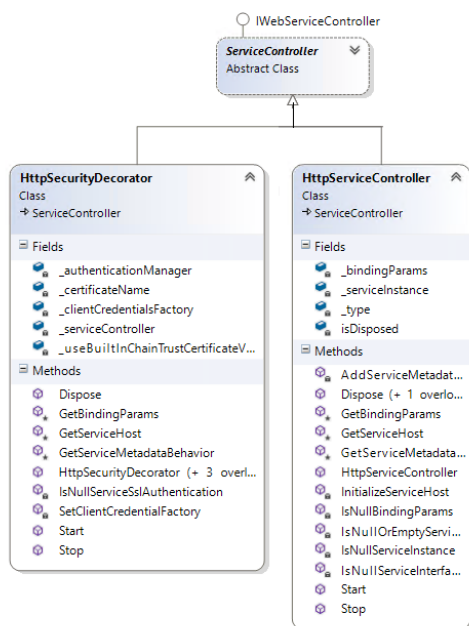
Slika 3. TLS handshake protocol [6]

Nakon registracije SSL sertifikata, koji će se koristiti preko HTTP-a, potrebno je konfigurisati servis koji bi koristio SSL/TLS protokol za bezbednu komunikaciju. Hostovanje veb servisa definišu tri parametra: *host*, *serviceUrl* i *binding*. *Host* predstavlja krajnju tačku poslužioca, a *serviceUrl* predstavlja adresu na kojoj će servis biti dostupan. *Binding* parametar se koristi za konfigurisanje bezbedne komunikacije, i upravo nad ovim parametrima podešavamo transportnu bezbednost (*BasicHttpSecurityMode.Transport*) ili bezbednost na nivou poruka (*BasicHttpSecurityMode.Message*) pomoću *binding.Security.Mode* atributa što se *set*-uje polju *_clientCredentialsFactory* klase *HttpSecurityDecorator*. Pri uspostavi komunikacije obe strane se moraju autentifikovati, prilažući kvalifikovane sertifikate. Parametrima metode *SetCertificate* specificiramo skladište iz koga se izvlači sertifikat i karakteristika i vrednost na osnovu koje se traži određeni sertifikat. Vrednost mora biti jedinstvena, u suprotnom neće doći do vezivanja sertifikata za serversku autentifikaciju. Ime sertifikata se dodeljuje polju *_certificateName*. Svaki kvalifikovani sertifikat potpisuje sertifikaciono telo (CA) koje garantuje ispravnost podataka navedenih u sertifikatu.

Kako bi se utvrdio lanac poverenja i došlo do korenskog CA parameter *_useBuiltInChainTrustCertificateValidator* se postavlja na *true*. *Binding* parametar podržava dve osnovne grupe metoda za uspostavljanje bezbednosnih mera:

1. Transportna zaštita, bazira se na zaštiti celokupne komunikacije između klijenta i servisa, nezavisno od samog sadržaja komunikacije.
2. Zaštita poruka, zasniva se na principu zaštite svake pojedinačne poruke, koja putuje kroz komunikacioni kanal, nezavisno od transportnog mehanizma [7].

Klasni dijagram implementiranog servis kontrolera koji upravlja ovim podešavanjima je prikazan na slici 4. Klasa *ServiceController* upravlja parametrima potrebnim za hostovanje servisa. Klasa *HttpSecurityDecorator* dekorira, odnosno dodaje odgovornosti koje se tiču bezbednosti baznoj klasi.



Slika 4. Dijagram klase servisnog kontrolera

Nakon implementacije servisa, aplikacija je testirana bez i sa implementiranom zaštitom na transportnom nivou uz upotrebu digitalnih sertifikata, koji utvrđuju identitet učesnika u komunikaciji. U svrhu funkcionalnog testiranja, korišćen je SOAP UI. Klijent je *mock*-ovan pomoću SOAP UI alata sa podešenim SSL parametrima. U slučaju komunikacije bez implementirane transportne bezbednosti odgovor od servera stiže u vremenskim okvirima između 122 i 175 ms, a sa implementiranim mehanizmima na transportnom nivou u roku od 226 do 256 ms.

5. DISKUSIJA

U nekim slučajevima, zaštita na nivou poruka pruža “produženu” bezbednost i pouzdanost u odnosu na zaštitu na transportnom nivou. Ovo se ogleda ukoliko u prenosu postoji neki posrednik, na primer proksi server. U slučaju transportne zaštite ne postoji garancija da je enkripcija upotrebljena duž celog komunikacionog kanala od klijenta do servera. Može da se desi da je komunikacija kriptovana od servera do proksija, a od proksija do klijenta nije. Sa druge strane, prilikom implementacije *Message security* mehanizama, kriptuje se samo sadržaj poruke, ali ne i zaglavlje. Posrednik ne može da otvori sadržaj poruke, ali može da uradi sve dozvoljene operacije nad njom, kao na primer smeštanje u red za čekanje ili rutiranje. Zaštita na nivou poruka je transportno-nezavisna, pa se može koristiti uz bilo koji transportni protokol, dok transportna zaštita zavisi od platforme i transportnih mehanizama. U poređenju sa transportnom zaštitom, zaštita na nivou poruke ima slabije performanse iz razloga što se svaka pojedinačna poruka šifruje i digitalno potpisuje.

Pri planiranju bezbednosnih mehanizama neophodno je uzeti u obzir, spram dizajna samog sistema, koji mehanizmi su neophodni, i izbalansirati sa cenom implementacije istih.

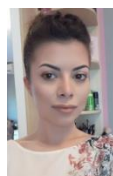
6. ZAKLJUČAK

U ovom radu je predstavljen koncept i realizacija bezbedne komunikacije u aplikacijama zasnovanim na IEC 61968 seriji standarda. Bezbedna komunikacija predstavlja komunikaciju između dva učesnika sa sprovedenim bezbednosnim mehanizmima koji ne dozvoljavaju uplitanje treće, neautorizovane, strane ili tumačenje razmenjenih informacija. Bezbedna komunikacija uključuje: kriptovanje, transportnu bezbednost i fizičku bezbednost. Na osnovu koncepta, definisanih u IEC 62443-3-2 “Procena bezbednosnih rizika i dizajn sistema” i IEC 62443-3-3 “Bezbednosni zahtevi sistema i nivoi bezbednosti” [8], uspešno je realizovano programsko rešenje koje je zadovoljilo zadatu funkcionalnost. U cilju zaštite poslovnih sistema i savremenih računarskih mreža od potencijalnih opasnosti i raznovrsnih napada kojima se ugrožavaju različiti servisi i resursi, korišćen je HTTPS protokol, odnosno HTTP over SSL/TLS. Realizovana je zaštita na dva nezavisna nivoa: na transportnom nivou i nivou poruka. Raširenost SSL-a se ogleda u nedostatku drugih dovoljno dobrih rešenja koji bi ga zamenili. Kompleksnost i obim budućeg elektroenergetskog sistema postaviće mnoge bezbednosne izazove, pa je u cilju zaštite elektroenergetske infrastrukture, potrebno obezbediti nekoliko nivoa bezbednosti, edukovati klijente i potrošače i konstantno ulagati u razvoj bezbednosnih mehanizama.

7. LITERATURA

- [1] Gharavi, Hamid; Ghafurian, Reza (ed.). Smart grid: The electric energy system of the future, 2011., <https://pdfs.semanticscholar.org/a2b1/e46ddd10e2b15691e33bf47832fad5c988cb.pdf>, pristupljeno 20.10.2017.
- [2] <http://magazine.ieee-pes.org/january-february-2012/smart-grid-safe-secure-self-healing/>, pristupljeno 18.10.2017.
- [3] Common Information Model Primer, Third Edition, 3002006001, Palo Alto, CA, June 2015.
- [4] IEC 61968: Application integration at electric utilities – System interfaces for distribution management – Part 100: Implementation Profiles
- [5] Whitman, M. E., Mattord, H. J. Principles of Information Security, Course Technology, 2011.
- [6] <https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/en/SSFKSJ/7.1.0/com.ibm.mq.doc/sy10660.htm>, pristupljeno 18.10.2017.
- [7] Mark Endrei, Jenny Ang, Ali Arsanjani, Sook Chua, Philippe Comte, Pal Krogdahl, Min Luo, Tony Newling, „Patterns: Service-Oriented Architecture and Web Services“, Redbooks, 2004, New York
- [8] NIST Cybersecurity framework core: Informative reference standard, ISA 62443-3-3: System security requirements and security levels

Kratka biografija:



Tatjana Bičkeji rođena je 1993. godine u Vrbasu. Završila je srednju gimnazijsku školu „Žarko Zrenjanin“ u Vrbasu. Osnovne akademske studije Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu je upisala 2012. godine, a master studije 2016. godine.

PRIMENA RDF IN-MEMORY STORE-OVA U ELEKTROENERGETSKIM SISTEMIMA
APPLICATION OF RDF IN-MEMORY STORES IN POWER SYSTEMSVladan Desnica, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu predstavljena je analiza RDF in-memory baza podataka i mogućnost njihove upotrebe nad podacima modelovanim po CIM-u, standardu za modelovanje mreža elektroenergetskih sistema. Sagleđani su nedostaci postojećih rešenja i implementirani su dodaci koje CIM propisuje, oslanjajući se na open-source RDFSharp 1.1 biblioteku, pisanu u C# programskom jeziku. Praktična primena rešenja, kao i performanse, testirani su nad podacima CGMES MiniGrid modela korišćenog na ENTSO-E Interoperability Testu 2016. godine [1]. U zaključku, diskutovano je o mogućnosti primene ovih baza podataka u velikim elektroenergetskim sistemima, kao i o mogućem daljem razvoju rešenja.

Abstract – This paper presents analysis of RDF in-memory stores and possibilities of using them on data modeled by CIM, standard for modeling networks of power systems. Deficiencies of current solutions are observed, and extensibilities that CIM prescribes are implemented based on open-source RDFSharp 1.1 library, implemented in C# programming language. Practical usage and performance of solution are tested on data from CGMES MiniGrid model used on ENTSO-E Interoperability Test, performed in 2016 [1]. In conclusion, there is a view of possibility for usage of this stores in large power systems and improvement options for current solution

Ključne reči: CIM (Common Information Model), RDF (Resource Description Framework), SPARQL

1. UVOD

Stalnim razvojem interneta i procesne moći hardvera, otvara se mogućnost za razvoj sve složenijih softverskih sistema, moćnijih modela podataka, kao i naprednijih komunikacionih protokola.

Pojavom globalne svetske mreže (WWW-a) korišćenje interneta je podignuto na viši nivo. Korisnicima je omogućeno, pored pretraživanja podataka od interesa, dobijanje tih podataka u različitim formama reprezentacije, kao i različiti načini manipulacije istim. Međutim, kako najveći deo sadržaja WWW-a predstavlja mreža povezanih dokumenata, računarskim programima semantika tih podataka nije poznata bez pomoći ljudske inteligencije. Rešenje ovog problema leži u razvoju Semantičkog Web-a. Semantički web predstavlja proširenje web-a, uvođenjem mreže povezanih podataka (*Linked Data*).

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji je mentor doc. dr Milan Gavrić.

Pored strogo definisanog značenja, semantički web omogućava i dodatno znanje o podacima. Pod tim se podrazumeva znanje o tome kako su podaci međusobno povezani, odnosno koji se sve tipovi relacija pojavljuju među podacima. Samim tim, računari mogu razumeti značenje tih podataka i na osnovu toga donositi odgovarajuće zaključke.

2. GRAF MODELI PODATAKA I RDF TEHNOLOGIJE

Poslednjih godina, teorija grafova se utemeljila kao važan matematički alat koji nalazi primenu u velikom broju oblasti [2].

U računarstvu, grafovi takođe nalaze široku primenu, prvenstveno kao apstraktna struktura podataka koja se najčešće koristi kod različitih algoritama iz oblasti računarske inteligencije. Iako u oblasti baza podataka relacioni model i dalje ima primat, na tržištu se sve više pojavljuju sistemi za upravljanje raznim NoSQL bazama, među kojima se svrstavaju i graf baze podataka.

Graf model podataka veze čuva na nivou čvora, pa se samim tim graf model podataka nameće kao prirodan izbor za modelovanje sistema kojima je bitna brza pretraga i zaključivanje. Neki od primera koji su pogodni za modelovanje grafom su podaci o korisnicima na raznim društvenim mrežama, kao i podaci o izgrađenosti elektroenergetske, saobraćajne, vodovodne i sličnih industrijskih mreža, gde je mreža sama po sebi graf.

2.1. RDF

RDF je okvir za opis resursa. Resurs može biti bilo šta, uključujući dokumente, ljude, fizičke objekte, kao i apstraktne pojmove i koncepte [3]. Koristi se prvenstveno za modelovanje podataka namenjenih za procesiranje od strane softverskih sistema i može primeniti na širok spektar problema. Omogućava interoperabilnost između aplikacija koje razmenjuju informacije na web-u tako da su te informacije razumljive računarima (*machine-understandable*) [4].

RDF model podataka predstavlja apstraktnu strukturu tipa usmerenog grafa, koji se sastoji od grana i čvorova i opisuje resurse u formi **subjekat-predikat-objekat** iskaza. Gledajući iz objektno-orijentisane perspektive, ovaj iskaz je analogan iskazu klasa-atribut-vrednost.

[subjekat] $\xrightarrow{\text{<predikat>}}$ [objekat]

Iskazi koji opisuju resurse sastoje se iz tri elementa, pa se u RDF terminologiji najčešće nazivaju RDF trojkama ili RDF tripletima. Prvi i treći element RDF iskaza, subjekat i objekat, predstavljaju čvorove, dok drugi element, predikat, predstavlja vezu između njih, koja uvek mora biti usmerena od subjekta prema objektu. Više povezanih

tripleta čine graf. Za potrebe jedinstvene identifikacije čvorova i veza u grafu, *RDF* u velikoj meri koristi već postojeće mehanizme na *web*-u kao što su *URI* i *IRI*. Elementi *RDF* tripleta mogu biti tipa *IRI*, prazan čvor ili literal, pri čemu postoje tri vrste literala: običan, tipiziran i literal sa jezičkim tagom. Kako bi se formirala validna tripleta, potrebno je ispoštovati određena pravila. Subjekt može biti tipa *IRI* ili prazan čvor, ali ne i literal, predikat mora biti isključivo *IRI*, dok objekat može da ima vrednost bilo kog od pomenutih tipova.

2.3 RDFS

RDFS predstavlja semantičko proširenje *RDF*-a, tako što definiše rečnik za modelovanje podataka. Iako neki aspekti pripadnosti mogu biti modelovani i *RDF*-om upotrebom *rdf:type* ključne reči, *RDF* sam po sebi služi samo za kreiranje strukture grafa kojom se predstavljaju podaci. *RDFS* definiše smernice o načinu upotrebe takve strukture na tačno definisan način, odnosno pruža način da se opiše rečnik koji će se koristiti za izgradnju *RDF* grafa [5].

2.4 OWL

OWL (*Web Ontology Language*) je jezik semantičkog *web*-a dizajniran za reprezentaciju bogatog i kompleksnog znanja o pojmovima. Ono što *OWL*-u daje veću izražajnosti od *RDFS*-a su dodatni mehanizmi za modelovanje veza između klasa, svojstva i entiteta, kao što su ekvivalentne i disjunktne klase, kompleksne klase, inverzni svojstvu, ulančavanje svojstva, itd.

CIM se u potpunosti oslanja na *RDFS*, a sva dodatna ograničenja koja *RDFS* ne podržava navedena su u *CIM namespace*-u i odgovarajućim proširenjima *RDFS*-a, koja su definisana *IEC 61970-501* standardom.

2.5 SPARQL

Iako je *RDF* podatke moguće skladištiti na više načina, postoje i specijalizovane baze podataka, optimizovane za rad sa *RDF* tripletama. *SPARQL* predstavlja *RDF* semantički upitni jezik za baze podataka, koje mogu da prikupljaju podatke i manipulišu njima u *RDF* formatu [6] [7].

Postoje četiri tipa *SPARQL* upita, koji se razlikuju prema nameni, a to su: *SELECT*-vraća promenljive u tabelarnom obliku, *CONSTRUCT* - vraća *RDF* graf na osnovu promenljivih, *ASK* - vraća logičku vrednost na osnovu rezultata *SELECT* upita, *DESCRIBE* - vraća *RDF* graf koji opisuje resurs.

```
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX cim: <http://iec.ch/TC57/2010/CIM-schema-cim15#>

SELECT ?subStation ?conductingEquipment ?equipmentType ?connectivityNode
WHERE
{
    ?subStation ?equipmentType ?connectivityNode .
    #?subStation rdf:type cim:Substation .
    #?conductingEquipment rdf:type/rdfs:subClassOf* cim:ConductingEquipment .
    #?conductingEquipment cim:Equipment.EquipmentContainer ?subStation .
    #?terminal cim:Terminal.ConductingEquipment ?conductingEquipment .
    #?terminal cim:Terminal.ConnectivityNode ?connectivityNode
}
ORDER BY ?subStation
```

Slika 1. Primer *SPARQL* upita

Na slici 2.2, pored definicija prefiksa i klauzule željenih rezultata, prikazan je primer upita za nalaženje podstanica, provodne opreme koja se nalazi u tim podstanicama, tako da je ta oprema vezana na odgovarajuća čvorišta.

Sve do 2013. godine, *SPARQL* je bio isključivo upitni jezik. Pojavom 1.1 verzije, 2013. godine, *SPARQL* podržava i ažuriranje podataka.

2.6 RDF/XML

Kako *RDF* predstavlja apstraktni model podataka, i kako postoji više načina za fizičko skladištenje *RDF* podataka, tako postoji i više načina kako bi se *RDF* podaci serijalizovali. Po *CIM*-u podaci se najčešće razmenjuju i čuvaju u *RDF/XML* formatu, pa će akcenat biti stavljen na ovaj format.

RDF/XML je sintaksa, definisana od strane W3C-a, koja služi za serijalizaciju *RDF* grafova u *XML* document. Graf se serijalizuje u *XML* tako što su čvorovi i veze reprezentovani kao *XML* termini – imena elemenata, imena atributa, vrednosti elemenata i vrednosti atributa. Kako bi reprezentovao *IRI*-je, *RDF/XML* koristi *XML QName*s koji je definisan u *XML namespace*-u [8].

3. COMMON INFORMATION MODEL (CIM)

CIM predstavlja standard razvijen od strane *EPRI*-ja (*Electric Power Research Institute*) koji je zvanično usvojen od strane Međunarodne Elektrotehničke Komisije (*IEC*). Cilj ovog standarda je da softverskim aplikacijama omogući razmenu informacija o konfiguraciji i stanju električne mreže [9]. *CIM* se trenutno održava kao *UML* model i definiše osnovne rečnike i onotologije za sve aspekte elektroenergetske industrije [12]. Osnovni model se sastoji od 12 paketa, a pored osnovnog *Core* paketa, sadrži još i pakete *Domain*, *Topology*, *Wires*, *Outage*, *LoadModel*, *Protection*, *Meas*, *SCADA*, *Generation*, *Production* i *GenerationDynamics*.

CIM hijerarhija trenutno nema zvaničnu superklasu (klasu koju svaka druga klasa nasleđuje). Međutim, velika većina klasa nasleđuje *IdentifiedObject*, pa se ona može uzeti za baznu klasu.

3.2 CIM Profil i proširenja RDFS-a

Kako i sam naziv kaže, *CIM* predstavlja informacioni model, a ne implementacioni, što znači da su sve veze generalizovane, a atributi opcioni. Kako bi se modelovao određen kontekst, potrebno je definisati poseban *CIM* profil. Profil predstavlja podskup klasa, atributa i asocijacija koje postoje između klasa nekog *UML* modela. Kako bi profil mogao da se koristi od strane aplikacija, potrebno je mapirati *CIM UML* diagram na neki od poznatih formata. Prema *IEC 61970-501* standardu, korišćenjem posebnog *RDFS* rečnika za modelovanje podataka, definisano je mapiranje *CIM UML* profila u *RDF* format.

Da bi se *CIM UML* direktno mapirao na *RDF* format uz pomoć *RDFS* rečnika, neophodna su *CIM*-specifična proširenja *RDFS*-a, definisana *IEC 61970-501* standardom. Od proširenja izdvajaju se: kardinalitet veze, inverzna uloga veze, sadržavanje, stereotipi, tip podataka, profil, klasa kategorija i pripadnost kategoriji.

3.3 CIM/XML

CIM/XML predstavlja serijalizaciju RDF-a koja referencira na CIM RDFS i u potpunosti je namenjen potrebama CIM-a. Iako je u osnovi predstavljen kao RDF/XML, nudi dodatne mogućnosti kao što je dodavanje novih klasa i atributa bez narušavanja strukture RDFS-a. Kako se ne bi za potrebe ažuriranja ponovo učitavao čitav model, uveden je model promena (*difference model*) koji opisuje razlike između dva modela. Ovim su omogućene inkrementalne razmene CIM podataka u CIM/XML formatu. Nije neophodno da se razmenjuju puni modeli. Ažuriranje modela se vrši upotrebom *forward* i *reverse* akcija. Za brisanje resursa se koristi *reverse*, a za dodavanje *forward* akcija.

```
<dm:forwardDifferences parseType="Statements">
  <cim:ACLineSegment rdf:ID="_BREAKER01">
    <cim:IdentifiedObject.name>Breaker01</cim:IdentifiedObject.name>
  </cim:ACLineSegment>
</dm:forwardDifferences>
```

Slika 2. Dodavanje resursa

```
<dm:reverseDifferences parseType="Statements">
  <cim:ACLineSegment rdf:ID="_BREAKER01"/>
</dm:reverseDifferences>
```

Slika 3. Brisanje resursa

Izmena resursa vrši se kombinacijom ove dve akcije, u zavisnosti od same prirode izmene.

4. RDF IN-MEMORY STORE

RDF store predstavlja bazu podataka za skladištenje RDF tripleta. Pored NoSQL graf baza podataka, koje podržavaju RDF format, u praksi su počele da se koriste i *in-memory* baze, koje po pitanju performansi pretrage odskaku od standardnih baza čiji se sadržaj čuva na disku. Većina postojećih RDF store-ova po pravilu podržavaju SPARQL upitni jezik, kao i različite tipove RDF serijalizacija (RDF/XML, Turtle itd.). Analizom većine *open-source* rešenja dolazi se do zaključka da ni jedna od dostupnih baza ne podržava sve dodatke koje CIM propisuje, i zbog toga se dolazi na ideju da se neka od baza proširi tako da zadovoljava sve potrebe CIM-a.

Kao referentni primer iskorišćena je *open-source* biblioteka *RDFSharp* v1.01 [10], pisana u C# programskom jeziku.

4.1 Nedostaci postojećeg rešenja

4.1.1 Inkrementalna izmena CIM modela

U CIM-u, ažuriranje modela vrši upotrebom *difference* fajlova, koji opisuju razlike između modela. Kako ti fajlovi u sebi imaju elemente *forwardDifferences* i *reverseDifferences*, koji predstavljaju proširenje RDF/XML sintakse, nije implementirano parsiranje tih fajlova, kao ni ažuriranje modela na taj način. Treba napomenuti da ni jedna RDF *in-memory* store biblioteka ovaj koncept ne podržava.

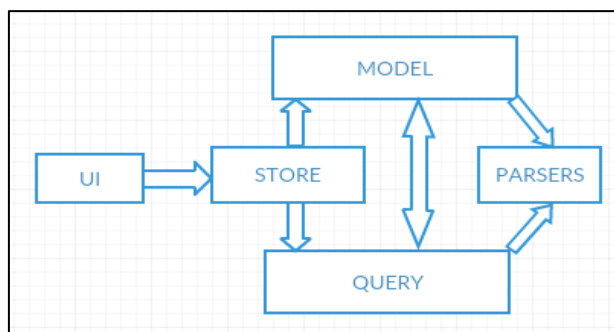
4.1.2 Upotreba karaktera "*" i "+" u složenijim SPARQL upitima.

Kao što je i objašnjeno u prethodnom poglavlju, postoji jasno uređena hijerhija klasa u CIM-u i veliki broj upita se

oslanja na predikat *rdfs:subClassOf*, koji služi da prikaže podtipove za neki subjekat. Navođenjem ovog predikata za odgovarajući subjekat kao rezultat se dobijaju samo tipovi koji su direktni potomci klase navedene u subjektu. U CIM-u uglavnom se traže svi potomci neke klase, ne samo direktni, pa je potrebno u upitima na kraju IRI-ja predikata dodati karakter "+" ili karakter "*". Razlika između ova dva karaktera je što karakter "*" u rezultat uključuje i sam subjekat, odnosno klasu za koje se traže sve podklase.

4.2 Dizajn i implementacija

Programsko rešenje podeljeno je u 5 delova – deo vezan za model podataka, koji podržava formiranje subjekata, predikata i objekata, formiranje tripleta, njihovo dodavanje u grafove, IRI-je, *namespace*-ove, itd. Drugi deo podržava formiranje i evaluaciju SPARQL upita nad store-om, dok četvrti služi za parsiranje upita, serijalizaciju i deserijalizaciju podataka iz grafa u neki određen format i obrnuto. Na slici 4. prikazana je arhitektura rešenja sa korisničkim interfejsom (UI-em).

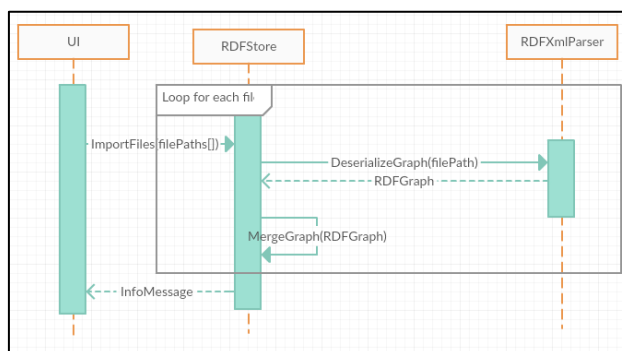


Slika 4. Arhitektura rešenja

Store komponenta predstavlja osnovnu komponentu u sistemu, koja povezuje model i query i služi za kreiranje store-a i manipulaciju nad podacima.

Prilikom inicijalnog učitavanja modela za svaki fajl se kreira objekat grafa (koji pripada modelu) koji se učitava iz fajla u odgovarajućem formatu. Ti grafovi se potom primenjuju na store. Kako se za potrebe CIM-a isključivo koristi CIM/XML format, aplikacija podržava deserijalizaciju ovog formata u graf.

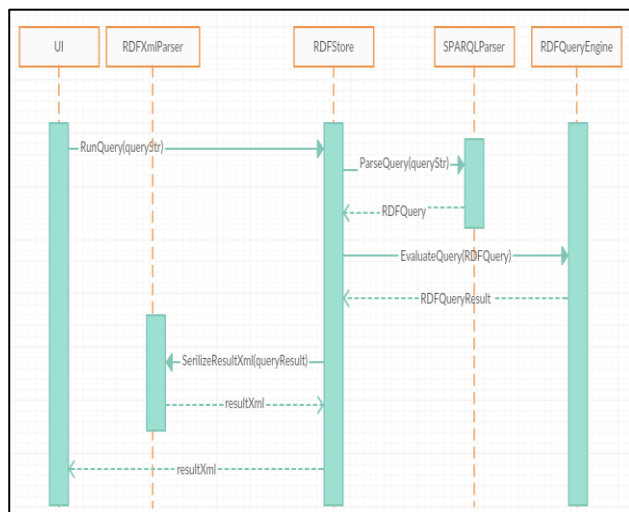
Nakon učitavanja modela sa UI-a moguće je postavljati odgovarajuće SPARQL upite nad store-om. Ovo je moguće zato što je store komponenta store u vezi sa query komponentom, što se vidi sa slike 4.



Slika 5. Dijagram sekvence – učitavanje modela

Nakon postavljenog upita rezultati, koji su tabelarno prikazani, mogu se serijalizovati u određeni *RDF* format. Na *UI*-ju rezultati su prikazani u *CIM/XML* formatu, a moguće je navesti još dodatnih formata.

Ažuriranje modela moguće je primenom *difference* fajlova na *store*. Kako bi ova funkcionalnost bila omogućena izmenjena je pomenuta referentna biblioteka.

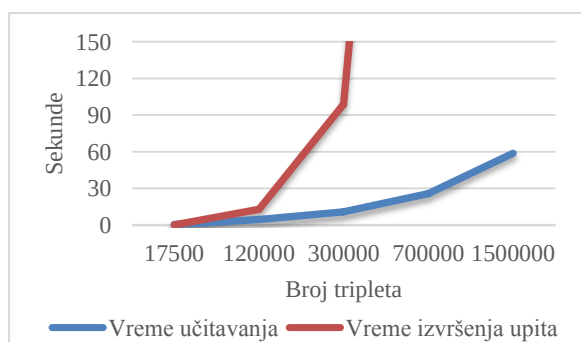


Slika 6. Dijagram sekvence – evaluacija upita

Aplikacija je u potpunosti implementirana u *C#* programskom jeziku. Za razvoj programskog rešenja korišćen je *Visual Studio 2015* razvojno okruženje. *UI* deo je realizovan kao *WPF* aplikacija, dok deo vezan za biznis logiku (sam *store*) realizovan kao programska biblioteka (*dll*) koju *UI* referencira.

5. MERENJE PERFORMANSI

Analiza performansi odrađena je na virtualnoj mašini sa Intel(R) Core(TM) i3-4160 3.60 GHz procesorom, kojoj su dodeljena četiri jezgra i 18GB RAM-a. Na slici 7. jasno se vidi da vreme učitavanja, obeleženo plavom bojom, raste linearno sa povećanjem broja tripleta. Vreme izvršenja složenijeg upita sa slike 2.2 drastično raste sa povećanjem tripleta



Slika 7. Rezultati merenja

(za 700.000 tripleta vreme je 823 sekunde), što je oko devet puta duže nego za 300.000 uzoraka (99 sekundi).

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu sagledana je mogućnost upotrebe *RDF in-memory store*-ova za čuvanje, održavanje i postavljanje upita nad *CIM* podacima. Kako je *CIM* profil sam po sebi

RDF, graf struktura podataka na koju se oslanjaju *RDF store*-ovi je najpogodnija što se tiče pripreme i učitavanja modela. Takođe, prednost korišćenja ovih skladišta, u odnosu na relacione baze podataka je mogućnost zaključivanja. Kako elektroenergetski sistemi predstavljaju sisteme sa kritičnom misijom, korišćenje nepouzdanih i nekomercijalnih softvera unosi velike rizike. Često je testiranje i usklađivanje ovakvih rešenja veoma skupa operacija. Pored toga, elektroenergetski sistemi sadrže informacije o raznim aspektima, ne samo o izgrađenosti i topologiji mreže. Ukoliko bi se svi podaci o sistemu čuvali u ovim bazama podataka, brzina izvršavanja upita ne bi bila zadovoljavajuća, kao što se vidi i na slici 5.1. Zbog toga, najpogodnija oblast primene ovih baza bi bila za manju količinu podataka na osnovu kojih bi se moglo raditi neko zaključivanje. Jedan od primera bi bili podaci o izgrađenosti mreže, kao i podaci o planiranim otkazima i incidentima na mreži.

7. LITERATURA

- [1] ENTSO-E, Interoperability (IOP) Tests, <https://www.entsoe.eu/major-projects/common-information-model-cim/interoperability-tests/Pages/default.aspx>, [Preuzeto 07.06.2017.]
- [2] Robin J. Wilson, Introduction to Graph Theory (Fourth Edition), Addison Wesley Longman Limited, 1996, ISBN 0-582-24993-7
- [3] Guus Schreiber, Yves Raimond, RDF 1.1 Primer, Introduction, <https://www.w3.org/TR/2014/NOTE-rdf11-primer-20140225/#section-Introduction> [Pristupljeno: 18.09.2017.]
- [4] Guus Schreiber, Yves Raimond, RDF 1.1 Primer, Why Use RDF, <https://www.w3.org/TR/2014/NOTE-rdf11-primer-20140225/#section-use-cases> [Pristupljeno: 18.09.2017.]
- [5] Dean Allemang, James Hendler, Semantic Web for the Working Ontologist Effective Modeling in RDFS and OWL (Second Edition), Morgan Kaufmann, 2011, ISBN 9780123859662
- [6] Jim Rapoza (2 May 2006). "SPARQL Will Make the Web Shine". eWeek. [Preuzeto 2007-01-17.]
- [7] Segaran, Toby; Evans, Colin; Taylor, Jamie Programming the Semantic Web, O'Reilly Media, 2009, ISBN 978-0-596-15381-6.
- [8] <https://www.w3.org/TR/REC-rdf-syntax/> [Pristupljeno 9.22.2017]
- [9] IEEE.org | The impact of PAP 8 on the Common Information Model (CIM), [Pristupljeno 25.9.2017]
- [10] <https://github.com/mdesalvo/RDFSharp> [Pristupljeno 8.9.2017]

Kratka biografija:



Vladan Desnica rođen je u Vrbasu 1993. god. Osnovne akademske studije upisuje 2012. god na Fakultetu Tehničkih nauka u Novom Sadu, smer "Računarstvo i automatika". Diplomirao je 2016. god, i iste upisuje master akademske studije na smeru "Primenjeno softversko računarstvo".

ISPITIVANJE PERFORMANSI SPARQL UPITA NAD CIM PODACIMA PERFORMANCE ANALYSIS OF SPARQL QUERIES ON CIM DATA

Mirjana Ćurčin, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu su analizirane i upoređivane performanse SPARQL upita izvršavanih nad tri RDF skladišta (MarkLogic, Apache Jena - Fuseki i Virtuoso). Mereno je vreme izvršavanja, broj tripleta, iskorišćenje procesora i broj niti pri izvršavanju različitih SPARQL upita nad različitim skupovima podataka nastalim na osnovu izvoda elektroenergetske mreže definisanih u skladu sa IEC 61970 i IEC 61968 standardom.

Abstract – This paper analyses and compares SPARQL query performances on three RDF stores (MarkLogic, Apache Jena - Fuseki and Virtuoso). Time of execution, number of triplets, CPU consumption and number of threads is analysed using various SPARQL queries on various data based on electric feeders defined in accordance with the IEC 61970 and IEC 61968 standards.

Ključne reči: Semantički web, RDF, SPARQL, RDF skladište, Benchmark

1. UVOD

Sa povećanjem broja korisnika na internetu, kao i njihovih zahteva, povećao se i broj podataka koji se razmenjuju, a time i potreba za traženjem isplativog načina da se ti podaci lako skladište i efikasno pretražuju. Jedna od aktuelnih tehnologija za skladištenje podataka je *RDF triple store* [2].

RDF triple store ili *RDF skladišta* predstavljaju kičmu mnogih *Linked Data* aplikacija. Glavna ideja iza *Linked Data* je proširivanje *Web-a* kreiranjem veza između podataka koji se nalaze na različitim izvorima. Implementacijom *Linked Data* principa moguće je kreirati podatke koje su čitljivi mašini i kao takvi, mogu da omoguću da mašina razume semantiku podataka na *Web-u*. Dodavanjem novih metapodataka, mašina može da procesuiru znanje koristeći procese koji su slični ljudskom rasuđivanju. Tokom poslednjih godina mnogo *RDF skladišta* je preporučeno za skladištenje i analizu *RDF* podataka. S obzirom da su performanse *RDF skladišta* i *SPARQL* upita od centralne važnosti za mnoge *Linked Data* aplikacije, potrebno je odlučiti koje *RDF skladište* je najbolje koristiti. U tome pomaže tzv. *Benchmark*. *Benchmark* predstavlja test dizajniran da procenjuje i upoređuje performanse *RDF skladišta* i pomaže pri odabiru odgovarajućeg.

Cilj ovog rada je da se analiziraju i uporede performanse tri *RDF skladišta*: *MarkLogic*, *Virtuoso*, *Apache Jena*-

Fuseki. Upoređivanje je odrađeno analiziranjem i upoređivanjem vremena potrebnog za izvršavanje *SPARQL* upita nad skladištima, kao i broja niti i iskorišćenja procesora prilikom njihovog izvršavanja.

2. AKTUELNO STANJE U OBLASTI ISPITIVANJA PERFORMANSI

Na osnovu kolekcija referenci različitih *benchmark-a* koje sakuplja *W3C (World Wide Web Consortium)* može se zaključiti da je ova tema veoma popularna. Neki od poznatijih *benchmark-a* su: *Berlin SPARQL Benchmark*, *Lehigh University Benchmark (LUBM)*, *The SP2Bench*, *DBpedia SPARQL Benchmark*.

Berlin SPARQL Benchmark je najpoznatiji *benchmark*. Njegovo testiranje se bazira na slučaju korišćenja u elektronskoj trgovini, gde je skup proizvoda ponuđen od strane različitih proizvođača i gde su ti proizvodi recenzirani od strane potrošača. U radu se porede performanse četiri *RDF skladišta* (*Sesame*, *Virtuoso*, *Jena TDB* i *Jena SDB*) sa performansama dva *SPARQL-to-SQL* *rewritera* (*D2R Server* i *Virtuoso RDF Views*), kao i performanse dva upravljačka sistema relacije baze (*MySQL* i *Virtuoso RDBMS*) [1].

LUBM se oslanja na testiranje mogućnosti rasuđivanja *RDF* mašina. Testiranje je izgrađeno oko univerzitetskog domena i uključuje univerzitetsku domensku ontologiju i promenljive podatke, set od 14 upita i nekoliko merenja performansi [2]. *The SP2Bench* koristi bazu koja sadrži bibliotečke podatke vezane za polje računarskih nauka i baza podataka. *ARQ Java engine*, *Redland*, *SDB*, *Sesame* i *Virtuoso* su korišćeni za sprovođenje testova [3].

DBpedia SPARQL Benchmark vrši testiranje skladišta kao što su *Virtuoso*, *Jena TDB*, *Sesame* i *BigOWLIM* tako što postavlja *SPARQL* upite koji su već postavljani na oficijelni *Dbpedia SPARQL endpoint* u periodu od 3 meseca 2010. godine [4].

3. CIM

The Common Information Model (CIM) je apstraktni informacioni model koji se koristi za modelovanje električne mreže i različite opreme koja se koristi u mreži. Taj model je apstraktna i formalna reprezentacija objekata, njihovih atributa, asocijacija ka drugim objektima i ponašanja i operacija koje mogu biti izvršene nad njima. U zavisnosti od konteksta (perspektive ili pogleda na model) vrši se restrikcija modela čime se kreiraju profili. Profili se koriste za definisanje kontekstnog ili domenskog modela. Profili predstavljaju kontekstni model i sastoje se od klasa, atributa, referenci zajedno sa dodatnim ograničenjima [5]. Kontekstni model se koristi za izvođenje implementacionog modela koji definiše strukturu za serijalizaciju podataka. Struktura

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Milan Gavrić.

može biti definisana pomoću šeme baze, *RDF* šeme ili *XML* šeme. *CIM* objedinjuje 3 standarda: *IEC 61970 – 301*, *IEC 61968 – 11* i *IEC 62325 – 301*. *IEC 61970 – 301* standard je semantički model koji opisuje komponente elektroenergetskog sistema i veze između njih. *IEC 61968 – 11* standard proširuje *IEC 61970 – 301* model i definiše klase koje opisuju podatke od značaja za distributivne kompanije. *IEC 62325 – 301* standard proširuje *IEC 61970 – 301* i *IEC 61968 – 11* modele da bi pokrio razmenu podataka između učesnika na elektroenergetskom tržištu [6].

4. SEMANTIČKI WEB I LINKED DATA

Termin semantički *Web* je definisao Tim Berners-Lee i on predstavlja mrežu podataka [7]. Da bi mreža podataka mogla da se definiše, potrebno je da postoji ogroman broj podataka na *Web-u* koji su dostupni u standardnom formatu i kojima mogu da upravljaju razni alati semantičkog *Web-a*. Pored toga, da bi se kreirala mreža podataka, potrebno je da postoje i veze između njih. Kolekcija takvih međusobno povezanih skupova podataka na *Web-u* predstavlja *Linked Data*. Berners-Lee je rekao: „Prvi korak je da se podaci uskladište na *Web-u* u formi u kojoj ih mašine mogu razumeti ili ih mogu pretvoriti u tu formu. To kreira nešto što ja zovem Semantički *Web* – mrežu podataka koja može da se obrađuje direktno ili indirektno od strane mašina“ [8]. Stoga, dok semantički *Web*, ili mreža podataka, predstavlja krajnji cilj ovog procesa skladištenja i mašinskog razumevanja, *Linked Data* obezbeđuje sredstva da bi se taj cilj dostigao [8]. *Linked Data* su potpomoćne tehnologijama kao što su *RDF*, *SPARQL* i *OWL*.

4.1. Resource Description Framework

Resource Description Framework ili *RDF* je standardni model za razmenu podataka na *Web-u* [9]. On omogućuje prikaz informacija koje su razumljive mašinama, a koje se razmenjuju između *Web* sajtova i aplikacija. On proširuje *WWW* tako što koristi *URI* za imenovanje stvari i njihovih odnosa i na taj način formira mrežu podataka. Ova struktura formira usmeren graf koji se može predstaviti kao skup iskaza subjekat (s) -predikat (p) -objekat (o). Taj skup iskaza se zove *RDF* tripleat.

4.2. SPARQL

SPARQL je standardni upitni jezik za rukovanje podacima i postavljanje upita nad *RDF* skladištima [10]. On može biti korišćen za izvršavanje upita nad različitim izvorima podataka, bilo da su podaci izvorno skladišteni kao *RDF* ili u nekom drugom formatu i onda pomoću prenosnika transformisani u *RDF* format. Rezultat *SPARQL* upita može biti skup podataka ili *RDF* graf [10].

4.3. RDF skladišta

RDF skladišta smeštaju podatke izvorno u *RDF* obliku (kao *RDF* graf ili skup *RDF* tripleta/iskaza) i omogućuju izvršavanje upita nad podacima s ciljem dobijanja željenih odgovora. Mogu se podeliti u tri tipa: *native* (u izvornom obliku), *in-memory* (u memoriji) i *non-memory* (ne memorijska i ne izvorna).

In-memory skladišta smeštaju *RDF* graf u *RAM* memoriji. Iako se u slučaju skladištenja velikih podataka ne uzimaju u razmatranje, mogu biti korisni za obavljanje određenih

operacija kao što su keširanje podataka sa udaljenih sajtova i rasuđivanje. Mnoga *in-memory* skladišta imaju *efficient reasoners* (efikasne rasuđivače) koji mogu pomoći pri zaključivanju u trajnim (*persistent*) *RDF* skladištima, što je u nekim slučajevima teško obaviti.

Nativna skladišta su ona koja imaju sopstvenu implementaciju baze i koriste *RDF* model podataka da efikasno skladište i pristupaju *RDF* podacima. Neka od njih su: *Jena TDB*, *Stardog*, *AllegroGraph*, *Virtuoso*.

Non-native non-memory ili skladišta bazirana na *RDBMS* su implementirana dodavanjem *RDF* sloja na postojeću *RDBMS*. Jedna od poznatijih je *Jena SDB* koja može biti integrisana sa skoro svim *RDBMS* kao što su *MySQL*, *Oracle*, *PostgreSQL*. U poslednje vreme se najviše koriste *nativna* skladišta prvenstveno zbog njihove brzine učitavanja i mogućnosti optimizacije [12].

U ovom radu su ispitivana sledeća *RDF* skladišta:

1. MarkLogic

MarkLogic je *enterprise NoSQL* baza podataka sa dokument orijentisanim pristupom koja služi za pretraživanje i skladištenje podataka u *XML*, *RDF* i *JSON* formatu. Glavna karakteristika *MarkLogic-a* je podrška za *ACID* transakcije [2].

2. Apache Jena-Fuseki

Apache Jena je *Java framework*. Ona omogućava skladištenje podataka i u memoriji i na disku. Sadrži komponentu za *OWL* rasuđivanje. Arhitektura je izgrađena oko tri koncepta: tabela sa čvorovima, indeksiranje tripleta/kvadreta (*triples/quads*) i tabela sa prefiksima [2].

Za manipulaciju *RDF* modelima preko *HTTP* protokola korišćen je *Apache Jena Fuseki SPARQL* server čija je verzija 3.4.0.

3. Virtuoso

Virtuoso je graf baza podataka. Prvenstveno je bila razvijena kao *RDBMS* da bi kasnije evoluirala ka *XML* i *RDF* modelima podataka [2]. Korišćena je *open source* verzija *Virtuoso-a* 7.2.4.

5. TESTIRANJE

Testiranje je vršeno tako što je svako *RDF* skladište bilo instalirano na zasebnoj virtuelnoj mašini. Svim skladištima su ostavljena standardna podešavanja, s tim što se *Virtuoso-u* povećala vrednost *timeout-a*. Svako *RDF* skladište je popunjavano sa *CIM* podacima iz izvoda realne evropske distributivne mreže, a *CIM* profil je definisao ontologiju. Ontologija predstavlja eksplicitnu formalnu specifikaciju termina u domenu i relacija među njima [11]. *CIM* podaci su organizovani u 4 skupa i to tako da je prvi imao podatke iz jednog električnog izvoda, drugi 10, treći 50 i četvrti 100.

5.1. Merenje broja niti i iskorišćenja procesora

Merenje se vršilo pomoću *Performance Monitor-a* i to za pretragu podataka iz 100 izvoda, jer je pretpostavka da će se tada zauzeti najveći broj niti i iskoristiti najveći deo procesora. Uzeto je najveće iskorišćenje procesora i najveći broj niti prilikom izvršavanja svih upita. *MarkLogic* je zauzimao 105 niti i 25% procesora, *Jena* 30 niti i 34% procesora, a *Virtuoso* se je koristio 33 niti i 18% procesora.

5.2. SPARQL upiti

Izvršavanje upita radilo se pokretanjem aplikacije napisane u programskom jeziku C# koja je pristupala podacima preko REST API-ja i prikazivala vreme izvršavanja upita. Upiti su sastavljeni tako da se poštuje pravilo da se kao rezultat dobije jedno ili više rešenja i to za svaki sledeći oblik: ?s p o, ?s ?p o, ?s ?p ?o, s ?p o, s ?p ?o, s p ?o, ?s p ?o.

5.3. Merenje performansi SPARQL upita

Merenje performansi je vršeno na virtuelnoj mašini sa dodeljenih 12GB RAM-a i četiri jezgra sa instaliranim *Microsoft Windows 10 Education 64 bit* operativnim sistemom, izvršavanom na računaru sledećih karakteristika: Procesor: *Intel i3-3220 3.30GHz*

RAM memorija: *16GB*

HDD: *ST500DM002-1BD142 500GB*

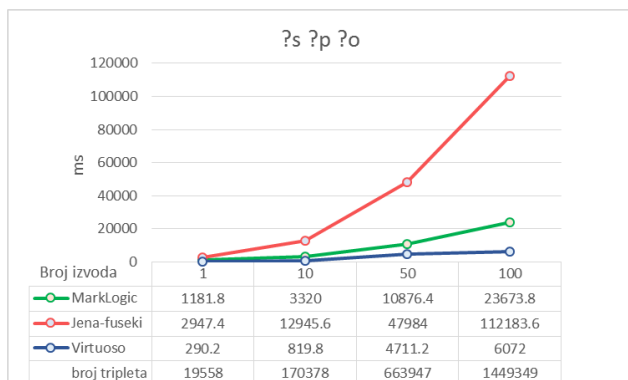
Operativni system: *Windows 8.1 Enterprise 64 bit*

Merenje se za svaki upit radilo po 5 puta, a rezultat merenja iskazan u milisekundama je dobijen tako što se izračunavala srednja vrednost tih merenja. Server skladišta se resetovao svaki put pre prvog merenja.

Grafikon 1. prikazuje rezultate koji su dobijeni postavljanjem SPARQL upita oblika ?s ?p ?o. Upit za njega je prikazan na Listingu 1.

```
SELECT ?subject ?object ?predicate
WHERE
{
    ?subject ?object ?predicate .
}
```

Listing 1. Prikaz SPARQL upita korišćenog za dobijanje rezultata sa Grafikona 1.

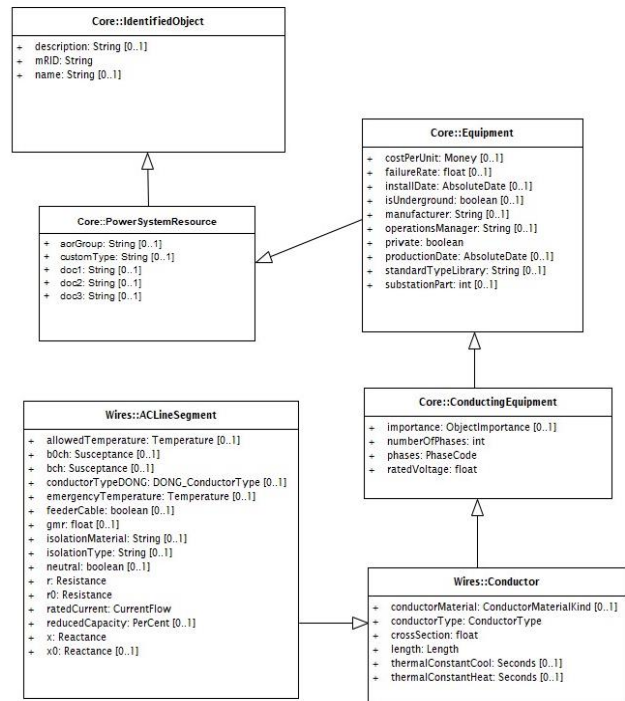


Grafikon 1. Rezultati merenja dobijeni SPARQL upitom sa Listinga 1.

Može se uočiti da se u ovom slučaju najbolje pokazao Virtuoso koji je najbrže izvršavao upite, iako je broj tripleta koji se dobio kao rešenje obiman. Kod MarkLogic-a kriva konstantno raste sa porastom veličine skupova podataka za pretragu i on je za nijansu lošiji od Virtuoso-a, a Jena pokazuje naglo povećanje u vremenskom odzivu kada se dođe do pretrage skupa podataka iz 50 i 100 izvoda.

Na Grafikonu 2. i Grafikonu 3. redom su prikazane performanse upita oblika ?s p o sa 1 rešenjem i sa više rešenja. U upitima su korišćene i ključne reči *OPTIONAL* i *DISTINCT*. Upit je sastavljen na osnovu klasa definisanih u CIM profilu prikazanom na Slici 1. Klase

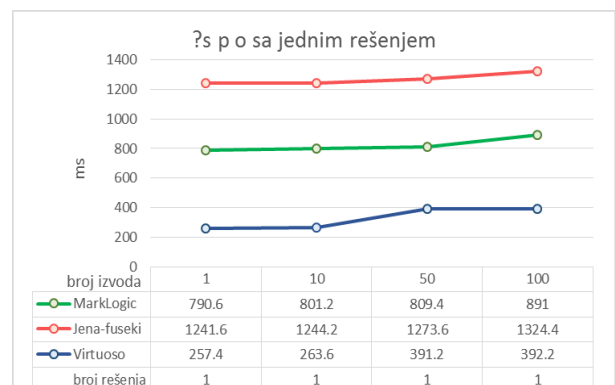
pripadaju paketima *Wires* i *Core*. Tražen je *ACLineSegment* koji je trofazan i kome je reaktansa 0,079. *Conductor* ima dužinu 31.8987961, a materijal *Conductor*-a je *copper* (bakar). Kod upita korišćenog za dobijanje rezultata sa Grafikona 2., koji je prikazan na Listingu 2., materijal je opcioni, dok je dužina *Conductor*-a obavezna, a kod upita sa Listinga 3., koji prikazuje upit korišćen za dobijanje rezultata sa Grafikona 3., situacija je obrnuta.



Slika 1. Deo CIM profila korišćen za upit

```
SELECT DISTINCT ?lineSegment
WHERE
{
    ?lineSegment a cim:ACLineSegment .
    ?lineSegment
        tdm:ConductingEquipment.numberofPhases "3" .
    ?lineSegment cim:ACLineSegment.x "0.079" .
    ?lineSegment cim:Conductor.length "31.8987961" .
    OPTIONAL{ ?lineSegment
        tdm:Conductor.conductorMaterial "copper" . }
}
```

Listing 2. Prikaz SPARQL upita korišćenog za dobijanje rezultata sa Grafikona 3.



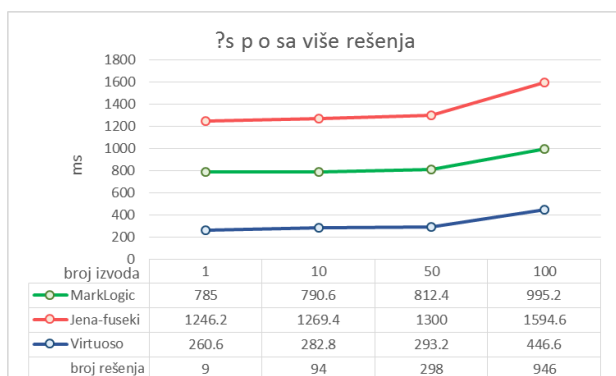
Grafikon 2. Rezultati merenja dobijeni SPARQL upitom sa Listinga 2.

```

SELECT DISTINCT ?lineSegment
WHERE
{
    ?lineSegment a cim:ACLineSegment .
    ?lineSegment
        tdms:ConductingEquipment.numberOfPhases
        "3" .
    ?lineSegment cim:ACLineSegment.x "0.079" .
    ?lineSegment tdms:Conductor.conductorMaterial
        "copper" .
    OPTIONAL{ ?lineSegment
        cim:Conductor.length "31.8987961" . }
}

```

Listing 3. Prikaz SPARQL upita korišćenog za dobijanje rezultata sa Grafikona 3.



Grafikon 3. Rezultati merenja dobijeni SPARQL upitom sa Listinga 3.

Za slučaj kada postoji više rešenja primetno je da je vreme odziva *Jena* skladišta za nijansu duže od vremena kada postoji 1 rešenje, dok je kod *MarkLogic* skladišta za 1 izvod i 10 izvoda vreme odziva kod upita sa 1 rešenjem veće od vremena odziva kod upita gde postoji više rešenja. *Virtuoso*, za razliku od upita sa više rešenja, ima duže vreme odziva za skup podataka iz 50 izvoda sa jednim rešenjem. Što se tiče upoređivanja skladišta, *Virtuoso* se opet pokazao najbolje u oba slučaja. Za sva skladišta vreme odziva se produžava u skladu sa povećanjem broja izvoda, što je i očekivano ponašanje.

6. ZAKLJUČAK

Rad analizira i upoređuje performanse SPARQL upita nad tri RDF skladišta (*Apache Jena - Fuseki*, *MarkLogic* i *OpenSource Virtuoso*). Analiziranje je zasnovano na postavljanju različitih SPARQL upita nad različitim skupovima podataka. Upoređivani su vreme izvršavanja, iskorišćenje procesora i broj niti i na osnovu njih su prokomentarisana skladišta. Došlo se do zaključka da je najbrže skladište *Virtuoso*, zatim sledi *MarkLogic* i na kraju *Apache Jena - Fuseki*. Sva tri skladišta imaju sličnu krivu rasta kako se broj podataka za pretragu i broj dobijenih rešenja povećava, jedina razlika je u brzini. Kod pretrage gde postoji 1 rešenje vreme potrebno za pretragu je nekada znalo naglo da skače. Takođe, kod sva tri skladišta se pokazalo da se kod skoro svih upita vreme pretrage dosta povećava kada postoje podaci iz 100 izvoda sa više rešenja. Što se tiče iskorišćenja procesora i

niti, najmanje niti koristi *Jena*, dok najviše koristi *MarkLogic*. *Virtuoso* najmanje iskorišćava procesor i može se zaključiti da se i u ovom delu testiranja pokazao najbolje.

Za buduća istraživanja, ovaj rad se može proširiti tako što će se uključiti OWL rasuđivanje i time poboljšati mogućnost pretraživanja.

7. LITERATURA

- [1] Christian Bizer, Andreas Schultz, *The Berlin SPARQL Benchmark*, *International Journal on Semantic Web & Information Systems*, Vol. 5, Issue 2, Pages 1-24, 2009.
- [2] Olivier Curé, Guillaume Blin, *RDF Database Systems DBpedia SPARQL Benchmark*, First Edition, Waltham, MA, USA, 2015.
- [3] Roberto de Virgilio, Fausto Giunchiglia, Letizia Tanca, *Semantic Web Information Management*, Springer, Berlin, Heidelberg, 2010.
- [4] Mohamed Morsey, Jens Lehmann, Sören Auer, Axel-Cyrille Ngonga Ngomo, *DBpedia SPARQL Benchmark – Performance Assessment with Real Queries on Real Data*, Springer, Berlin, Heidelberg, 2011.
- [5] L. King, *The Common Information Model for Distribution: An Introduction to the CIM for Integrating Distribution Applications and Systems*, 1016058, Palo Alto, CA, November 2008.
- [6] *Common Information Model Primer*, Third Edition, 3002006001, Palo Alto, CA, June 2015.
- [7] The Semantic Web: An Introduction, <http://infomesh.net/2001/swintro/>, pristupljeno 9.10.2017.
- [8] Christian Bizer, Tom Heath, Tim Berners-Lee, *Linked Data - The Story So Far*, *International Journal on Semantic Web and Information Systems*, Vol. 5, Issue 3, Pages: 1-22., 2009.
- [9] WWW Consortium, <https://www.w3.org/2001/sw/wiki/RDF>, pristupljeno 9.10.2017.
- [10] WWW Consortium, <http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>, pristupljeno 9.10.2017.
- [11] Natalya F. Noy, Deborah L. McGuinness, *Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology*, Stanford, CA, 2001.
- [12] National Center for Biomedical Ontology, https://www.bioontology.org/wiki/images/6/6a/Triple_Stores.pdf, pristupljeno 9.10.2017.

Kratka biografija:



Mirjana Ćurčin rođena je u Novom Sadu 1993. god. Školske 2012/2013. je upisala FTN u Novom Sadu, odsek Elektrotehnika i računarstvo, smer Računarstvo i automatika. Školske 2016/2017. je upisala master akademske studije na FTN-u, smer Prime-njeno Softversko Inženjerstvo.

MODIFIKACIJE QR KODA ZA PRIKAZIVANJE U DIGITALNIM MEDIJIMA**QR CODE MODIFICATIONS FOR PRESENTATION IN DIGITAL MEDIA**

Dejan Đekić, Željen Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – QR kodovi danas imaju široku primenu u svakodnevnim aktivnostima. Razvojem tehnologije i povećanjem baze korisnika postali su pogodan posrednik u prenosu podataka. U radu su analizirane karakteristike QR koda i potencijalne primene u različitim poljima. Pre svega primena QR koda kao multimedijalnog posrednika između TV programa i gledalaca. Predstavljen je i praktičan deo razvoja mobilne aplikacije na Android operativnom sistemu, predviđene za korisnike QRTV Reminder platforme.

Abstract – QR code today has a wide usage in everyday activities. With the development of technology and an increased userbase, they have become a convenient intermediary in the data transfer. This paper analyses QR code features and the possibilities for their application in various fields. First of all, the application of QR codes as multimedia mediator between TV programs and spectators. This paper also presents a practical part of the development of mobile application on the Android operating system, designed for users of the QRTV Reminder platform.

Ključne reči: QR kod, Android, digitalni mediji

1. UVOD

QR kod predstavlja relativno nov i savremen način skladištenja i očitavanja informacija.

Relativno nov, jer je njegov nastanak i razvoj vezan za devedesete godine, dok stvarni koreni sežu i do 60-ih godina dvadesetog veka.

U ovom radu analiziran je QR kod (Quick Response Code), njegova struktura, vrste koje su u primeni i njegove mogućnosti za prikaz u digitalnim medijima, kao npr. multimedijalni posrednik između TV programa i njihovih gledalaca, sa posebnim osvrtom na primenu u mobilnoj aplikaciji.

2. ISTORIJA QR KODA**2.1. Bar-kod**

Bar-kod je vrsta slike, napravljena sa ciljem da se, pomoću optičkih senzora, lako prenese numerički ili tekstualni sadržaj na računar.

Moderni bar-kod izmišljen je u Americi, tačnije na Dreksel Institutu Tehnologije u Filadelfiji, 1948. godine. Opisne informacije o određenom predmetu upisane su na specifičan način u sadržaj bar-koda i pretvorene u sliku.

NAPOMENA:

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

2.2. Razvoj QR koda

Pedesetih i šezdesetih godina dvadesetog veka (godine nakon Drugog Svetskog rata), obeležili su periodi visokog ekonomskog rasta u zemljama kojima je Amerika pomagala svojim programima obnove, kao npr. Maršalov plan (ili Program Evropske Obnove) kojim su bile obuhvaćene uglavnom zemlje Zapadne Evrope. Tako je i Japan bio predmet Američke, kako okupacije, tako i ekonomske obnove, sa ciljem suzbijanja ponovne militarizacije Japana i komunizma. Kako je Japan ušao u period visokog ekonomskog rasta, tako je broj velikih supermarketa sa širokim asortimanom proizvoda počeo naglo da se povećava. Ovo je dovelo do potrebe za pojačanjem i pojednostavljenjem kontrole u različitim fazama distribucije robe, što je postignuto postavljanjem bar-koda na svaki proizvod. Vrlo brzo se uvidela potreba za bar-kodom kojim može da se prenese više informacija, za šta je bio zadužen istraživački tim u Denso Wave Incorporated, na čelu sa Masahiro Harom [1, 2].

2.2. Upotreba QR koda

Širenju upotrebe QR koda najviše je doprinela odluka kompanije Denso Wave da taj kod bude dostupan svima i to besplatno, dok su patentna prava ostala u vlasništvu kompanije. Široku primenu je prvobitno dobio u Japanu, zatim se raširio u Evropi i Americi, a nakon toga i u celom svetu. Pojava mobilnih telefona sa kamerom dovela je do velike ekspanzije upotrebe QR koda od 2002. godine do danas.

Kako bi se zadovoljile sve brojnije potrebe korisnika, nastale usled globalnog širenja QR koda, objavljeni su novi poboljšani tipovi koda jedan za drugim. Tokom 2011. godine u Japanu je prosečno dnevno skenirano više QR kodova po stanovniku od prosečnog broja poslanih SMS poruka.

3. STRUKTURA QR KODA

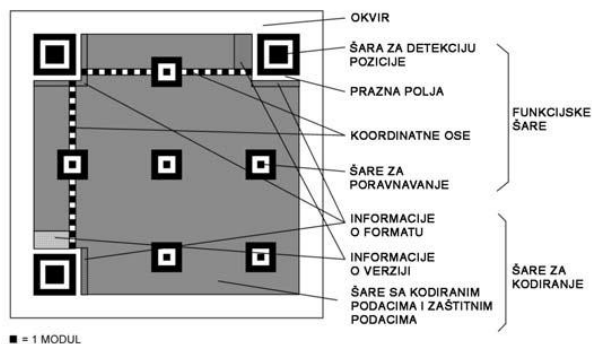
Sastavni delovi QR koda su moduli, crni i beli kvadratići koji čine kvadratnu mrežu. Crni kvadratići predstavljaju logičku „1“, dok beli predstavljaju logičku „0“. Po ISO/IEC18004 standardu, minimalna veličina jednog modula je 4x4 tačke tj. piksela, pri rezoluciji štampe od 300 dpi (eng. dot per inch).

Postoje dve različite grupe elemenata (slika 1.) po funkciji koju vrše [3]:

1. Funkcijske šare
2. Šare za kodiranje

Funkcijske šare (eng. function patterns) su:

1. Šara za detekciju pozicije
2. Prazna polja
3. Koordinatne ose
4. Šare za poravnanje



Slika 1. Struktura QR koda

3.1 Šara za detekciju pozicije (eng. finder pattern)

Šara za detekciju pozicije, sastoji se od tri velika kvadrata sa belom ivicom, smeštena u tri ugla koda: gore levo, gore desno i dole levo, nazivaju se šare za detekciju pozicije. Svaki od njih sastoji se od tri koncentrična kvadrata dužine stranica: 7x7 crnih modula, 5x5 belih modula i 3x3 crna modula.

Odnosi širina modula su 1:1:3:1:1. Dimenzije slike su:

W - širina (eng. width) QR koda, uključujući i okvir
H - visina (eng. height) QR koda, uključujući i okvir
X - širina modula
Q - širina okvira, $Q = 4X$.

Šare za detekciju pozicije omogućuju uređaju koji skenira kod da precizno odredi granice koda, dužinu, širinu i orijentaciju. QR kodovi se mogu čitati u svakom položaju i iz svakog ugla.

3.2 Koordinatne ose (eng. timing patterns)

Koordinatne ose QR koda imaju širinu jednog modula. Njih naizmenično čine crna i bela polja. Horizontalna osa se proteže između gornje dve šare za detekciju, dok se vertikalna osa pruža sa leve strane koda, od gornje leve šare za detekciju, sve do donje leve šare za detekciju. Obe ose počinju i završavaju se sa crnim modulom.

Koordinatne ose služe za određivanje pozicije svakog modula unutar simbola i omogućavaju određivanje gustine i verzije simbola.

3.3 Prazna polja (eng. separator)

Prazna polja predstavljaju razmak između svake šare za detekciju pozicije i preostalog dela QR koda. Ovaj razmak je širine jednog modula.

3.4 Okvir (eng. quiet zone)

Svaki QR kod je okružen okvirom (eng. quiet zone) sa sve četiri i širine je 4 modula kod standardnog koda. Okvir predstavlja područje bez podataka potrebno za čitanje QR koda.

3.5 Šare za poravnavanje (eng. alignment pattern)

Šare za poravnanje služe za ispravku deformacije QR koda. One liče na šare za detekciju pozicije, ali su manjih dimenzija i mogu biti smeštene po celoj površini QR koda.

Broj ovih šara u QR kodu zavisi od upotrebljene verzije koda, više ih je što je QR kod veći.

3.6 Informacije o verziji (eng. version information)

Informacije o verziji koda se nalaze unutar područja bloka od 6x3 modula, kao što je označeno plavom bojom na slici 3.4. Isti podatak sadržan je na dva mesta u QR kodu. Prvi blok upisan je dole levo iznad šare za detekciju pozicije, a drugi, identičan blok, sa leve strane desne šare za detekciju. Za verzije QR koda niže od 7, informacija o verziji koda se ne koristi.

3.7 Informacije o formatu (eng. format information)

Ovde se nalaze informacije o upotrebljenom nivou korekcije greške i o korišćenoj maski u QR kodu. Te informacije su kodovane kao jedan binarni broj (crna polja predstavljaju 1, a bela 0) u horizontalnom i vertikalnom smeru.

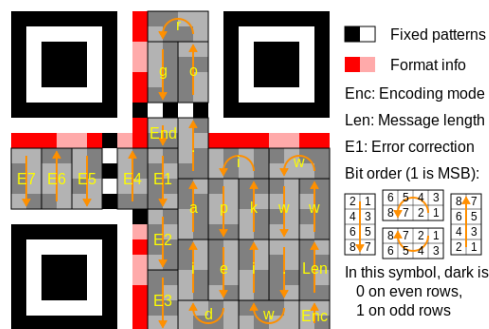
3.8 Korekcija grešaka

QR kod ima sposobnost korekcije grešaka kako bi se u slučaju prljanja ili oštećenja koda mogli rekonstruisati podaci. Postoji četiri nivoa korekcije greške. Korisnici mogu da ih odaberu prema svojim potrebama. Ovi nivoi predstavljaju četiri nivoa Rid-Solomon (eng. Reed-Solomon) algoritma za korekciju greške. Rid-Solomon algoritam se inače koristi u komunikaciji sa satelitima, gde je mogućnost greške velika, pa je od ogromne važnosti da informacija bude tačno prenesena.

3.9 Kodovanje poruke

Podaci koje želimo da upisemo u QR kod se kodiraju počevši od donjeg desnog ugla pa na gore kolonama od po dva modula širine. Kada dođemo do vrha, sledeća kolona od dva modula nalazi se sa leve strane u odnosu na prethodnu kolonu i usmerena je na dole. Svaki put kada kolona dođe do ivice, pređe u levo na sledeću kolonu uz promenu smera. Kada se dođe do vertikalne koordinate, ona se preskoči i ide se levo od nje.

Proces čitanja QR koda koji ima za poruku zapisanu web adresu www.wikipedia.org prikazan je na slici 2.



Slika 2. Primer čitanja podataka iz QR koda

3.10 Veličina QR koda

Različite veličine QR koda se zovu verzije koda. One se kreću od 1 do 40 i svaka od njih ima drugačiju konfiguraciju modula i njihov broj, što je prikazano na slici 3.14.

Najmanja verzija QR koda je veličine 21x21 modula i označava se sa 1, zatim sledi verzija 2 koja označava QR kod veličine 25x25 modula. Ovo se nastavlja sve do verzije 40 koja označava najveći QR kod čija je veličina 177x177 modula.

Sa povećanjem broja verzija dodaju se četiri dodatna modula na svakoj strani koda.

4. PRIMENA QR KODA

4.1. Oblasti primene koda

Kodovi u muzejima i galerijama - QR kodovi postavljeni na eksponatima ili pored njih, služe kao pomoć turistima i znatiželjnicima.

Mogu da sadrže mnogo više podataka o delima, nego što je to ranije bio slučaj.

QR kodovi u prirodi - mogu da budu postavljeni na umetničkim delima u parkovima, ili da opišu određene endemske vrste koje rastu na tim mestima [5, 6].

QR kodovi kao pomoć turistima - u Frankfurtu su uveli QR kodove da bi putnike informisali o trenutnom stanju u saobraćaju.

Plakati sa QR kodovima zalepljeni su u autobusima, vozovima i podzemnoj železnici. Turisti mogu dobiti informacije o posebnim ponudama i događajima, kao i mogućim presedanjima za nastavak putovanja drugim prevoznim sredstvima.

Mnogi restorani koriste QR kodove da bi pomoću njih pružili korisnicima sve potrebne informacije o hrani koju im nude, o njenim sastojcima, ili načinu pripreme (tekstualno ili u vidu video snimka).

Njihovo iskustvo je pokazalo da je vizuelna prezentacija dosta uspešnija nego sam tekstualni opis, i da je verovatnije da će pomoću vizuelnog prikaza jelo biti poručeno. Posebno su popularni kodovi sa podacima o vinima.

4.2. Primena QR koda u elektronskim medijama

U Engleskoj na BBC One programu "The Good Cook" koristi se QR kod koji vodi na njihovu stranicu sa receptom prethodno emitovanog jela, slika 3.



Slika 3. QR kod u emisijama o kuvanju na BBC

BBC je emitovao najavu za dolazeću horor seriju "The Fades" na kanalu BBC 3, koristeći animirani QR kod, koji može da se skenira u bilo kom trenutku dok se trejler emituje i vodi do internet stranice gde se mogu dobiti potrebne informacije o seriji, slika 4.

BBC je uključio u akciju Facebook, YouTube i otvorio je nalog [@BBCTheFades](#) na Twitter-u i time povezao socijalne mreže i televizijski program.



Slika 4. Programske najave preko animiranog QR koda na BBC 3

5. PRIMENA QR KODA U ANDROID APLIKACIJAMA

5.1 Android

Android OS je softverski paket dizajniran za korišćenje na mobilnim uređajima (putem dodira), kao što su tableti i pametni telefoni. Njega čine operativni sistem, middleware i ključne aplikacije.

Princip razvijanja jeste open-source, tako da su se stvorile ogromne zajednice nezavisnih developera koji razvijaju aplikacije i dalje unapređuju funkcionalnost već postojećih.

Ovaj operativni sistem je takođe i najrasprostranjeniji mobilni operativni sistem, i od prošle godine i najprodavaniji. Android uređaji se prodaju više nego Windows, iOS i Mac OS X uređaji zajedno. Većina ovih podataka je pronađena kao rezultat istraživanja vršenog u prethodnih 5 godina [4].

U vreme pisanja ovog diplomskog rada, postoji preko 3.3 miliona aplikacija na Google Play prodavnici i preko 65 milijardi jedinstvenih download-a aplikacija na razne uređaje širom sveta. Preko 72% programera na svetu razvija aplikacije za Android.

U drugom i trećem kvartalu 2017. Android je imao preko 81% udela na svetskom tržištu pametnih telefona, sa preko 2 milijarde aktivnih uređaja.

5.2 Uvod u Android aplikaciju

Kao primer primene QR kodova na Android platformi uzećemo aplikaciju koja sa TV ekrana iščitava kod koji je povezan sa trenutnim programom (serija, film, reklama ili najava za neku emisiju), omogućava korisniku pregled informacija, i na osnovu informacija dobijenih iz koda poziva se online servis koji vraća podatke o programu koji se prikazuju u aplikaciji i korisniku se daje opcija da sačuva podsetnik za taj televizijski sadržaj.

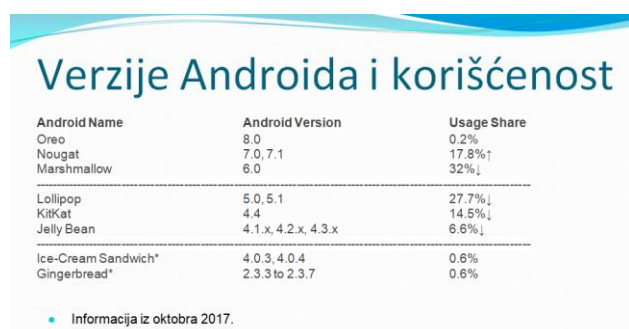
Cilj ovog rada je upravo i bio da se unapredi takva već postojeća Android aplikacija, koja je idejno započeta još 2014. godine [3]. Naime, tada je realizovan diplomski rad sa ciljem da se napravi kompletno rešenje za kreiranje i čitanje QR kodova na specifičan način.

Postojale su tzv. serverska i klijentska aplikacija. Serverska je pravljen za desktop računare i radena je u Javi i Swing biblioteci. Njena funkcija je bila da se pomoću korisnikovih unosa napravi QR kod koji bi sadržao te informacije.

Klijentski deo je bila Android aplikacija koja je mogla da učita taj QR kod i da pomoću informacija iz njega napravi Google kalendar događaj, koji bi korisnika podsećao na to kada dođe vreme.

Početkom septembra 2017. godine započet je rad na kompletnom unapređenju postojeće Android aplikacije, koja je imala dva problema.

Naime već pune tri godine aplikacija nije bila u mogućnosti da barata sa običnim QR kodovima, već samo sa posebno napravljenim u tu svrhu. Dok je problem broj dva bio zastarelo softversko rešenje koje je podržavalo samo 48.8% trenutnih Android mobilnih uređaja i njihove operativne sisteme: Lollipop, KitKat i Jelly Bean.



Slika 5. Verzije Androida i korišćenost

Drugi problem je bio taj što je pređašnja aplikacija podržavala nivoe Android API-ja 15 do 21, dok je najnoviji API nivo sada već 26.

5.3 ZXing

Za samo skeniranje QR kodova aplikacija koristi samostalno rešenje koje se integriše sa aplikacijom – biblioteku ZXing. ZXing ("zebra crossing") je open-source biblioteka za obradu slika sa podrškom za više formata implementirana u Java-i, sa portovima na druge jezike.

5.4 Activities

Osnovna jedinica pri izgradnji Android aplikacije jeste Activity klasa. Svaka klasa u aplikaciji koja nasleđuje Activity klasu predstavlja jedan prozor aplikacije. Za sve interakcije korisnika sa aplikacijom postoje odgovarajuće funkcije nasleđene od Activity klase koje se pozivaju da bi se obradilo i promenilo stanje u kojem se trenutni prozor, tj. Activity, nalazi, a poziva ih sam operativni sistem. Skup ovih funkcija se naziva *Activity life cycle* ili životni ciklus.

5.5 Rezultat

QRTV Reminder Android aplikacija je sada potpuno funkcionalna na 98.8% svih Android uređaja (slika 5. – sve verzije Androida osim poslednje dve), i sposobna da se uhvati u koštac sa svim zahtevima koje današnji korisnik bude zahtevao od nje.

Napravljen je ogroman posao modernizacije izvornog koda, korišćenih biblioteka i proširenja postojećih funkcionalnosti na očitavanje svih vrsta QR kodova.

6. ZAKLJUČAK

QR kod danas ima široku primenu u svakodnevnim aktivnostima. Njegov nastanak omogućio je skladištenje veće količine podataka, što je uz posredstvo mobilnih uređaja dovelo do veze između fizičkog i digitalnog sveta na nesvakidašnji način.

U radu je izvršena analiza osnovnih karakteristika QR koda kao posrednika između različitih medija. Opisana je i Android aplikacija razvijana u tu svrhu.

Nakon čitanja ovog rada, čitalac bi trebao da ima osnovni pregled o pravljenju Android aplikacija, o predstavljenom problemu i implementiranom rešenju kroz inovativno korišćenje tehnologija mobilnih i TV sistema.

7. LITERATURA

[1] <http://www.qrcode.com> DENSO WAVE INCORPORATED

[2] A Review on 1D & 2D Barcode with QR Code Basic, Structure and Characteristics, Rathod Rinkalkumar M, PG Student, E.C Dept., Parul Institute of Engg. & Tech., Vadodara, Gujarat, India.

[3] Đekić, D. (2014), „Analiza postupka razvoja i implementacije Android aplikacija”, diplomski rad, FTN, Novi Sad

[4] Đekić, D. (2012), „Android i ASR&TTS“ semestralni rad, FTN, Novi Sad

[5] <https://scanova.io/blog/blog/2015/08/08/visitor-experience-museums-qr-codes>

[6] <https://qrcode.trustthisproduct.com/what-is-a-qr-code-sr.html>

Svim stranicama pristupljeno je u septembru 2017.

Kratka biografija:



Dejan Đekić rođen je u Zagrebu 1985. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Obrada signala odbranio je 2017.god.



Teljen Trpovski rođen je u Rijeci 1957. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1998. god. Oblast interesovanja su telekomunikacije i obrada signala.

RELEJNA ZAŠTITA U MIKRO MREŽAMA RELAY PROTECTION IN MICROGRIDS

Ivan Lazar-Stančić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Ovaj rad posvećen je istraživanju uticaja distributivnih generatora na relejnu zaštitu u mikro mrežama. Prikazan je uticaj ovih generatora na koordinaciju relejne zaštite, povećanje struja kratkog spoja, smanjena doseg distantne zaštite, kao i problema u ostrvskom radu. Napravljen je predlog zaštita za jednu mikromrežu.

Abstract – This paper is dedicated to explore the impact of distributed generators on relay protection in microgrids. It is presented influence at coordination of relay protection, the increase of short-circuit current, reduced the scope of distance protection as well as problems in island mode. One proposal for protection of microgrid is given.

Ključne reči: mikro mreža, distributivni generatori, upravljanje mikro mrežama, relejna zaštita u mikro mrežama.

1. UVOD

Potražnja za električnom energijom raste iz dana u dan, dok se rezerve konvencionalnih fosilnih goriva smanjuju. Dva osnovna problema kod neobnovljivih izvora energije su ti što ih ima u ograničenim količinama i što zagađuju okolinu. Sagorevanjem fosilnih goriva oslobađa se velika količina CO₂ koji doprinosi povećavanju efekta staklene bašte. Nuklearna goriva nisu opasna za atmosferu, ali nuklearni otpad ostaje radioaktivan duži niz godina i mora biti skladišten u objektima specijalne namene.

Zbog nedostatka neobnovljivih izvora el. energije, kao i zbog očuvanja životne sredine, u narednom periodu obnovljivi izvori će imati sve veći značaj. U [1] je pokazano da porast upotrebe obnovljivih izvora energije u prethodnih nekoliko godina iznosi u proseku 10% na godišnjem nivou.

Uvođenjem novih tehnologija distributivne mreže postaju pametne mreže (eng. smart grid). Dakle, sve veći prodor obnovljivih izvora na globalnoj energetskej karti je neminovan, što za sobom povlači brojne probleme vezane uz integraciju tih izvora u energetske sisteme. Trend je takav da se obnovljivi izvori energije povezuju u manje elektroenergetske sisteme, tj. mikro mreže (eng. microgrid). Termin mikro mreže u literaturi najčešće se pronalazi u kontekstu distributivne proizvodnje električne energije. Pod terminom mikro mreže se podrazumeva skup potrošača, proizvodnih jedinica i elemenata za čuvanje energije koji su međusobno povezani u lokalnoj mreži.

NAPOMENA:

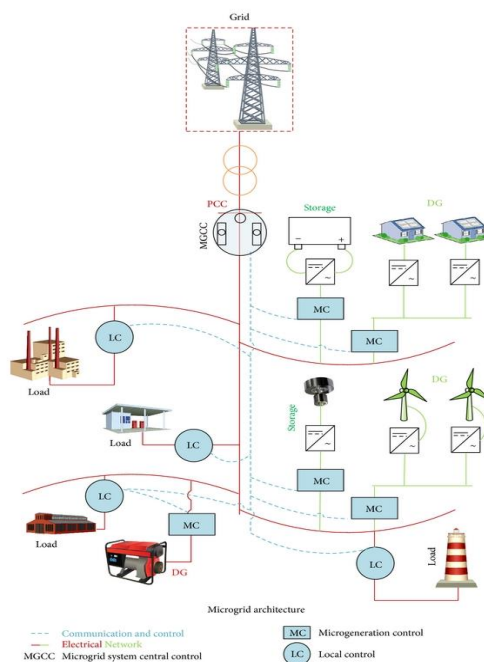
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Duško Bekut, red.prof.

U drugoj glavi je detaljno opisana struktura mikro mreže. Dat je uvid u oba režima rada kao i primer mikro mreže koja je povezana na distributivnu mrežu. Treća glava je posvećena istraživanju uticaja distributivnih generatora na relejnu zaštitu mikro mreže. U četvrtoj glavi je dat i predlog zaštita jedne mikromreže. Zaključak i pregled korišćene literature su u poslednje dve glave.

2. MIKRO MREŽA – AKTIVNA DISTRIBUTIVNA MREŽA

Proizvodnja električne energije neposredno uz potrošače za rezultat daje, poboljšan kvalitet el. energije, niže gubitke u mreži, veću sigurnost i veću pouzdanost.

Na slici 1 prikazan je primer arhitekture mikro mreže koja se sastoji od nekoliko fidera: dva sa samo potrošačima, jedan sa proizvodnim jedinicama i skladištem električne energije, kao i dva mešovita – na koji su priključene proizvodne jedinice i potrošači.



Slika 1. Tipičan primer strukture mikro mreže

Mikro mreža je preko spojnog prekidača (PCC) povezana na javnu distributivnu mrežu. Proizvodne jedinice su povezane na mrežu uglavnom preko uređaja energetske elektronike (invertora) ili direktno (sinhroni generator), u zavisnosti od prirode proizvodne jedinice. Mikro mreža poseduje upravljački sistem, koji se sastoji od centralnog kontrolera mikro mreže (Microgrid Control Center – MGCC), koji je povezan sa kontrolerima distribuiranih generatora (Microsource Controller – MC), te potrošačkim kontrolerima (Load Controller – LC). Svaki distribuirani

generator te skladište električne energije na mrežu se priključuje obavezno preko MC kontrolera, dok potrošači mogu ali ne moraju da budu priključeni preko LC kontrolera. Svi LC i MC kontroleri razmenjuju informacije preko centralnog kontrolera mikro mreže te SCADA sistema [2].

Za mikro mreže karakteristična su dva režima, mrežno-vezani (eng. *grid-connected*) i ostrvski (eng. *isolated* ili *islanded operation*) režim rada. U slučaju mrežno-vezanog režima rada mikro mreža je preko tačke priključka povezana sa glavnom distributivnom mrežom (DM). Kada proizvodnja mikro mreže premašuje potrošnju, el. energija se prodaje. Ako u mikro mreži nedostaje el. energije, a nije moguće povećati proizvodnju, manjak je moguće nadoknaditi iz glavne DM. U ostrvskom režimu rada mikro mreža nije spojena sa glavnom DM. Za ovaj režim je bitno dobro projektovati maksimalne proizvodne kapacitete, ali i sistem za skladištenje energije iz kojeg bi se obezbedila energija u vremenu kada distributivni izvori nisu u mogućnosti da potpuno zadovolje zahteve potrošača. Ovo je izuzetno bitno u mikro mrežama gde dominiraju obnovljivi izvori energije.

3. UTICAJ DISTRIBUTIVNIH GENERATORA NA RAD RELEJNE ZAŠTITE MIKRO MREŽE

Snaga kvara značajno se razlikuje u slučaju kada mikro mreža radi u ostrvskom režimu i kada je u mrežno vezanom režimu. Kvarovi u mikro mrežama izazivaju visoke struje kvara, smanjuju domet prekostrujnih releja, ostrvski rad, isključenje generatora, curenje struje u zemlju, monofazni rad i gubitak stabilnosti. U zavisnosti od lokacije kvara javljaju se problemi kao što su dvosmerni tokovi snage i promena naponskog nivoa. Izlazi distributivnih generatora, kao npr. sinhronih generatora i generatora koji su na mikro mrežu priključeni preko uređaja energetske elektronike, su nepredvidivi u slučaju kvarova. Ključni problemi koji se mogu pojaviti priključenjem distributivnih izvora su:

- promena vrednosti struje kvara,
- smanjenje dosega distantnih releja,
- povratni tok snage,
- ostrvski rad,
- rad sa jednom fazom,
- selektivnost zaštite i
- sposobnost razlikovanja uređaja.

U sledećem delu ovog poglavlja su ukratko opisani problemi koji se javljaju u mikro mrežama.

3.1 Promena vrednosti struje kvara

Doprinos jednog malog distributivnog generatora ukupnoj struji kvara nije veliki u slučaju kad mikro mreža radi u mrežno vezanom režimu rada. Međutim, skup više malih jedinica može značajno uticati na povećanje struje kratkog spoja. Kada se za distributivne generatore najviše koriste sinhroni generatori menja se postojeći nivo struje kvara, jer sinhroni generatori daju značajan doprinos struji kvara.

Priključenje distributivnih izvora preko uređaja energetske elektronike u većini slučajeva ograničava struju koju taj izvor može da preda u mrežu na koju je priključen. Trenutna prekostrujna zaštita podešava se na vrednost

struje koja je znatno veća od nominalne struje. Za normalan rad trenutne prekostrujne zaštite potrebna je struja koja je nekoliko puta veća struja kvara od nominalne struje. Ako u mikro mreži postoje distributivni generatori koji su priključeni preko uređaja energetske elektronike, u slučaju kvara izostaće struje velikih intenziteta i prekostrujna zaštita neće očistiti kvar. Iako je struja kvara neznatno veća od nominalne, mogu se pojaviti visoki naponi. Kvarovi koji ostaju u mreži mogu dovesti do habanja opreme koja nije dimenzionisana za takve struje.

3.2 Smanjenje dosega distantnog releja

Distantni releji impedansu kvara dobiju kao količnik izmerenog napona kvara i izmerene struje kvara. Doseg distantnog releja zavisi od razdaljine između distantnog releja i kvara. Priključak distributivnog generatora dovodi do prividnog "udaljavanja" kvara sa njegovog stvarnog mesta. Uzrok ovog problema je najčešće injektiranje struje na čvoru, koji se nalazi na putanji između releja i mesta kvara. Prividno udaljavanje kvara može da dovede do bespotrebnog vremenskog zadržavanja, jer je kvar prividno u sekundarnoj zoni štice. Odloženo čišćenje kvara može dovesti do oštećenja opreme. Ovo je primer lošeg delovanja distantne zaštite ili nekada nedelovanja zaštite uopšte.

3.3 Povratni tok snage

Osnovni izazov zaštite mikro mreža predstavlja činjenica da tokovi snage u svakom fideru mikro mreže mogu da se odvijaju u oba smera. Mikro mreže su dizajnirane tako se distributivni izvori nalaze sa obe strane u odnosu na potrošače. Zbog toga snaga može da teče u oba smera kod svakog fidera jedne mikro mreže. Proizvodnja distributivnog generatora može biti manja od potrošnje koja se nalazi od mesta priključka distributivnog generatora prema kraju fidera.

U ovom slučaju, distributivni generator smanjuje tok snage između napojne stanice i mesta priključenja distributivnog generatora. Međutim, proizvodnja distributivnog generatora može biti i veća od potrošnje koja se nalazi od mesta priključka DG prema kraju fidera. U ovom slučaju, dolazi do situacije da deo snage ima smer ka napojnoj transformatorskoj stanici. Tok snage se takođe menja u zavisnosti od proizvodnje mikro mreže, gde postoje dva slučaja:

- Proizvodnja mikro mreže je manja od potrošnje mikro mreže. U ovom slučaju, tok snage je iz distributivne mreže ka mikro mreži.
- Proizvodnja mikro mreže je veća od potrošnje mikro mreže. U ovom slučaju, mikro mreža višak snage isporučuje distributivnoj mreži.

3.4 Ostrvski rad

Distributivni generatori prave probleme i u slučaju da deo distributivne mreže zajedno sa distributivnim generatorom ostane u ostrvskom režimu rada. Ovo se najčešće dešava pri čišćenju kvarova iz mreže. Ukoliko generator nastavi da proizvodi električnu energiju i nakon prelaska u ostrvski režim, kvar se i dalje napaja iz distributivnog generatora.

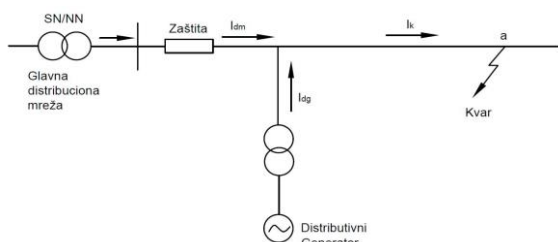
Ukoliko nije obezbeđena kontrola napona doći će do neočekivanog porasta naponskog nivoa, u ovom slučaju, ostrvskog režima rada.

3.5 Rad sa jednom fazom

Neki od distributivnih izvora, kao npr. solarni paneli, predaju u mrežu monofaznu snagu. Ovo itekako utiče na ravnotežu trofazne struje, usled čega se javlja kao posledica struja u neutralnom provodniku i tok nepredviđenih struja u zemlju. Ovu struju je potrebno ograničiti kako ne bi došlo do preopterećenja [3, 4].

3.6 Promena osetljivosti releja

Za zaštitu se kaže da je selektivna ukoliko se sekcija sa kvarom izoluje pomoću najbližeg releja. Da bi se obezbedio pravilan rad zaštite, bitno je da u slučaju kvara kroz relej teku odgovarajuće vrednosti struje. Slika 2 prikazuje deo mikro mreže sa jednim distributivnim generatorom koji pokriva deo ukupne potrošnje.



Slika 2. Primer uticaja distributivnog sinhronog generatora na struju kvara

Doprinos struji kvara koju daje distributivni generator može dovesti do toga da struja I_{dm} bude smanjena u značajnoj meri. Ovo može dovesti do toga da vrednost struje I_{dm} bude manja od vrednosti struje podešenja releja. Zbog toga, u nekim situacijama, relej neće detektovati kvar i kvar neće biti očišćen iz mreže. Priključenjem distributivnog generatora promenjena je osetljivost releja i on nije u stanju da identifikuje kvar. Mesto kvara će tada i dalje biti napajano, što može dovesti do oštećenja opreme.

Smanjenje struje I_{dm} koju meri relej zavisi od odnosa snage distributivnog generatora i mreže. Pored toga, udeo u struji kvara koji dolazi od distributivnog generatora zavisi od tipa generatora.

Ako je generator priključen preko uređaja energetske elektronike, on ne može značajno uticati na struju kvara. Mnogo veća verovatnoća da se desi zaslepljenje relejne zaštite je u slučaju da su distributivni generatori sinhroni mašine. U tim slučajevima, doprinos ukupnoj struji kvara može biti 4 do 5 puta veći od nominalne struje.

4. PREDLOŽENA REŠENJA ZA RELEJNU ZAŠTITU MIKRO MREŽA

Ovde će biti prikazano nekoliko predloženih rešenja za relejnu zaštitu mikro mreža, pomoću kojih bi se mogli otkloniti neki od problema koji nastaju prilikom implementacije tradicionalne relejne zaštite na mikro mreže.

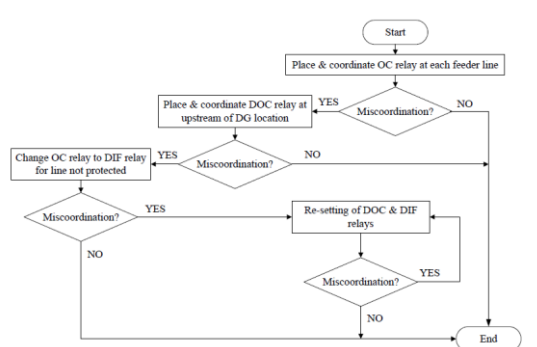
4.1 Korišćenje neusmerene prekostrujne zaštite, usmerene prekostrujne zaštite i diferencijalne zaštite

Referenca predlaže da se koriste neusmerena prekostrujna zaštita, usmerena prekostrujna zaštita i diferencijalna zaštita.

Za ovaj metod zaštite se može odlučiti iz dva razloga:

1. da bi se postigla selektivnost zaštite – treba da odreaguje relej koji je najbliži mestu kvara, i da pri tom izoluje najmanji mogući deo elektroenergetskog sistema;
2. ovakvi uređaji su se često već nalazili u distributivnoj mreži dok je ista bila pasivna (tj. pre izgradnje distribuiranih generatora i nastanka mikro mreže), osim eventualno diferencijalne zaštite; eliminiše visoke troškove investicije u mikroprocesorsku zaštitu. Ovaj metod predstavlja dopunu standardne zaštite za pasivne distributivne mreže, koja je već postojala u odnosnoj mreži pre stvaranja mikro mreže i zahteva manje troškove nego zamena kompletne zaštite mikroprocesorskom.

Način projektovanja ovakve relejne zaštite prikazan je ilustrovano dijagramom na slici 3.



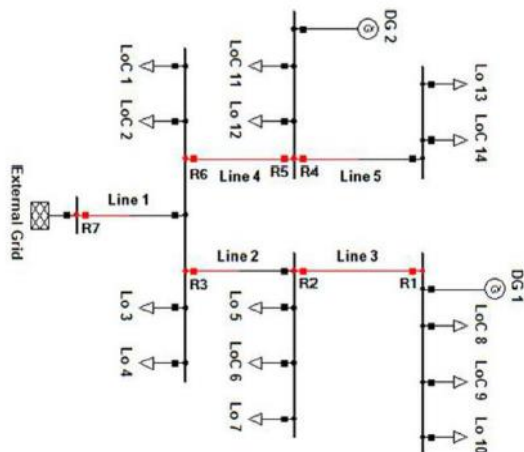
Slika 3. Način projektovanja relejne zaštite

Najpre se pretpostavi da je mreža radijalna i pasivna, kao i da se štiti prekostrujnim relejima sa inverznom karakteristikom. Naprotiv, tokovi snaga su sada dvosmerni i smanjuju moć prekostrujne zaštite. Prilikom kvara na vodu, odgovarajući prekostrujni relej će odreagovati. Međutim, komponenta struje kvara koja potiče od DG će i dalje postojati, distribuirani generator će i dalje napajati mesto kvara s druge strane, iz čega se daje zaključiti da prekostrujni releji nisu dovoljni za zaštitu mikro mreže. Zbog toga se pristupa uvođenju usmerene prekostrujne zaštite. Usmerena prekostrujna zaštita se stavlja na kraj voda koji napaja sabirnice na kojima je priključen distribuirani generator. Primer relejne zaštite dat je na slici 4. Na slici su sa R2, R3, R4, R6 i R7 označeni neusmereni prekostrujni releji, dok su sa R1 i R5 označeni usmereni releji. Uloga usmerenih releja je da isključe napajanje mesta kvara sa strane distribuiranih generatora.

Nakon što su instalisani neusmereni i usmereni prekostrujni releji, vrši se podešavanje istih. Podešavanje se najpre vrši za mrežno-vezani režim DG simulacijom različitih kratkih spojeva na različitim lokacijama. Kada se ovo podešavanje obavi, vrši se ispitivanje istog za slučaj ostrvskog rada DG. Ako se desi miskoordinacija, vrši se prepodešavanje usmerenih releja.

Mana ove kombinacije relejne zaštite je ta što ne izoluje uvek najmanju moguću oblast napajanja. U primeru sa slike 4, ako se desi kvar na vodu 2, odreagovaće releji R3 (koji se nalazi na početku voda 2) i R1 (koji se nalazi na početku voda 3). Time će biti izolovana velika oblast, koja obuhvata i potrošače koji su priključeni na sabirnice kod DG1 (koji su označeni kao „kritični“). Ovaj se

problem može rešiti upotrebom diferencijalne zaštite. Diferencijalna zaštita reaguje samo na kvarove duž voda na kojem je postavljena. U konkretnom primeru se umesto prekostrujnog releja R3 ugradi diferencijalni relej, sa strujnim mernim transformatorima na početku i na kraju voda 2. Diferencijalni relej poredi struju na početku i na kraju voda, koja se meri pomoću strujnih mernih transformatora, i u slučaju da se izmerene vrednosti ovih struja razlikuju, znak je da je na vodu kvar. U tom slučaju relej reaguje tako što šalje signale prekidačima koji se nalaze na obe strane voda, koji isključuju vod sa kvarom.



Slika 4. Posmatrani primer mikro mreže

Diferencijalni releji ne zahtevaju međusobnu koordinaciju, jer svaki ima specifičan zadatak na pripadajućem vodu. Takođe, režim rada mikro mreže (mrežno-vezani ili ostrvski) ne utiče na rad ovih releja.

U primeru sa slike 4 nakon sprovođenja algoritma sa slike 3, dobijeni su sledeći rezultati, prikazani u tabeli 1.

Tabela 1. Vrste upotrebljenih releja za zaštitu mikro mreže po fazama analize

F	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
F1	-	P	P	P	-	P	P
F2	UP	P	D	UP	UP	P	P
F3	UP	P	D	P	UP	D	D

P – Prekostrujni

D – Diferencijalni

UP – Usmereni prekostrujni

4.2 Korišćenje diferencijalne zaštite kao primarne, a prekostrujne i podnaponske kao sekundarne

U nastavku je izložen sledeći koncept korišćenja primarne i sekundarne zaštite:

1. primarna zaštita – diferencijalna zaštita za svaki vod,
2. sekundarna zaštita – prekostrujna i podnaponska zaštita.

Ovakva primarna zaštita je izabrana kako bi se bilo kakvo nenormalno pogonsko stanje moglo detektovati i pri tome izolovati najmanju moguću oblast pogođenu tim stanjem. Ova zaštita funkcioniše kada je mikro mreža bilo u mrežno-vezanom, bilo u ostrvskom režimu. Takođe je podesna kako za radijalnu, tako i za upetljanu konfiguraciju mreže. Zaštita deluje prilikom kvara samo na vodu na kome je postavljena, a ne i prilikom kvara na drugim elementima mreže. Diferencijalna zaštita nije

osetljiva na dvosmerne tokove snage, promenu nivoa struja kvara, niti na broj priključenih distribuiranih generatora.

U predloženoj sistemu zaštite, svaki vod je opremljen sa dva releja: jednim na početku i jednim na kraju voda. Svaki relej ima pet elemenata: po jedan za svaku fazu (a, b, c), jedan za inverznu i jedan za nultu komponentu struje. Fazni elementi služe za brzu detekciju kvara sa visokim strujama. Elementi za inverznu i nultu komponentu služe kako bi se detektovali dozemni nesimetrični kratki spojevi. Brzina delovanja omogućena je tačnošću diferencijalne struje.

Osim diferencijalne zaštite kao primarne, predviđena je upotreba sekundarne zaštite u slučaju prekida komunikacionih kanala. Sekundarna zaštita se sastoji iz prekostrujne i podnaponske. Ako bi se koristila samo prekostrujna zaštita, u slučaju ostrvskog rada struje kvara ne bi bile dovoljne jačine da bi pobudile releje. Pošto bi napon u sistemu znatno pao zbog ograničavanja struja kvara od strane uređaja energetske elektronike pri distribuiranim generatorima, taj pad napona bi se u tom slučaju mogao iskoristiti za detekciju kvara.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu razmtrana su pitanja u vezi upravljanja mikro mrežama, kao i pitanje relejne zaštite u mikro mrežama. Ukazano je na probleme koji nastupaju kada se na mikro mrežu priključe generatori. Povećanjem broja DG u mikro mreži i njihovog uдела u napajanju potrošača menja se karakter mreže, te se narušava njena stabilnost pri kvarovima. U radu je su predložena rešenja za relejnu zaštitu mikromreža. Ovim ulaganjem u relejnu zaštitu i konfiguraciju mreže, moguće je postići značajno poboljšanje kvaliteta napajanja potrošača.

6. LITERATURA

- [1] N. Jenkins, R. Allan, P. Crossley, D. Kirschen, and G. Strbac. "Embedded Generation". The Institution of Electrical Engineers, UK, 2000.
- [2] Y. Zoka, H. Sasaki, N. Yorino, K. Kawahara, and C.C. Liu. "An interaction problem of distributed generators installed in a microgrid", Proceedings of IEEE on Electric Utility Deregulation, Restructuring and Power Technologies Conference, Volume 2, strana 795 – 799, Hong Kong, April 2004.
- [3] Thomas Penick, Bill Louk, "Photovoltaic Power Generation", Decembar 4, 1998.
- [4] A.J. Duffie, "Solar Engineering of Thermal Processes", John and Sons, 2006.

Kratka biografija:



Ivan Lazar-Stančić rođen je u Somboru 1987. godine. Diplomski rad je odbranio na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu 2011. godine, kao i diplomski-master rad 2017. godine iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetski sistemi.

AKVIZICIJA PODATAKA U SCADA SISTEMU UPOTREBOM DNP3 PROTOKOLA

DATA ACQUISITION IN SCADA SYSTEM USING DNP3 PROTOCOL

Nikola Petrović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu je predstavljeno jedno rešenje programske podrške za akviziciju podataka u SCADA sistemu upotrebom DNP3 protokola. Opisane su teorijske osnove SCADA sistema, komunikacionih i industrijskih protokola, samog DNP3 protokola, kao i koncept predloženog rešenja.

Abstract – This paper presents a software solution for data acquisition in SCADA system using DNP3 protocol. Theoretical concepts of SCADA system, the DNP3 protocol and the solution concept, are described.

Ključne reči: SCADA, RTU, DNP3

1. UVOD

Konstantnim razvojem računarskih tehnologija, dostignuta je mogućnost obrađivanja velikog broja podataka u kratkom vremenskom periodu, čime je omogućena primena tih tehnologija u raznim industrijskim sistemima (elektroenergetski, gasni, sistemi za upravljanje vodom itd.). Jedna od primena podrazumeva komunikaciju između uređaja računarskog sistema koji upravlja industrijskim sistemom. Takav računarski sistem se naziva SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) sistem.

Ideja ovog rada je predlog rešenja za podršku komunikacije u SCADA sistemu upotrebom DNP3 protokola. U ovom radu, naglasak je stavljen na akviziciju podataka od uređaja na terenu. Opisane su teorijske osnove SCADA sistema, samog DNP3 protokola, kao i koncept predloženog rešenja i korišćene tehnologije pri implementaciji istog.

2. OSNOVE SCADA SISTEMA I INDUSTRIJSKIH PROTOKOLA

SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) sistemi predstavljaju akviziciono upravljačke sisteme čiji je glavni cilj obezbeđivanje efikasnog nadzora i upravljanja nad proizvodnim fizičkim procesima korišćenjem softverskih i hardverskih komponenti. Komponente od kojih se sastoji jedan SCADA sistem su:

- Udaljene jedinice – RTU (*Remote Terminal Unit*) ili PLC (*Programmable Logic Controller*)
- Glavna nadzorna jedinica - MTU (*Master Terminal Unit*)
- Sprega korisnik-računar - HMI (*Human-Machine Interface*)
- Komunikaciona infrastruktura

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Vladimir Pavlica, docent.

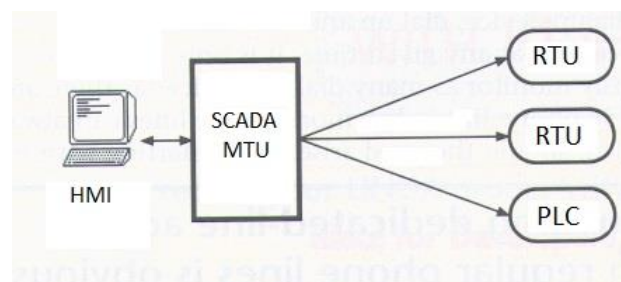
RTU su računarski uređaji namenjeni za rad u industrijskim uslovima. Njihov zadatak jeste da prikupljaju informacije (signale) sa raznih senzora, pretvaraju te signale u digitalne podatke i šalju podatke u nadzornu jedinicu.

PLC za razliku od RTU jedinica realizuju složene upravljačke procedure, preuzimajući značajan deo ukupne aplikativne programske podrške SCADA sistema. Iz tog razloga su ekonomičniji, fleksibilniji i konfigurabilniji od RTU jedinica.

MTU je računarski uređaj sa odgovarajućom programskom podrškom i operativnim sistemom. Njegov zadatak je da prikuplja podatke o procesu (akvizicija) i šalje komande ka datom procesu.

Komunikaciona infrastruktura predstavlja deo koji povezuje nadzornu jedinicu sa udaljenim jedinicama na terenu [1].

Na slici 2.1 su prikazane komponente SCADA sistema i način na koji su povezane.



Slika 2.1 – Komponente SCADA sistema

SCADA softver je implementiran u svrhu nadzora, održavanja, grafičkog prikaza toka podataka, generisanja alarma ali i upravljanja čitavim SCADA sistemom. Pouzdana komunikacija sa udaljenim uređajima na terenu je od velikog značaja za SCADA sisteme, što prvi SCADA softveri nisu podržavali.

Zbog toga su takvi sistemi obično zahtevali posebne hardverske uređaje zvane FEP (*Front End Processor*). Uvođenje FEP-a je rešilo probleme sa komunikacijom, ali i proizvelo neke druge poteškoće, zbog čega se u savremenim SCADA sistemima njihova funkcionalnost realizuje unutar samog SCADA softvera, u obliku driver-a.

Driver je softverska komponenta namenjena za komunikaciju sa RTU i PLC uređajima po određenom protokolu.

SCADA softver može da sadrži nekoliko ovakvih driver-a čime bi se omogućila komunikacija pomoću više različitih komunikacionih protokola.

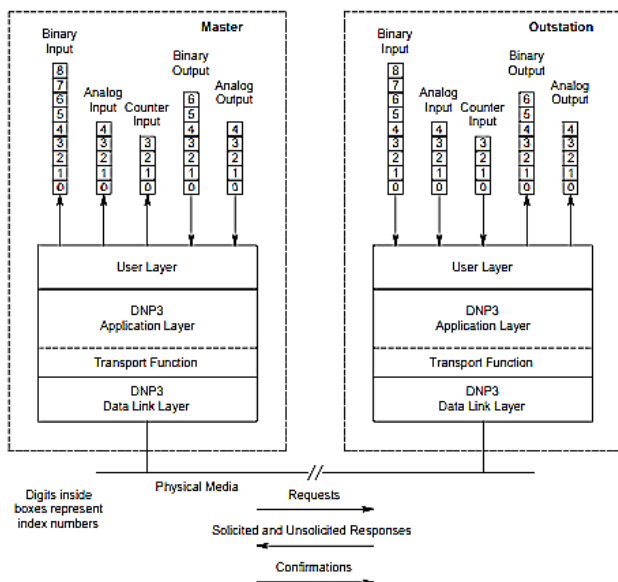
3. DNP3 PROTOKOL

DNP3 (*Distributed Network Protocol*) predstavlja skup komunikacionih protokola koji se koriste između komponenti u sistemima sa automatizovanim procesima. Najčešće se koristi u električnim sistemima i sistemima za upravljanje vodom, dok se u drugim industrijama retko pojavljuje. Ima presudnu ulogu u SCADA sistemima, gde se koristi za komunikaciju između glavne nadzorne jedinice i udaljenih terminalnih jedinica.

Neke od najkorisnijih osobina DNP3 protokola su: interoperabilnost između više uređaja od različitih proizvođača, optimizovan za pouzdanu i efikasnu komunikaciju u SCADA sistemima, smanjena cena softvera, manje testiranja, održavanja i obučavanja, poboljšana dokumentacija, lako proširivanje sistema, dug životni vek proizvoda, itd. [7].

3.1 Slojevitost DNP3 protokola

DNP3 protokol je baziran na troslojnom EPA modelu. Na slici 3.1 ilustrovan je master-outstation model DNP3 protokola.



Slika 3.1 Master-Outstation model DNP3 protokola

Svaki sloj u steku slojeva izvršava određeni skup funkcija koje su neophodne za komunikaciju sa istim slojem u drugom uređaju, oslanjajući se na niži sloj za obavljanje primitivnijih funkcija.

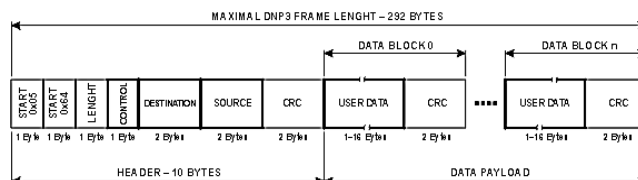
Na uređaju koji šalje podatke, svaki sloj ispod aplikacionog sloja prima podatke za prenos, od sloja iznad.

Svaki sloj uključuje dodatne informacije koje omogućavaju ekvivalentnom sloju u prijemnom uređaju da adekvatno procesira poruku. Na prijemnom uređaju, slojevi pregledaju njihove specifične informacije uključene od strane ekvivalentnog sloja iz uređaja koji šalje podatke i procesiraju poruku.

Specifične informacije se uklanjaju iz poruke i ostatak poruke se prosleđuje sledećem višem sloju [2].

3.2 Struktura DNP3 poruke

Osnovna jedinica DNP3 poruke je frejm. Definisan je kao blok fiksne dužine koji predstavlja zaglavlje praćen neobaveznim blokovima podataka (*Data Blocks*). Svaki blok ima priložen 16-bitni CRC (*Cyclic Redundancy Check*) koji služi za detekciju greške. Zaglavlje se sastoji od dva početna bajta (*Start*), jednog bajta koji predstavlja dužinu poruke (*Length*), kontrolnog bajta (*Control*), dva bajta koji predstavljaju određenu adresu (*Destination*) i dva bajta koji predstavljaju izvornu adresu (*Source*). Na slici 3.2 je prikazana struktura DNP3 frejma [4].



Slika 3.2 Struktura DNP3 frejma

3.3 Podaci u DNP3 protokolu

U kontekstu DNP3 protokola, *tačka* predstavlja jedinstveno identifikovan fizički ili logički entitet. Odnosi se na ulazne i izlazne veličine. Ulazne veličine podrazumevaju analogne i diskretne vrednosti, kao i brojače, dok izlazne veličine podrazumevaju samo analogne i diskretne vrednosti. Diskretni ulaz je primer jedne tačke, i predstavlja stanje nekog prekidača (*on/off*). DNP3 modeluje svaki tip tačaka kao nezavisan niz tačaka, tako da je svaka tačka jedinstveno određena svojim indeksom unutar niza.

Postoji pet osnovnih tipova tačaka kako unutar *master*, tako i unutar *outstation* strane (pogledati [3]).

Podaci na tački se dele na statičke vrednosti i događaje. Statička vrednost tačke predstavlja njenu trenutnu vrednost i odnosi se na poslednje izmerenu, izračunatu ili dobijenu vrednost. Događaji se odnose na nešto što se desilo na tački od bitnog značaja. Primeri nekih događaja su: promena stanja, merenje čija vrednost prelazi zadati prag, itd.

Da bi se razlikovali statički podaci od događaja, DNP3 protokol koristi koncept klasa da bi organizovao podatke u nekoliko kategorija:

- Klasa 0: statički podaci
- Klase 1, 2, 3: klasifikacija po događajima u zavisnosti od prioriteta (klasa 1 ima najviši prioritet, klasa 3 najniži).

Svaka tačka može pripadati jednoj klasi, ali takođe može i da ne pripada nijednoj [3].

4. PREDLOG REŠENJA

Ideja ovog rada je da se realizuje jedno rešenje SCADA softvera, koje bi predstavljalo *master* stranu SCADA sistema i koje bi podržavalo komunikaciju sa udaljenim uređajima preko DNP3 protokola, čime bi akvizicija podataka bila omogućena. Zamišljeno je da bude realizovano generički, čime bi se moglo, na jednostavan način, implementacijom posebnih *driver*-a, proširiti nekim drugim protokolom.

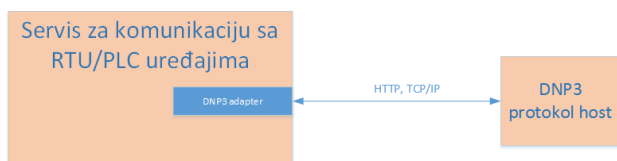
Ključna komponenta SCADA softvera jeste servis za komunikaciju sa RTU/PLC uređajima.

Njegova uloga jeste da sprovede komunikacionu liniju od uređaja do glavne stanice SCADA sistema.

Za svaki podržan protokol je potreban poseban adapter koji bi bio realizovan unutar servisa, kao i protokol host koji bi se direktno povezivao sa uređajima u polju.

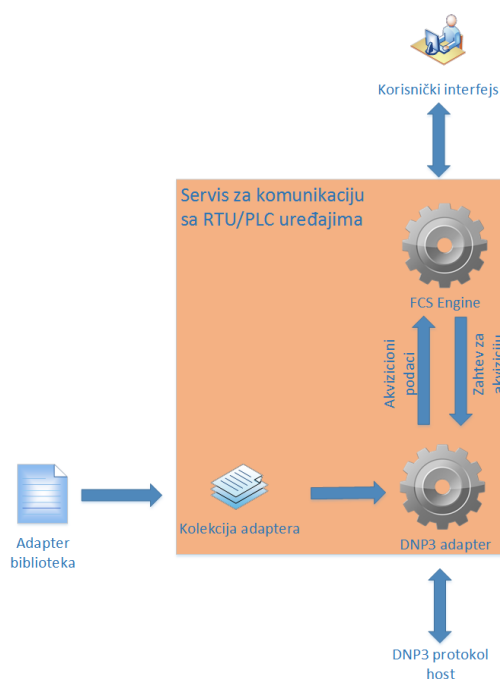
Zamišljeno je da je protokol host takođe realizovan kao poseban servis i da ova dva servisa komuniciraju putem nekog određenog protokola (HTTP, TCP/IP, itd.), što bi omogućilo podizanje ovih servisa na različitim računarima.

Na slici 4.1 prikazana je arhitektura predloženog rešenja.



Slika 4.1 Arhitektura rešenja

Na slici 4.2 je prikazana arhitektura servisa za komunikaciju koji podržava samo DNP3 protokol.



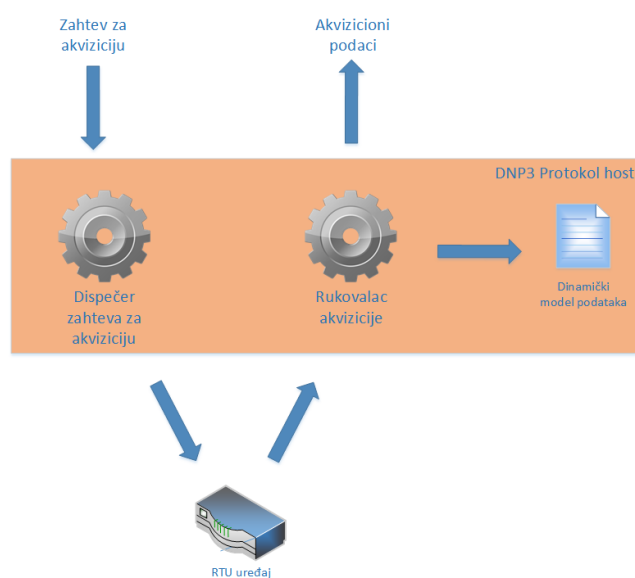
Slika 4.2 - Arhitektura servisa za komunikaciju

Na slici 4.3 prikazana je arhitektura jednog protokol hosta koji komunicira sa jednim RTU uređajem.

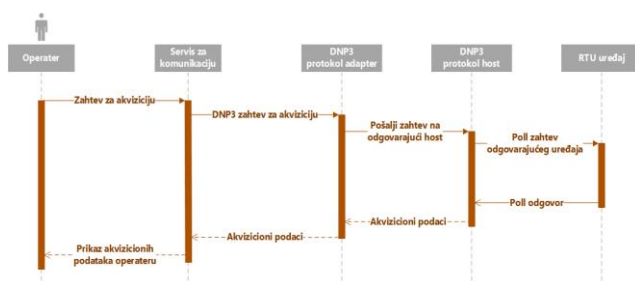
Na slikama 4.4 i 4.5 prikazani su tokovi razmene poruka između komponenti SCADA softvera prilikom zahteva za akviziciju i *unsolicited response* događaja, respektivno.

5. IMPLEMENTACIJA REŠENJA

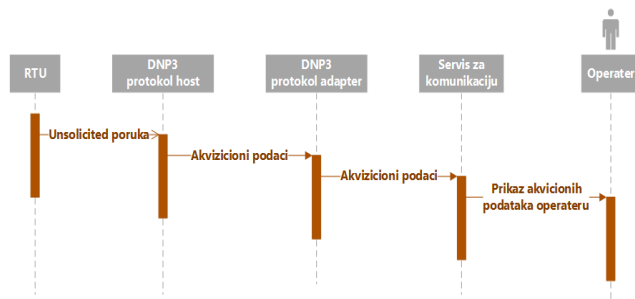
Rešenje je implementirano korišćenjem C# programskog jezika u Microsoft Visual Studio 2015 razvojnom okruženju. Framework koji je korišćen je .NET 4.6.2.



Slika 4.3 Arhitektura DNP3 protokol hosta



Slika 4.4 - Tok razmene poruka prilikom zahteva za akviziciju



Slika 4.5 - Tok razmene poruka prilikom *unsolicited response* događaja

Servis za komunikaciju sa RTU/PLC uređajima je implementiran kao konzolna aplikacija koja omogućava korisniku da zadaje zahteve za akviziciju, kao i da mu se prikazuju akvizicioni podaci. DNP3 protokol host je implementiran, takođe, kao konzolna aplikacija koja komunicira sa RTU uređajima.

Komunikacija između servisa i protokol hosta je realizovana WCF (*Windows Communication Foundation*) framework-om. Linija zadavanja zahteva za akviziciju i linija slanja akvizicionih podataka su realizovane odvojenim WCF komunikacionim kanalima, da bi sistem bio robusniji. Dinamički model podataka, koji čuva trenutna stanja konekcija uređaja, trenutne vrednosti i kvalitete tačaka, je realizovan kao poseban proces, koristeći *Redis*, *in-memory* strukturu podataka.

Redis je *open-source in-memory* struktura podataka, realizovana kao zaseban proces, koja vrši zapisivanje podataka u *key-value* formatu. Podržava razne strukture podataka poput stringova, mapa, listi i raznih drugih kolekcija [5].

Opendnp3 simulator je iskorišćen za simulaciju RTU uređaja, zbog lakšeg testiranja. To je skalabilna, testirana implementacija DNP3 protokol komunikacije, napisana u C++ programskom jeziku.

Biblioteka je dizajnirana za visoko-performantne aplikacije i za simulaciju velikog broja uređaja [6].

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu je predstavljeno programsko rešenje za akviziciju podataka u SCADA sistemu pomoću DNP3 protokola. Ideja je bila realizovati generično rešenje, radi jednostavne realizacije komunikacije sa RTU uređajima pomoću drugih protokola, ukoliko za to bude potrebe.

Trenutno je u rešenju podržano slanje zahteva za akviziciju ka RTU uređajima, kao i samoinicijativno slanje podataka od strane RTU uređaja (*unsolicited*), dok bi neki dalji razvoj podrazumevao uvođenje komandne linije, komunikaciju sa uređajima pomoću nekog drugog protokola, kao i eventualne izmene trenutnog rešenja radi boljih performansi.

7. LITERATURA

- [1] Branislav Atlagić, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, *Softver sa kritičnim odzivom*, 2015
- [2] *DNP3 Specification Volume 1*, Version 2.02, 15 December 2007
- [3] *DNP3 Specification Volume 2*, Version 2.11, 15 March 2009
- [4] *DNP3 Specification Volume 4*, Part 1, Version 2.01, 03 February 2007
- [5] <https://redis.io/>
- [6] <https://github.com/automatak/dnp3>
- [7] Gordon R. Clarke, Deon Reynders, Edwin Wright, *Practical Modern SCADA Protocols: DNP3, 60870.5 and Related Systems*, 2004

Kratka biografija:

Nikola Petrović je rođen 07.01.1994 u Novom Sadu gde je i završio Gimnaziju "Jovan Jovanović Zmaj" 2012. godine. Iste godine je upisao osnovne akademske studije Računarstva i Automatike na Fakultetu Tehničkih Nauka. 2016. godine je završio osnovne studije i upisao master akademske studije Primenjenog Softverskog Inženjerstva, na istom fakultetu. Ispunio je sve obaveze i položio je sve ispite predviđene studijskim programom.

POSTUPCI I ZNAČAJ TESTIRANJA SOFTVERA

PROCEDURES AND IMPORTANCE OF SOFTWARE TESTING

Gorica Nišić, Dejan Nemec, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj: *Testiranje softvera je važna aktivnost u razvoju softvera koja je porastom vrednosti softvera dobila još više na značaju. U radu je data teorijska osnova testiranja kao i opis realizacije kod automatskog testiranja.*

Abstract: *Software testing is an important activity in the development of software that has gained even more importance in increasing the value of the software. Theoretical basis of testing is given as well as description of realization in automated testing.*

Ključne reči: *testiranje softvera, automatsko testiranje, test slučajeve, test planovi, test inženjer.*

1. UVOD

U poslednje vreme sve je veća tendencija ulaganja u aktivnosti testiranja zbog toga što ukoliko dođe do neke greške u softveru ona prouzrokuje ogromne novčane štete jer su softveri često vredni i nekoliko miliona dolara.

Postoji mnoštvo načina na koji bi mogli definisati testiranje softvera. Jedan od tih načina jeste i da testiranje softvera predstavlja sprovođenje istrage da li sve funkcioniše kako je zamišljeno, kako bi programeri obezbedili zainteresovanim kupcima kvalitetan softver tj. softver u skladu sa njihovim zahtevima [1].

Takođe, testiranje softvera možemo definisati i kao traganje za novim informacijama i pokušaj da nađemo područja u kojima postoji neki problem [2]

Ovaj rad je koncipiran iz dva dela. Prvi deo predstavlja teorijsku osnovu teme rada, definicije, opise procesa, aktivnosti, modele, vrste testiranja i sl. U drugom delu je opisana sama realizacija automatskog testiranja kroz tabele i grafike.

Drugi deo je rađen na osnovu teorijskog znanja autorke i jednogodišnjeg iskustva stečenog na praksi u jednoj programerskoj kompaniji. Obuhvata proces realizacije automatskog testiranja, od same izrade test plana, zatim automatskog testa, preko pokretanja testova, analiziranja logova, prijave bug-ova (grešaka) i slično.

NAPOMENA:

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

2. ULOGE U TIMU ZA TESTIRANJE

Svaka softverska organizacija ima svoju klasifikaciju pozicija u test timu.

Uloge u timu za testiranje jesu [3]:

- tester,
- analitičar testova,
- inženjer testova,
- test menadžer/vođa test tima.

2.1. Tester

Tester može biti bilo koji član tima koji proverava validnost sistema odnosno da li je sistem ispravan. U praksi tester ne mora da ima neko tehničko predznanje o samoj aplikaciji ili platformi koja se testira pošto mu je fokus na biznis logici. Kod testera najvažnije osobine su snalažljivost, dobro razvijena intuicija i brzo shvatanje rada kako softvera tako i korisnika. Osnovne aktivnosti koje tester radi jesu:

- Izvršavanje testova.
- Analiza pronađenih problema.
- Izveštavanje o pronađenim problemima.
- Učestvovanje u analizi i dizajnu testova.
- Pregled i evaluacija kvaliteta i smislenosti zahteva i specifikacije softvera.

2.2. Analitičar testova

Analitičar testova bi trebalo da bude dobro upoznat sa sistemom, treba da razume zahteve koji su implementirani i može da identifikuje metode kojima će ti zahtevi biti provereni. Test analitičar ili analitičar testova bi trebalo da ima dovoljno znanja iz domena u kome radi softver kako bi ravnopravno sa analitičarima sistema i krajnjim korisnicima mogao da diskutuje o funkcionalnostima, kao i da na pravi način odredi na koji način će zahtevi biti testirani i pod kojim uslovima.

Test analitičar vrši korespondenciju između korisnika i analitičara sistema koji znaju šta su zahtevi, a takođe i između testera i test inženjera koji bi trebalo da provere da li su ti zahtevi ispravno implementirani u sistemu.

2.3. Inženjer testova

Može se reći da je uloga test inženjera slična ulozi testera uz razliku u tome što test inženjer ima više tehničkog iskustva. Test inženjer kao i tester izvršava testove

određene od strane test analitičara ali je više fokusiran na tehničke aspekte testiranja. Test inženjer mora da raspolaže velikim brojem tehničkih termina koji su vezani za platformu, okruženje, programski jezik koji se koristi i alate kako bi izvršio specifične testove koje funkcionalni tester ne izvršava. Kao što je tester dominantna uloga tj. rola u testiranju aplikativnog softvera, tako je test inženjer dominantna uloga u testiranju sistemskog softvera pošto se sve sistemske komponente testiraju uglavnom preko nekog programskog jezika.

Neka od osnovnih zaduženja test inženjera jesu:

- Implementacija skripti i programa za automatsko testiranje.
- Testiranje komponenti za koje je potrebno poznavanje tehničkih protokola komunikacije.

2.4. Test menadžer

Test menadžer, menadžer testiranja ili vođa tima je lider u test timu. Njegov osnovni zadatak jeste da kontroliše rad test tima, da mu obezbedi sve potrebne uslove za rad i da se pobrine da se primenjuje proces testiranja.

Uloga test menadžera jeste komunikacija sa ostalim timovima koji imaju veze sa sistemom koji se testira, organizacija članova test tima, nadgledanje komunikacije, definisanje generalnih ciljeva testiranja i slično. Test menadžer je često vezivno tkivo između menadžmenta i test tima.

Osnovna zaduženja test menadžera su:

- Estimacija vremena za testiranje, broja ljudi u test timu i definicija test plana.
- Obezbeđivanje resursa potrebnih za testiranje
- Nadgledanje i kontrola test aktivnosti.
- Podnošenje krajnjeg izveštaja o ispravnosti sistema koji je testiran.

Test menadžeri bi trebalo da omoguće dovoljno vremena svojim članovima tima za učenje kako da koriste automatizovane alate i okvire koji se implementiraju [4].

Test menadžer se razlikuje od drugih članova i po svojim "političkim" sposobnostima odnosno menadžerskim sposobnostima, jer često mora da vrši određene pregovore kako u okviru samog tima, tako i sa menadžmentom. Česte su nepredviđene okolnosti u toku samog projekta, tako da on mora biti spreman da reaguje i spreči zastoje samog projekta.

3. RUČNO I AUTOMATSKO TESTIRANJE

3.1. Ručno testiranje

Ručno testiranje je često osnovna metoda testiranja i predstavlja metodu kojom tester bez nekog alata prolaze kroz sistem i testiraju funkcionalnosti.

Ručno testiranje se može vršiti ili po slobodnim scenarijima korišćenja funkcionalnosti koje se testiraju ili na osnovu pripremljenih skriptova i test procedura koje se prate.

Kombinacija slobodnog testiranja i testiranja po skriptovima predstavlja istraživačko testiranje gde tester prate predefinisane test procedure ali prave male varijacije na definisane scenarije kako bi se pokrili test slučajevi koji nisu mogli biti predviđeni tokom dizajna test scenarija [5].

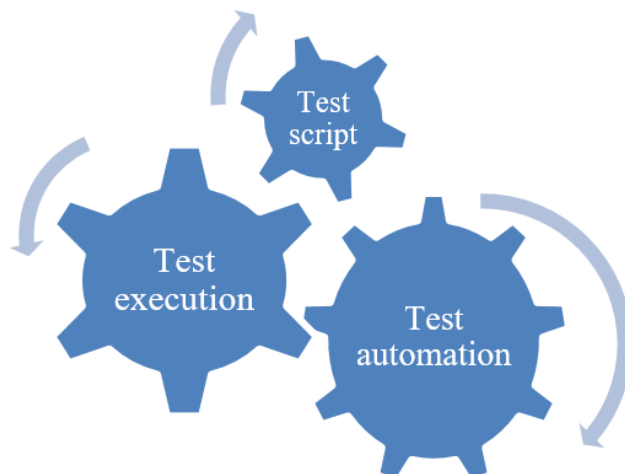
3.2. Automatsko testiranje

Automatsko testiranje predstavlja metodu kojom se test procedure automatizuju pomoću nekog skripta za izvršavanje testova. Na ovaj način, test koji se jednom isplanira i za koji se kreira skript može se pustiti bez trošenja vremena na ponavljanje koraka testa.

Dobro testirani sistemi mogu imati stotine i hiljade automatskih testova kojima se lako mogu testirati sve funkcionalnosti u projektu.

Automatsko testiranje se često kombinuje sa regresivnim testiranjem što olakšava i ubrzava izvršavanje prethodnih testova. Osnovni razlog zašto neki tim želi da automatizuje testove jeste vreme koje oduzima ručno testiranje [5].

Koncept automatskog testiranja prikazan je na slici 1.



Slika 1: Koncept automatskog testiranja [5]

3.3 Prednosti automatskog testiranja

Najveća prednost automatskog testiranja jeste vreme tj. ušteda vremena. Stoga, mogu da se razviju i dodatni test slučajevi u cilju dobijanja veće pokrivenosti samog sistema. Takođe, automatizovanjem se eliminiše opasnost od ljudske greške što podiže pouzdanost testova. Ova vrsta testiranja ne zahteva prisustvo članova tima, pa se postiže 24/7 pokrivenost odnosno noćna pokrivenost. Odnos prema ručnom testiranju je 1:31 dana [6].

3.4 Nedostaci automatskog testiranja

Automatsko testiranje je dosta skuplje od ručnog testiranja. Dosta je i komplikovanije u smislu, ko šta radi i kako. Takođe potrebno je kvalifikovano osoblje, odnosno stručno obučeni tim za testiranje, gde svako zna svoju ulogu [6].

Pored navedenih vrsti testiranja, postoje i modeli tj. načini testiranja softvera. Jedan od njih je i model vodopada, koji je detaljno opisan u samom radu [7].

4. OPIS REALIZACIJE AUTOMATSKOG TESTIRANJA

4.1. Test planovi

Kao što je već rečeno, test planovi služe za grupisanje test slučajeva kako bi se olakšalo njihovo izvršavanje. Bilo bi veoma naporno i besmisleno izvršavati test po test, naročito kad se uzme u obzir činjenica da se dosta testova konstantno izvršava u tim ciklusima, to su neki bazični testovi.

Primer kako mogu izgledati test planovi dat je u tabeli 1.

Tabela 1. Primer jednog test plana koji sadrži 5 testova

ID
TC-001
TC-002
TC-003
TC-004
TC-005

4.2. Test slučajevi

U test slučajevima opisno se daju koraci koje treba izvršiti ako bi se ručno prolazilo kroz softver i šta svaki taj korak vraća kao rezultat.

Zatim na osnovu toga kod automatskog testiranja se piše kod, odnosno prave automatski testovi. Neuspešan test je onaj slučaj koji uzrokuje da program proizvede tačan rezultat bez pronalaska greške [8]. Banalni primer test slučaja TC-google dat je u tabeli 2.

Tabela 2. Prikaz test slučaja TC-google

	KORACI	REZULTAT
1	Pokrenuti Mozilla Firefox	Mozilla Firefox je otvoren
2	Otvoriti www.google.rs	Stranica je otvorena
3	Pronaći polje google search i upisati google translate	https://translate.google.com otvoreno
4	Zatvoriti Mozilla Firefox	Mozilla Firefox je zatvoren

4.3. Izvršavanje testova

Nakon izrade test slučajeva i test planova, na red dolazi njihovo izvršavanje. Automatski testovi tj. planovi koji sadrže testove se puštaju u ciklusima.

U zavisnosti od potreba, test analitičari i test inženjeri formiraju cikluse po kojima će se puštati test planovi. Ciklusi se ponavljaju dnevno, sedmično, mesečno po potrebi.

Trajanje izvršavanja ovih planova može da traje i po 24-72 h u zavisnost od obima. Naravno, sve ove činjenice su relativne i zavisi od kompanije do kompanije i vrste njihovih projekata.

Test može da ima dva statusa: fail (neuspešan) i succeeded (prošao). Mogući statusi su prikazani u tabeli 3.

Tabela 3. Prikaz statusa izvršenih testova

ID	STATUS
TC-001	FAIL
TC-002	SUCCEEDED
TC-003	SUCCEEDED
TC-004	SUCCEEDED

4.4. Analiza log-ova

Nakon izvršenih testova, gledaju se logovi. Logovi predstavljaju izveštaj gde se vidi šta se sve dešavalo tokom testiranja korak po korak. Analiza logova nije jednostavna i služi za otkrivanje bug-a (greške) ukoliko je do nje došlo tj. ako je test neuspešan.

Analiza umnogome zavisi od kvaliteta koda od koga je sačinjen automatski test. Kvalitetnije, jasnije napisan kod doprinosi boljem izgledu logova i olakšava posao onome ko ih analizira. Za dobar kod bitno je da se pišu propratni nazivi delova koji se testiraju.

Zatim, jedna od bitnijih stvari su screenshot-ovi, odnosno slika ekrana u datom momentu. To je bitno iz razloga što pomoću njih možemo da vidimo da li je zaista neka akcija izvršena, jer dešava se da test prodje ali iz nekog razloga neka akcija nije izvršena.

To se može videti na screenshot-u. Naravno, oni moraju da budu smisleni, da se nalaze iza bitnijih delova koda, jer ne bi imalo smisla kada bi pretrpavali kod sa njima a opet ne valja ni ako ih nema gde treba. Tu treba da se postigne optimum, što je i zadatak dobrog test inženjera. Tome doprinosi njegovo znanje i iskustvo.

Na osnovu kratkog praktičnog iskustva, uzroci grešaka su bili:

- Update-ovan softver (novija verzija) a testovi zastareli
- Greška u samom softveru
- Loše napisan kod automatskog testa

4.5. Izveštaj o incidentima/Prijava bug-a

Ovo je veoma bitna stavka na kraju procesa testiranja. Tu se, nakon sagledavanja rezultata rada, ukoliko je došlo do nekih problema (bug-ova), vrši njihovo prijavljivanje u bazu defekata.

4.6. Rešavanje problema

Ovo je finalna faza procesa testiranja softvera. U njoj se prijavljeni problemi analiziraju i rešavaju od strane tima koji je označen kao odgovoran za to. Ova faza sastoji se iz dva dela:

- Vršiti se trijaža problema
- Obavlja se proces rešavanja problema

Trijaža predstavlja klasifikovanje problema da bi videli na koje se probleme (greške) treba fokusirati više. To je u stvari neka vrsta prioritizacije. Problemima dodeljujemo prioritet i kritičnost [3, 8].

Kritičnost predstavlja meru uticaja greške na sistem. Kritičnost i prioritet su različiti po pitanju aspekta gledanja. Prioritet predstavlja meru problema iz korisničke strane gledišta a kritičnost meru problema iz tehničkog ugla.

5. ZAKLJUČAK

Može se reći da je testiranje malo zapostavljena grana u softverskoj industriji. Najviše pažnje posvećuje se programiranju.

U poslednje vreme postoji tendencija podizanja uloge testiranja na viši nivo, jer se uvideo njegov ogroman uticaj na celokupan sistem.

Ranije su u testingu radili ljudi sa skromnijim tehničkim znanjem i programerskim veštinama, međutim sada taj posao obavljaju kvalitetni test inženjeri sa zavidnim tehničkim znanjem, određenim programerskim veštinama i dobro razvijenom intuicijom kao dominantnom sposobnosti.

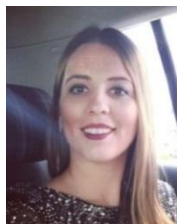
Sada se često formiraju ozbiljni test timovi, sa više kvalitetnih pojedinaca gde svako zna svoju ulogu.

6. LITERATURA

- [1] https://en.wikipedia.org/wiki/Software_testing , oktobar 2017.
- [2] Gerald M. Weinberg, "Perfect Software and other illusions about testing", Weinberg & Weinberg, 2011.
- [3] Jovan Popović, „Testiranje softvera u praksi”, CET, 2014.
- [4] Lisa Crispin, Janet Gregory, "Agile testing – A Practical Guide for Tester and Agile Teams, Pearson Education, 2008

- [5] Senad Ibraimoski, "Testiranje softvera – Manuelno vs Automatsko", Seminarski rad, Matematički fakultet Univerziteta u Beogradu, 2012.
- [6] Marko Đerić, "Značaj i uloga QA testiranja u razvoju veb aplikacija", Master rad, Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu, 2015.
- [7] <http://www.link-university.com/lekcija/Model-vodopada/2616> , oktobar 2017.
- [8] Glenford J. Myers, "The Art of Software Testing; second edition", John Wiley & Sons

Kratka biografija:



Gorica Nišić, rođena je 20.08.1992. god. u Kolašinu. Završila je gimnaziju „Ivo Andrić“ u Višegradu 2011. Diplomirala je 2015. godine na Fakultetu tehničkih nauka a iste god. upisala je master studije na departmanu za Energetiku, elektroniku i telekomunikacije.



Dejan Nemec rođen je 1972. god. Diplomirao, specijalizirao i magistrirao je na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva. Oblast interesovanja su telekomunikacije i obrada signala.

ПРОРАЧУН ТОКОВА СНАГА ПРЕНОСНИХ МРЕЖА У ФАЗНОМ ДОМЕНУ ПРИМЕНОМ ЊУТН-РАФСОНОВОГ МЕТОДА

LOAD FLOW CALCULATION OF TRANSMISSION NETWORK IN PHASE DOMAIN BASED ON NEWTON-RAPHSON METHOD

Миљана Гуњевић, Марко Обренић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област - ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

Кратак садржај – У овом раду обрађен је Њутн-Рафсонов метод за прорачун несиметричних токова снага преносних мрежа у фазном домену. Модел мреже је изведен применом методе потенцијала чворова заснованог на директној примени струјног и напонског Кирхофовог закона. На основу алгоритма за прорачун токова снага написан је рачунарски програм употребом програмског језика Фортран. Његова верификација извршена је на примеру једноставне тест мреже.

Abstract – This paper deals with unsymmetrical load flow calculations of transmission networks using Newton-Raphson's method. The network model is derived by method of nodal potential based on direct application of Kirchhoff's current and voltage laws. Based on this algorithm a computer program is also developed in Fortran programming language. Verification of calculation is done on simple test network.

Кључне речи: Преносна мрежа, Њутн-Рафсонов метод, прорачун токова снага, несиметрични токови снага, фазни домен.

1. УВОД

Прорачун токова снага је један од базичних прорачуна у електроенергетици. Основна претпоставка од које се полази у класичним прорачунима токова снага је да су сви елементи у мрежи трофазни и уравнотежени. Међутим, у пракси то није испуњено. Несиметрични режими јесу реални режими преносних мрежа и они су последица неуравнотежености потрошача (потрошачи замењени импедансама које нису једнаке у свим фазама), несиметрије потрошача (потрошачи са специфицираним снагама који нису једнаке у свим фазама) и других ефеката. Како би се за одређивање несиметричних режима у ЕЕС-у могао применити трофазни прорачун токова снага, сви елементи ЕЕС-а морају бити трофазно моделовани. Трофазни модели уносе значајну комплексност у прорачун токова снага у односу на једнофазне моделе. Обзиром да су прорачуни токова снага електроенергетских мрежа нелинеарни, три најважнија (нумеричка) метода која се примењују у прорачуну су:

- Гаусов метод,
- Гаус-Зајделов метод,
- основни Њутн-Рафсонов метод.

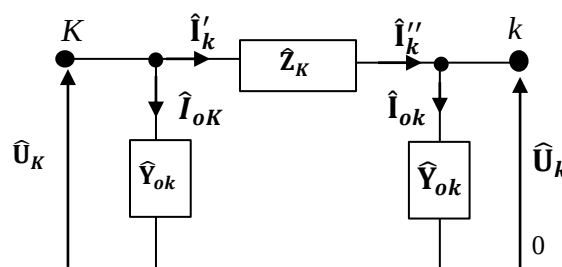
У овом раду су обрађени несиметрични токови снага преносних мрежа употребом Њутн-Рафсоновог метода у фазном домену.

2. МОДЕЛИ ЕЛЕМЕНАТА ПРЕНОСНЕ МРЕЖЕ

У овом делу обрађени су математички модели и еквивалентне шеме секција водова, трансформатора, као и трофазних уравнотежених потрошача. Математички модели су изведени у складу са методом потенцијала чворова.

2.1 Модел трофазног вода

Водови су елементи за пренос електричне енергије. Постоје две врсте водова: надземни (ваздушни) и подземни (кабловски).



Слика 1. Начелна шема трофазног вода

Математички модел вода са слике 1 гласи:

$$\hat{I}'_K = \hat{I}''_K, \quad (1)$$

$$\hat{I}_{oK} = \hat{Y}_{oK} \cdot \hat{U}_K, \quad (2)$$

$$\hat{I}_{ok} = \hat{Y}_{ok} \cdot \hat{U}_k, \quad (3)$$

$$\hat{U}_k = \hat{U}_K - \hat{Z}_K \cdot \hat{I}'_K, \quad (4)$$

при чему су коришћене следеће ознаке, у домену симетричних компоненти:

$\hat{U}_K, \hat{U}_k$ – вектори напона на почетку и крају вода, димензија 3×1 ;

$\hat{I}'_K, \hat{I}''_K$ – међусобно једнаки вектори струја на почетку и крају вода, димензија 3×1 ;

$\hat{I}_{oK}, \hat{I}_{ok}$ – вектори струја оточних параметара на почетку и крају вода, димензија 3×1 ;

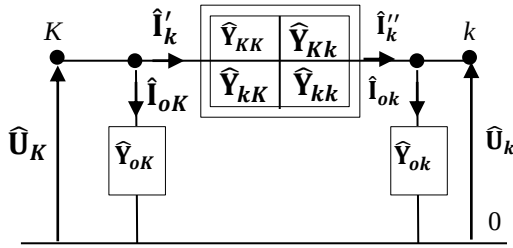
$\hat{Z}_K, \hat{Y}_{oK}$ – матрични репрезенти редних и оточних параметара вода (једнаки на оба краја вода), димензија 3×3 ; ако је вод уравнотежен, онда су те матрице дијагоналне.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био доц. др Предраг Видовић.

2.2 Модел трофазног трансформатора

Начелна шема трофазног трансформатора је приказана на слици 2.



Слика 2. Начелна шема трофазног трансформатора

Математички модел трансформатора гласи:

$$\hat{I}_{oK} = \hat{Y}_{oK} \cdot \hat{U}_K, \quad (5)$$

$$\hat{I}_{ok} = \hat{Y}_{ok} \cdot \hat{U}_k, \quad (6)$$

$$\hat{I}'_K = \hat{Y}_{KK} \cdot \hat{U}_K + \hat{Y}_{Kk} \cdot \hat{U}_k \quad (7)$$

$$-\hat{I}''_K = \hat{Y}_{kK} \cdot \hat{U}_K + \hat{Y}_{kk} \cdot \hat{U}_k. \quad (8)$$

Значења ознака су:

$\hat{U}_K, \hat{U}_k$ – вектори напона трансформатора у домену симетричних компоненти, димензија 3×1 ;

$\hat{I}'_K, \hat{I}''_K$ – међусобно различити вектори струја трансформатора у домену симетричних компоненти, димензија 3×1 ;

$\hat{I}_{oK}, \hat{I}_{ok}$ – вектори струја трансформатора у домену симетричних компоненти на оточним параметра, димензија 3×1 ;

$\hat{Y}_{oK}, \hat{Y}_{ok}$ – матрични репрезенти магнетнећа трансформатора (оточни параметри) представљени алтернативно, димензија 3×3 ; само један од њих може да буде нулти.

2.3 Потрошачи електричне енергије

Модели потрошње могу да се поделе на следеће типове:

- 1) Модел константне импедансе (адмитансе), где су вредности активне и реактивне снаге пропорционалне квадрату вредности модула напона;
- 2) Модел константног модула струје и фактора снаге, где су вредности активне и реактивне снаге директно пропорционалне вредности модула напона;
- 3) Модел константне снаге, где вредности активне и реактивне снаге не зависе од вредности модула напона.

3. ПРОРАЧУН ТОКОВА СНАГА У ПРЕНОСНОЈ МРЕЖИ

Поставка проблема токова снага се своди на проблем одређивања режима разматраног електроенергетског система у којем су задовољени захтеви потрошње са губицима ангажовањем расположивих ресурса производње са квалитетним напонима и референтном учесталашћу. За потребе математичког модела токова снага у фазном домену извршена је класификација чворова на основу три четворке реалних основних величина (четири величине по фази) помоћу којих је сваки чвор електроенергетског система описан. Те величине за фазе a, b и c су:

- вектор ињектираних активних снага $\mathbf{P}_k$,
- вектор ињектираних реактивних снага $\mathbf{Q}_k$,
- вектор модула напона $\mathbf{U}_k$,
- вектор углова напона $\boldsymbol{\theta}_k$,

где је $k=1,2, \dots, n$.

Балансним чвором, са ознаком $\mathbf{0V}$, дефинише се тренутак почетка разматрања обрађиваног стационарног режима и из њега се иницирају напонске прилике и балансира систем с обзиром на активне и реактивне снаге. У њему су угао и модуло фазора напона две познате величине, док су остале две непознате. Други тип чвора је $\mathbf{PV}$ чијим се увођењем напонске прилике не диктирају само из балансног чвора него и из свих чворова типа $\mathbf{PV}$. За чворове типа $\mathbf{PV}$ су унапред задате ињектиране активне снаге и модули фазора напона а непознати су фазни ставови фазора напона и ињектиране реактивне снаге. Сви остали чворови су типа $\mathbf{PQ}$. За те чворове су специфициране ињектиране активне и реактивне снаге, док су угао и модул напона непознате величине. Прорачун токова снага се састоји од следећих корака:

I Поставка проблема и формулација модела токова снага

1. Одређивање стационарног режима који се обрађује:

- спецификација ињектираних активних снага за сваку фазу свих генераторских и потрошачких чворова EEC, осим балансног тј. свих чворова типа $\mathbf{PQ}$ и $\mathbf{PV}$;
- спецификација ињектираних реактивних снага за сваку фазу свих чворова типа $\mathbf{PQ}$;
- спецификација модула напона за сваку фазу балансног и чворова типа $\mathbf{PV}$.

II Формулација математичког модела токова снага

2. Формулација модела токова снага гласи:

Тривијални део:

$$\theta_{1a} = \theta_{1a}^{spec}, \quad U_{1a} = U_{1a}^{spec}, \quad (9)$$

$$\theta_{1b} = \theta_{1b}^{spec}, \quad U_{1b} = U_{1b}^{spec}, \quad (10)$$

$$\theta_{1c} = \theta_{1c}^{spec}, \quad U_{1c} = U_{1c}^{spec}, \quad (11)$$

$$U_{ka} = U_{ka}^{spec}, \quad k \in \alpha_{PV}, \quad (12)$$

$$U_{kb} = U_{kb}^{spec}, \quad k \in \alpha_{PV}, \quad (13)$$

$$U_{kc} = U_{kc}^{spec}, \quad k \in \alpha_{PV}. \quad (14)$$

Доминантни део:

$$P_{ka} = Re \left\{ \hat{U}_{ka}^* \cdot \sum_{i=1}^n \left(\hat{Y}_{k,iaa} \cdot \hat{U}_{ia} + \hat{Y}_{k,iba} \cdot \hat{U}_{ib} + \hat{Y}_{k,ica} \cdot \hat{U}_{ic} \right) \right\}, \quad (15)$$

$$P_{ka} = g'_{ka}(\mathbf{X}), \quad k \in \alpha_{PQ} \cup \alpha_{PV}, \quad (16)$$

$$P_{kb} = Re \left\{ \hat{U}_{kb}^* \cdot \sum_{i=1}^n \left(\hat{Y}_{k,ibb} \cdot \hat{U}_{ib} + \hat{Y}_{k,icb} \cdot \hat{U}_{ic} \right) \right\}, \quad (17)$$

$$P_{kb} = g'_{kb}(\mathbf{X}), \quad k \in \alpha_{PQ} \cup \alpha_{PV}, \quad (18)$$

$$P_{kc} = Re \left\{ \hat{U}_{kc}^* \cdot \sum_{i=1}^n \left(\hat{Y}_{k,icc} \cdot \hat{U}_{ic} \right) \right\}, \quad (19)$$

$$P_{kc} = g'_{kc}(\mathbf{X}), \quad k \in \alpha_{PQ} \cup \alpha_{PV}, \quad (20)$$

$$Q_{ka} = -Im \left\{ \hat{U}_{ka}^* \cdot \sum_{i=1}^n \left(\hat{Y}_{k,ia} \cdot \hat{U}_{ia} + \hat{Y}_{k,ib} \cdot \hat{U}_{ib} + \hat{Y}_{k,ic} \cdot \hat{U}_{ic} \right) \right\},$$

$$Q_{ka} = g_{ka}''(\mathbf{X}), \quad k \in \alpha_{PQ}, \quad (21)$$

$$Q_{kb} = -Im \left\{ \hat{U}_{kb}^* \cdot \sum_{i=1}^n \left(\hat{Y}_{k,ia} \cdot \hat{U}_{ia} + \hat{Y}_{k,ib} \cdot \hat{U}_{ib} + \hat{Y}_{k,ic} \cdot \hat{U}_{ic} \right) \right\},$$

$$Q_{kb} = g_{kb}''(\mathbf{X}), \quad k \in \alpha_{PQ}, \quad (22)$$

$$Q_{kc} = -Im \left\{ \hat{U}_{kc}^* \cdot \sum_{i=1}^n \left(\hat{Y}_{k,ia} \cdot \hat{U}_{ia} + \hat{Y}_{k,ib} \cdot \hat{U}_{ib} + \hat{Y}_{k,ic} \cdot \hat{U}_{ic} \right) \right\},$$

$$Q_{kc} = g_{kc}''(\mathbf{X}), \quad k \in \alpha_{PQ}, \quad (23)$$

при чему су:

k – индекс чвора,

PV – скуп индекса чворова типа **PV**,

PQ – скуп индекса чворова типа **PQ**.

Са $g_{ka}'(\mathbf{X})$, $g_{kb}'(\mathbf{X})$, $g_{kc}'(\mathbf{X})$, $g_{ka}''(\mathbf{X})$, $g_{kb}''(\mathbf{X})$, $g_{kc}''(\mathbf{X})$ означене су познате скаларне функције векторског аргумента $\mathbf{X}$. Оне представљају реалне и имагинарне делове комплексних функција (десних страна) билансних релација комплексних снага чворова. Вектор $\mathbf{X}$ представља познате и непознате углове и модуле напона.

III Решење доминантног дела модела токова снага

3. Прорачун свих непознатих компоненти вектора стања, тј. решење система $(6n-6-3pv)$ симултаних, нелинеарних, алгебарских, реалних једначина (15) – (23) по вектору непознатих величина $\mathbf{X}$, где је са pv означен број елемената скупа чвора **PV**.

Систем линеарних једначина се може записати у матричном облику:

$$\Delta \mathbf{S}_{6n-6-3pv}^h = \mathbf{J}_{6n-6-3pv, 6n-6-3pv}^h \Delta \mathbf{X}_{6n-6-3pv, 1}^h, \quad (24)$$

где су:

$\Delta \mathbf{S}_{6n-6-3pv}^h$ – вектор одступања ињектираних снага у текућој итерацији,

$\mathbf{J}_{6n-6-3pv, 6n-6-3pv}^h$ – матрица парцијалних извода (матрица Јакобијана),

$\Delta \mathbf{X}_{6n-6-3pv, 1}^h$ – вектор корекција непознатих величина, pv – број чворова типа **PV**.

Када се овај систем реши по $\Delta \mathbf{X}_{6n-6-3pv, 1}^h$, добијамо $(h+1)$ -ву апроксимацију решења тј. инкременти фазног става и модула напона у h -тој итерацији, помоћу којих се могу кориговати решења и добити нове вредности фазора напона:

$$\theta_{ka}^{h+1} = \theta_{ka}^h + \Delta \theta_{ka}^h, \quad k \in \alpha_{PQ} \cup \alpha_{PV}, \quad (25)$$

$$\theta_{kb}^{h+1} = \theta_{kb}^h + \Delta \theta_{kb}^h, \quad k \in \alpha_{PQ} \cup \alpha_{PV}, \quad (26)$$

$$\theta_{kc}^{h+1} = \theta_{kc}^h + \Delta \theta_{kc}^h, \quad k \in \alpha_{PQ} \cup \alpha_{PV}, \quad (27)$$

$$U_{ka}^{h+1} = U_{ka}^h + \Delta U_{ka}^h, \quad k \in \alpha_{PQ}, \quad (28)$$

$$U_{kb}^{h+1} = U_{kb}^h + \Delta U_{kb}^h, \quad k \in \alpha_{PQ}, \quad (29)$$

$$U_{kc}^{h+1} = U_{kc}^h + \Delta U_{kc}^h. \quad k \in \alpha_{PQ}. \quad (30)$$

Поступак линеаризације и одређивања инкремената фазног става и модула напона врши се док се не задовоље услови конвергенције:

$$\begin{aligned} |\Delta P_{ka}^h| &\leq \varepsilon_1 \wedge |\Delta P_{kb}^h| \leq \varepsilon_2 \wedge |\Delta P_{kc}^h| \leq \varepsilon_3 \wedge \\ |\Delta Q_{ka}^h| &\leq \varepsilon_4 \wedge |\Delta Q_{kb}^h| \leq \varepsilon_5 \wedge |\Delta Q_{kc}^h| \leq \varepsilon_6 \wedge \\ |\Delta \theta_{ka}^h| &\leq \varepsilon_7 \wedge |\Delta \theta_{kb}^h| \leq \varepsilon_8 \wedge |\Delta \theta_{kc}^h| \leq \varepsilon_9 \wedge \\ |\Delta U_{ka}^h| &\leq \varepsilon_{10} \wedge |\Delta U_{kb}^h| \leq \varepsilon_{11} \wedge |\Delta U_{kc}^h| \leq \varepsilon_{12}. \end{aligned} \quad (31)$$

Коришћене величине имају значења:

$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_{12}$ – критеријуми конвергенције (по

жељи изабрани позитивни бројеви,

реда 10^{-6} до 10^{-3} у релативним

јединицама). Што је критеријум

конвергенције мањи решења су тачнија.

$P_{ka}^h, \Delta P_{kb}^h, \Delta P_{kc}^h$ – одступања биланса активне снаге чвора k од нулте вредности за фазу a, b, c , респективно,

$\Delta Q_{ka}^h, \Delta Q_{kb}^h, \Delta Q_{kc}^h$ – одступања биланса реактивне снаге чвора k од нулте вредности за фазу a, b, c , респективно,

$\Delta \theta_{ka}^h, \Delta \theta_{kb}^h, \Delta \theta_{kc}^h$ – разлика углова комплексних напона чвора k у h -тој итерацији за фазу a, b, c , респективно,

$\Delta U_{ka}^h, \Delta U_{kb}^h, \Delta U_{kc}^h$ – разлика модула комплексних напона чвора k у h -тој итерацији за фазу a, b, c , респективно.

Често се за проверу конвергенције поступка користи само пар критеријума. То су обично критеријуми $\varepsilon_7, \varepsilon_8, \dots, \varepsilon_{12}$.

IV Реконструкција целокупног режима

4. Прорачун непознате ињектиране активне и реактивне снаге балансног чвора, користећи се сада израчунатим компонентама вектора непознатих величина (вектора стања):

$$P_{1a} = g_{1a}'(\mathbf{X}), \quad (32)$$

$$P_{1b} = g_{1b}'(\mathbf{X}), \quad (33)$$

$$P_{1c} = g_{1c}'(\mathbf{X}), \quad (34)$$

$$Q_{1a} = g_{1a}''(\mathbf{X}), \quad (35)$$

$$Q_{1b} = g_{1b}''(\mathbf{X}), \quad (36)$$

$$Q_{1c} = g_{1c}''(\mathbf{X}), \quad (37)$$

и прорачун непознатих ињектираних реактивних снага у свим чворовима типа **PV**:

$$Q_{ka} = g_{ka}''(\mathbf{X}), \quad k \in \alpha_{PV}, \quad (38)$$

$$Q_{kb} = g_{kb}''(\mathbf{X}), \quad k \in \alpha_{PV}, \quad (39)$$

$$Q_{kc} = g_{kc}''(\mathbf{X}), \quad k \in \alpha_{PV}. \quad (40)$$

5. Прорачун активне и реактивне снаге губитака електроенергетског система:

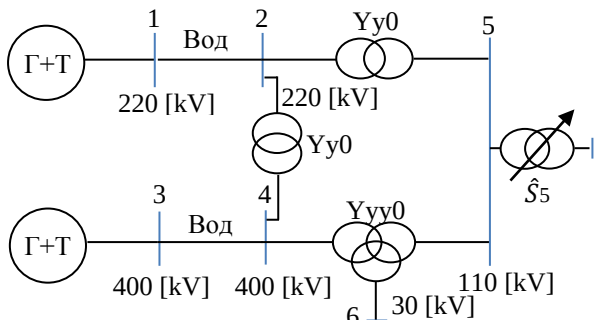
$$\Delta P_{abc} = \sum_{k=1}^n P_{kabc}, \quad (41)$$

$$\Delta Q_{abc} = \sum_{k=1}^n Q_{kabc}. \quad (42)$$

4. НУМЕРИЧКА ВЕРИФИКАЦИЈА ПРОРАЧУНА ТОКОВА СНАГА

Нумеричка верификација прорачуна токова снага преносне мреже урађена је помоћу програма написаног у програмском језику Фортран. Прорачун је урађен на једноставном електроенергетском систему који се

састоји од шест чворова. Чвор бр.1 је типа **0V**, а чвор бр.3 је типа **PV**. Комплексна (трофазна) снага потрошње је прикључена, преко регулационог трансформатора, у чвору бр. 5 и независна је од модула напона. Потрошач је несиметрично оптерећен по фазама, индуктивног карактера и снаге потрошње износе: $\hat{S}_a=360 - j150$ [MVA], $\hat{S}_b=300 - j180$ [MVA], $\hat{S}_c=240 - j120$ [MVA] (за дефиницију комплексне снаге са коњугованим напонем). Сви остали чворови су типа **PQ**. На слици 3 је приказана шема разматраног електроенергетског система.



Слика 3. Шема разматраног електроенергетског система

Вредности ε_θ и ε_v за овај прорачун су: $\varepsilon_\theta = \varepsilon_v = 10^{-3}$. У табели 1 се налазе добијени резултати. Процес је конвергирао у 2 итерације. Углови су изражени у степенима, а напони у апсолутним јединицама.

Табела 1 – Напони чворова

Чвор	$\hat{U}_a$ [kV]	$\hat{U}_b$ [kV]	$\hat{U}_c$ [kV]
1	$228.57e^{j0}$	$228.57e^{-j120}$	$228.57e^{j120}$
2	$216.77e^{-j7.84}$	$221.54e^{-j124.92}$	$224.25e^{j118.40}$
3	$420e^{-j7.66}$	$420e^{-j123.35}$	$420e^{j119.78}$
4	$404.06e^{-j8.87}$	$408.63e^{-j125.41}$	$415.48e^{j118.36}$
5	$106.62e^{-j13.95}$	$107.61e^{-j129.68}$	$111.23e^{j114.98}$
6	$29.08e^{-j14.30}$	$29.35e^{-j129.97}$	$30.34e^{-j114.75}$
7	$406.03e^{-j14.30}$	$409.42e^{-j129.97}$	$422.37e^{j114.75}$

На основу релација (43) и (44), могу се прорачунати губици активне и реактивне снаге у целом електроенергетском систему:

$$\Delta P_{abc} = 10.288 \text{ [MW]}, \Delta Q_{abc} = -15.5535 \text{ [MVar]}.$$

Губици реактивне снаге су негативни. То значи да мрежа разматраног електроенергетског система (водови и трансформатори) више генерише (капацитивности водова – $BU^2 = \omega CU^2$) него што троши реактивну снагу (индуктивности водова и трансформатори – $XI^2 = \omega LI^2$). То је типична ситуација за релативно слабо оптерећене мреже. Добијени резултати одговарају природи појава у ЕЕС-у. Производња активне снаге у балансно чвору је таква да покрива задату производњу до укупне потрошње са губицима активне снаге. Збир производњи реактивних снага у балансно чвору и чвору типа PV увећан за губитке реактивне снаге у мрежи је такав да покрива разлику у потрошњи и производњи синхроног компензатора. Реактивна снага тече од генератора ка потрошачу, па су модули напона потрошачког чвора мањи од модула

напона генераторског балансног чвора. Фазни ставови чворова који су ближи балансно чвору су већи од фазних ставова чворова који су даљи што је последица смера тока активне снаге. Када би се смањила потрошња реактивне снаге напони потрошачких чворова би се повећали.

5. ЗАКЉУЧАК

Њутн-Рафсонов метод има врло добре карактеристике обзиром на брзину конвергенције, тако да су данас готово сви модерни рачунарски програми за прорачун расподеле токова снага у ЕЕС базирани на овој методи или на некој од његових модификација. За разлику од осталих метода за прорачун токова снага, број итерација код Њутн-Рафсоновог метода практично је независан о димензијама проблема. Једина мана овог метода је потреба за одређивањем и инвертовањем Јакобијанове матрице и то у сваком итеративном циклусу. Овај проблем ублажава се коришћењем модификованог Њутн-Рафсоновог метода, технике ретко попуњених матрица...

Математички прорачун овог поступка је сложенији за решавање од прорачуна токова снага у домену симетричних компоненти који је најчешће користи.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] В. Ц. Стрезоски: *Анализа електроенергетских система*, скрипта, Факултет техничких наука, Нови Сад, 2011.
- [2] В. Стрезоски, Д. Поповић: *Прорачуни стационарних режима електроенергетских система*, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад, 1994.
- [3] П. Видовић: *Несиметрични токови снага дистрибутивних мрежа*, магистарска теза, Факултет техничких наука, Нови Сад, новембар 2008.

Кратка биографија:



Милијана Гуњевић рођена је 1993. године у Бијељини, Република Српска (БиХ) Основне академске студије завршила је 2016. године. Мастер рад на Факултету техничких наука у Новом Саду из области Електротехнике и рачунарства Електроенергетски системи одбранила је 2017. године.



Марко Обренић рођен је 1990. године у Београду, Република Србија. Мастер академске студије завршио је 2014. године а од 2015. године је у звању асистент-мастер. Област интересовања су прорачуни дистрибутивних мрежа и дистрибутивни менаџмент система.

NB-IOT TEHNOLOGIJA: PREGLED I IMPLEMENTACIJA

NB-IOT TECHNOLOGY: OVERVIEW AND IMPLEMENTATION

Aleksandar Valka, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj –NB-IoT predstavlja novu tehnologiju kojom se, putem ćelijskih sistema, ostvaruje koncept IoT. U ovom radu dat je opis tehnologije, kao i njene implementacije.

Abstract –NB-IoT represents new cell technology, which is intended to bring the concept of IoT. In this paper overview of this technology and also its implementation is given.

Ključne reči: NB-IoT, LTE, senzor, Arduino platforma.

1. UVOD

Svet sve više ide u pravcu globalnog povezivanja i tome u velikoj meri doprinosi razvoj mobilnih mreža. Pored standardnih zahteva za povećanjem brzine protoka i bolje pokrivenosti, radi se na realizovanju koncepta IoT (Internet of Things). Ovde se pre svega misli na povezivanje ogromnog broja uređaja na globalnu mrežu. Mreža pete generacije, 5G, koja bi trebala da počne sa radom do 2020. godine, će uglavnom rešavati upravo ove probleme, kako povezati IoT i kako napraviti ultra pouzdane sisteme malog kašnjenja koji bi se koristili u aplikacijama kod kojih je kašnjenje kritično, npr. alarmi, pametna vozila i slično. Međutim, dok jedna grupa ljudi radi na standardizaciji mreže nove generacije i bavi se nekim, pre svega budućim pitanjima, druga grupa ljudi se posvetila unapređivanju postojeće LTE mreže. Standardizaciono telo 3GPP je u okviru Release-a 13 predstavilo NB-IoT (Narrowband Internet of Things) [1]. To je tehnologija koja se u ćelijskim sistemima koristi za povezivanje velikog broja uređaja. U ovom radu biće opisano kako funkcioniše, kako se integriše u već postojeće sisteme (LTE), kako povećava oblast pokrivenosti i drugo. Na samom kraju rada pažnja će biti posvećena praktičnoj implementaciji ove tehnologije, korišćenjem Arduino platforme i Sodaq NB-IoT shield-a.

2. NB-IOT

NB-IoT predstavlja novu 3GPP tehnologiju. Zasnovana je na standardu za radio tehnologiju LPWAN (Low Power Wide Area Network) [2], razvijenom kako bi se uređaji i servisi povezali putem ćelijskih telekomunikacija. Ova tehnologija je dizajnirana pre svega za IoT. NB-IoT teži da poboljša pokrivenost u teško dostupnim prostorima (podrumi), smanji troškove, poveća životni vek baterije i omogući konekciju za veliki broj uređaja. Dizajnirana je tako da se odlično slaže sa postojećim tehnologijama (GSM, GPRS i LTE).

NAPOMENA:

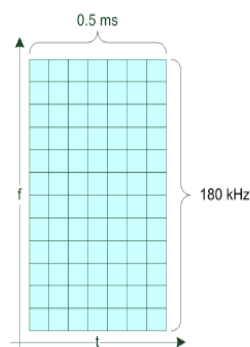
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dejan Vukobratović.

NB-IoT zahteva minimalno 180 kHz propusnog opsega, kako za downlink, tako i za uplink. Ovakav izbor nudi mnogobrojne mogućnosti. GSM operator lako može zameniti jedan GSM nosilac (200 kHz) sa NB-IoT. Isto tako LTE operator može ubaciti NB-IoT unutar LTE nosioca alociranjem jednog RB-a (resource block), koji takođe zauzima 180 kHz. Prema tome, takozvani “air interface” NB-IoT tehnologije je tako napravljen da se savršeno uklapa sa LTE sistemom, pa u LTE nosiocu neće doći do narušavanja performansi. NB-IoT nastavlja da pozajmljuje dizajn od LTE sistema (numeraciju, OFDM u downlink-u, SC-FDMA u uplink-u, zaštitno kodovanje, rate matching, interleaving i drugo) [3].

2.1. Transmisione šeme i načini implementacije

NB-IoT downlink se bazira na OFDM-u, sa razmakom između podnosilaca od 15kHz, isto kao i kod LTE-a. Dužine trajanja slot, subframe-a i frejma su 0.5 ms, 1 ms, 10 ms, takođe isto kao kod LTE-a. Pored svega, identičan je i način formiranja slot po pitanju cikličnog prefiksa i broja OFDM simbola. U suštini, nosilac NB-IoT signala koristi jedan LTE RB u frekventijskom domenu, tj. 12 podnosilaca razmaknutih 15 kHz, odnosno ukupno 180 kHz po jednom RB-u, koji je prikazan na slici 1.

Korišćenjem iste numeracije kao i kod LTE-a, obezbeđuje se njihovo istovremeno postojanje u downlink-u. Kada se npr. NB-IoT ubaci u LTE nosilac, neće doći do narušavanja ortogonalnosti između NB-IoT RB-a i ostalih LTE RB-ova.

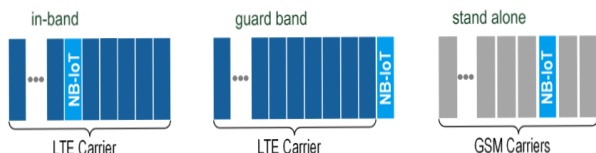


Slika 1. Izgled RB-a u downlink-u

Uplink NB-IoT podržava prenos jednog tona i prenos više tonova. Prenos više tonova se zasniva na SC-FDMA modulaciji sa istovetnim rastojanjem između podnosilaca od 15 kHz, slotom dužine 0.5 ms i subframe-om dužine 1 ms. Prenos jednog tona podržava dve numeracije, jednu u vezi sa 15 kHz i drugu u vezi sa 3.75 kHz. Prvi tip numeracije identičan je kao za LTE i stoga ostvaruje najbolje performanse. Drugi tip numeracije koristi slot dužine 2 ms. Kao i u downlink-u, nosilac NB-IoT signala u uplink-u zauzima 180 kHz.

NB-IoT se može rasporediti kao samostalan nosilac korišćenjem bilo kog raspoloživog dela spektra koji premašuje 180 kHz. On takođe može biti raspoređen u delu spektra koji je u vezi sa LTE-om. Moguće opcije su in-band i zaštitni opseg spektra. Scenario raspoređivanja, neki od tri gore pomenuta, bi trebao biti dostupan za UE (User Equipment) i to u trenutku uključivanja i početka potrage za NB-IoT nosiocem.

Slično kao kod postojećih LTE UE-ova, NB-IoT UE treba da pretražuje nosioce koristeći raster od 100 kHz. NB-IoT nosilac koji služi za olakšavanje početne sinhronizacije sa UE-om naziva se anchor nosilac.



Slika 2. Mogući načini implementacije NB-IoT

NB-IoT podržava i prenos preko više nosilaca. Kako je za uspostavljanje početne sinhronizacije potrebno imati samo jedan anchor nosilac, dodatni nosioci ne moraju biti u blizini 100 kHz rastera. Ovi nosioci se nazivaju i sekundarni nosioci.

2.2. Fizički kanali

U downlink-u NB-IoT poseduje sledeće fizičke signale i kanale [4]:

- Narrowband Primary Synchronization Signal (NPSS)
- Narrowband Secondary Synchronization Signal (NSSS)
- Narrowband Physical Broadcast Channel (NPBCH)
- Narrowband Reference Signal (NRS)
- Narrowband Physical Downlink Control Channel (NPDCCH)
- Narrowband Physical Downlink Shared Channel (NPDSCH)

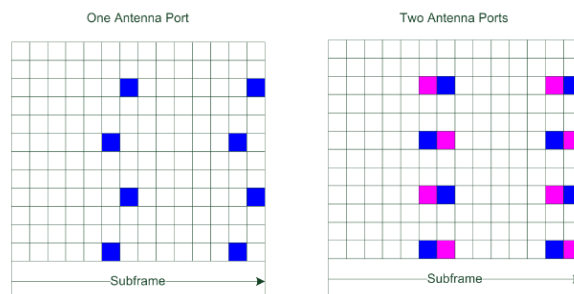
Za razliku od LTE-a, NB-IoT fizički kanali se primarno multipleksiraju u vremenu. Na slici 3 je prikazan njihov raspored u okviru subframe-a. Svaki NB-IoT subframe obuhvata jedan RB (12 podnosilaca) u frekvencijskom domenu i 1 ms u vremenskom domenu. UE koristi NPSS i NSSS pri traženju ćelije, koja zahteva sinhronizaciju u vremenu i frekvenciji. Takođe učestvuju u detekciji identiteta ćelije. Kako sekvenca za sinhronizaciju kod LTE-a zauzima 6 RB-ova mora se uvesti novi dizajn za prenos ovih signala.

even numbered frame	subframe number									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	NPBCH	NPDCCH or NPDSCH	NPDCCH or NPDSCH	NPDCCH or NPDSCH	NPDCCH or NPDSCH	NPSS	NPDCCH or NPDSCH	NPDCCH or NPDSCH	NPDCCH or NPDSCH	NSSS
odd numbered frame	subframe number									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	NPBCH	NPDCCH or NPDSCH	NPDCCH or NPDSCH	NPDCCH or NPDSCH	NPDCCH or NPDSCH	NPSS	NPDCCH or NPDSCH	NPDCCH or NPDSCH	NPDCCH or NPDSCH	NPDCCH or NPDSCH

Slika 3. Raspored kanala u subframe-u

NRS se koristi kako bi obezbedio podatke za demodulaciju u downlink kanalima. Ovi signali koriste 8 resurs elemenata po subframe-u. Emituju se u svim subframe-ovima koji su predviđeni za broadcast ili downlink prenos. U zavisnosti od transmisione šeme, NRS se može

prenositi preko jedne ili preko dve antene. Na slici 4 su prikazana mapiranja u zavisnosti od broja antena.

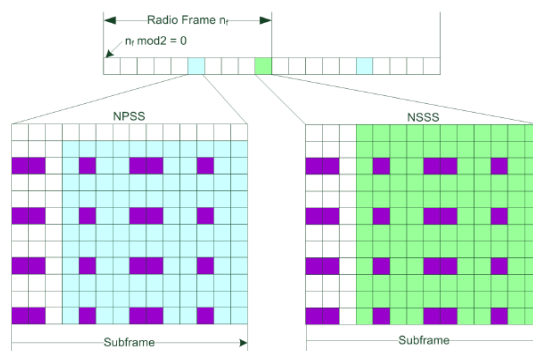


Slika 4. Mapiranje NRS simbola

NPSS se emituje u subframe-u 5, u svakom frejmu, pri čemu koristi poslednjih 11 OFDM simbola u subframe-u. Takvo mapiranje se koristi da ne bi došlo do preklapanja sa LTE kontrolnim resursima koji se mogu naći u prva 3 OFDM simbola. Kao generatorska sekvenca koristi se ZC (Zadoff-Chu) dužine 11. Služi za dobijanje informacija o tajmingu simbola i frekvencijskog ofseta

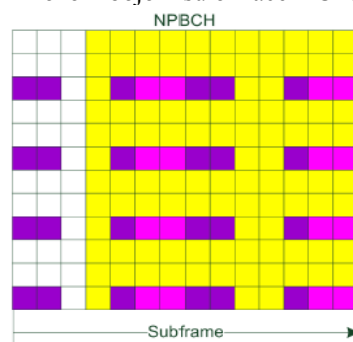
NSSS se nalazi u svakom parnom frejmu, u subframe-u 9, takođe na poslednjih 11 OFDM simbola.

Kao generatorska sekvenca koristi se ZC dužine 132, gde se svaki element ove sekvence mapira u odgovarajući resurs element. Sekvenca se binarno skrembljuje i vrši se ciklički pomeraj, sve u zavisnosti od rednog broja frejma. U NSSS se nalazi NB-PCID (Narrowband Physical Cell Identity).



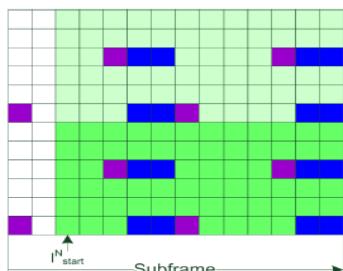
Slika 5. NPSS i NSSS signali su predstavljeni svetlo plavom, odnosno zelenom bojom. Ljubičastom bojom su označeni LTE CRS simboli

NPBCH prenosi master informacioni blok (MIB) i nalazi se u subframe-u 0 tokom svakog frejma. MIB se ne menja tokom 640 ms. Na slici 6. prikazan je raspored NPBCH-a u okviru subframe-a, koji su obeleženi žutom bojom. Ljubičastom i rozom bojom su označeni CRS i NRS.



Slika 6. Mapiranje NPBCH simbola

NPDCCH prenosi informacije o scheduling-u podataka za uplink i downlink kanale. On takođe prenosi HARQ potvrde za uplink prenos podataka, paging indikaciju i informacije o RAR (Random Access Response). Na slici 7. dat je raspored u okviru subframe-a. Parametar I_{start}^N pokazuje početni OFDM simbol.



Slika 7. Zelenom bojom su označeni elementi u koje se mogu smestiti NPDCCH i NPDSCH

NPDSCH prenosi podatke, paging poruke, sistemske informacije i RAR poruke. Kao što je prikazano na slici 3, postoji velik broj subframe-ova koji mogu biti alocirani za prenos NPDCCH ili NPDSCH. Kako bi se smanjila kompleksnost kod UE-a svi downlink kanali koriste TBCC (Tail-Biting Convolutional Code). Maksimalna veličina transportnog bloka je 680 bita, što je dosta manje u poređenju sa 70000 bita koje može da koristi LTE.

U uplink-u NB-IoT sadrži sledeće kanale:

- Narrowband Physical Random Access Channel (NPRACH)
- Narrowband Physical Uplink Shared Channel (NPUSCH)

NPRACH je novi kanal, tj. morao se napraviti drugačiji dizajn od LTE PRACH koji koristi 1.08 MHz propusnog opsega. Ovo je više od propusnog opsega koji koristi NB-IoT uplink kanal, te se zato morala izvršiti ova promena dizajna. Jedna NPRACH preambula se sastoji od 4 grupe simbola, gde je svaka grupa simbola sastavljena od 1 CP-a i 5 simbola. Na slici 8 prikazana je struktura grupe simbola iz preambule. CP je dužine 66.67 μ s (Format 0) za ćelije sa radijusom od 10 km i 266.7 μ s (Format 1) za ćelije sa radijusom od 40 km. Indeks frekvencije menja se od grupe do grupe.

Talasnici oblik NPRACH preambule može se predstaviti kao jednotonsko frekvencijsko skakanje. Kako bi se povećala oblast pokrivanja, NPRACH preambula može biti ponovljena do 128 puta.



Slika 8. Struktura grupe simbola iz preambule

NPUSCH ima dva formata. Format 1 se koristi za prenos podataka u uplink-u, pri čemu koristi turbo kod za ispravljanje grešaka iz LTE-a. Najveća veličina transportnog bloka koja se koristi je 1000 bita, što je opet dosta manje od LTE-a. Format 2 se koristi za slanje HARQ potvrda za downlink, a za ispravljanje grešaka se koristi ponavljanje.

Format 1 podržava prenos više tonova zasnovan na LTE numeraciji. UE-u može biti alocirano 12, 6 ili 3 tonova. Način prenosa sa 12 tonova je preuzet iz LTE-a, dok su načini prenosa sa 6 i 3 tonova uvedeni za UE NB-IoT-a,

pre svega zbog ograničene pokrivenosti. NPUSCH podržava prenos jednog tona, koji može imati numeraciju vezanu za 15 kHz ili za 3.75 kHz. Kako bi se smanjio PAPR (Peak To Average Ratio), prenos preko jednog tona koristi $\pi/2$ -BPSK ili $\pi/4$ -QPSK sa kontinuitetom faza između simbola.

NPUSCH Format 1 koristi istu strukturu slotu kao i LTE uplink kanal, sa 7 OFDM simbola po slotu, gde je srednji simbol DMRS (Demodulation Reference Symbol). Format 2 se razlikuje po tome što za DMRS koristi srednja 3 simbola. DMRS se koristi za procenu kanala.

3. PRAKTIČNA IMPLEMENTACIJA

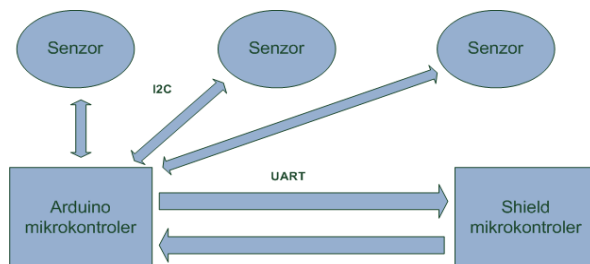
Za praktičnu implementaciju ovog master rada korišćene su razvojne platforme Arduino Leonardo i Sdaq NB-IoT shield.

3.1. Arduino Leonardo

Arduino Leonardo je ploča sa mikrokontrolerom bazirana na čipu ATmega32u4. Ova ploča ima 20 pinova za digitalni ulaz/izlaz, oscilator na 16 MHz, mikro USB konektor, konektor za spoljašnje napajanje, ICSP konektore i dugme za reset [5]. Na ploči je integrisan i bootloader. Leonardo se razlikuje od prethodnih ploča po tome što ATmega32u4 ima ugrađenu USB komunikaciju, čime se gubi potreba za drugim procesorom. Ovo omogućava Leonardu da se na konektovanom računaru pojavljuje kao miš i tastatura, kao dodatna opcija uz virtualni (CDC) serijski/COM port. Za programiranje ovog mikrokontrolera se koristi razvojno okruženje Arduino Software (IDE). Kao programska podrška korišćen je programski jezik C++.

3.2. Sdaq NB-IoT shield

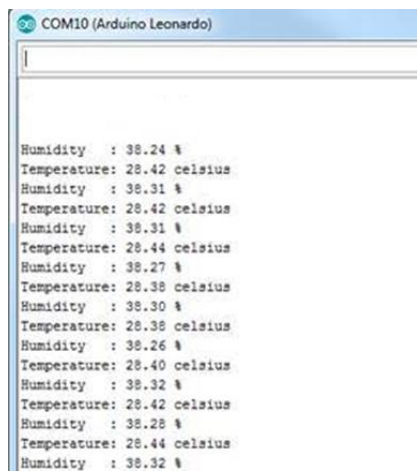
Ovaj shield ima ugrađen mikrokontroler SARA-N2, koja predstavlja mozak ovog uređaja, nekoliko senzora (temperatura, vlažnost vazduha, vazdušni pritisak, akcelerometar i GPS modul) i slot za SIM karticu. Takođe poseduje i antenu, pomoću koje komunicira sa baznom stanicom. Programira se preko Arduino ploče, odnosno preko nje joj se zadaju osnovne komande. Komunikacija sa mikrokontrolerom se vrši preko UART protokola, korišćenjem AT naredbi, dok se sa senzorima komunicira preko I2C komunikacije. Na slici 9. dat je dijagram kojim su predstavljeni komunikacioni interfejsi i protokoli za komunikaciju mikrokontrolera sa periferijama.



Slika 9. Komunikacioni interfejsi i protokoli

3.3. Rezultati

Kao prvi korak izvršeno je testiranje rada senzora za merenje temperature i vlažnosti vazduha. Na serijskom portu dobija se prikaz sa slike 10.

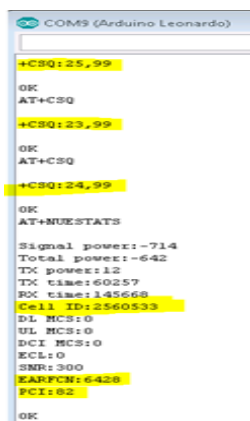


Slika 10. Rezultati testiranja senzora

Sledeći korak jeste povezivanje uređaja na baznu stanicu. Dobija se broj za identifikaciju ćelije 2560533:

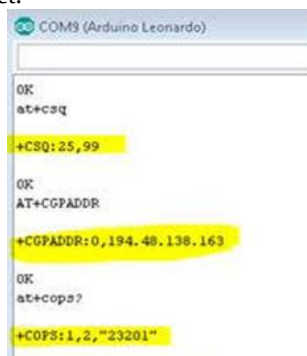
Cell ID: 2560533=256*10002(LTE ID) + 21 (lokalni sektor NB ćelije)

Parametar 256 odnosi se na broj ćelija koje može imati jedan eNB. Na slici 11. prikazana su očitavanja sa serijskog porta i vidi se da je uspelo povezivanje na baznu stanicu.



Slika 11. Prikazano povezivanje na baznu stanicu

Naredni korak jeste povezivanje bazne stanice na core mrežu. Komanda AT+CGPADDR kao odgovor dobija IP adresu koja je dodeljena uređaju. To znači da uređaj ima izlaz na internet.



Slika 12. Dodeljena IP adresa uređaju

Dalje, komanda AT+COPS kaže uređaju da se registruje na mreži i u slučaju prikazanom na slici 12. vidi se da je u

pitanju ručno podešavanje, mreža je UTRAN, a dodeljen je i network id.

Prethodno predstavljeni rezultati dobijeni su u saradnji sa mobilnim operatorom, i uz pomoć njihovih inženjera je ostvarena komunikacija između uređaja i mreže.

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu dat je opis NB-IoT tehnologije, pre svega njen fizički sloj i način funkcionisanja. Naznačena je njena veza sa LTE sistemom, delovi koji su preuzeti iz LTE-a, kao i oni koji se razlikuju. NB-IoT je dizajniran tako da može lako da se uklapi u već postojeće sisteme, te mu to daje prednost u odnosu na neke druge sisteme slične namene. Na osnovu ovog rada, može se zaključiti da postoji mogućnost za dalja akademska istraživanja, čime se rad na tehničkim fakultetima podiže na jedan novi nivo, gde je rad sa najnovijim tehnologijama uobičajena stvar i gde se može mnogo naučiti. Istakao bih saradnju sa mobilnim operatorom, bez čije pomoći ovaj rad ne bi bilo moguće realizovati.

Standardizaciono telo 3GPP već je radi na unapređenjima NB-IoT tehnologije poput poboljšanja tačnosti pozicioniranja, što je za mnogobrojne aplikacije od velikog značaja. Ovo je tek jedna od mnogih stavki na kojima se radi, ali najbitnije od svega je da sav razvoj vodi ka mrežama pete generacije. Kako se očekuje da 5G mreža krene sa radom 2020. godine, u nekim gradovima se kreće sa testiranjima već sledeće godine, ostaje nam još dosta vremena za dalja unapređenja i istraživanja.

5. LITERATURA

- [1] Dostupno na: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1606/1606.04171.pdf>
- [2] Dostupno na: <https://www.ericsson.com/en/publications/ericsson-technology-review/archive/2016/nb-iot-a-sustainable-technology-for-connecting-billions-of-devices>
- [3] Dostupno na: <https://www.slideshare.net/veermalik121/cellular-narrow-band-iot-iot-using-lte-technology>
- [4] Dostupno na: https://cdn.rohde-schwarz.com/pws/dl_downloads/dl_application/application_notes/1ma266/1MA266_0e_NB_IoT.pdf
- [5] Dostupno na: <https://store.arduino.cc/arduino-leonardo-with-headers>

Kratka biografija:



Aleksandar Valka rođen je 31.12.1993. u Rumi. Diplomirao je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, na Katedri za telekomunikacije i obradu signala u septembru 2016. godine.

ARHITEKTURA I ETL PODRŠKA SISTEMA ZA ANALIZU AVIONSkih LETOVA NA PODRUČJU SJEDINJENIH AMERIČKIH DRŽAVA**AN ARCHITECTURE AND ETL SUPPORT OF A SYSTEM FOR AIRPLANE FLIGHT ANALYSIS AT THE LEVEL OF UNITED STATES OF AMERICA**

Tamara Milovanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu prezentovan je sistem skladišta podataka za analizu avionskih letova na području Sjedinjenih Američkih Država. U okviru ovog sistema razvijen je ETL proces čijom primenom se podaci prikupljeni iz baze podataka Američkog biroa za statistiku u saobraćaju skladište u OLAP bazu podataka. Nad OLAP bazom podataka implementirana je OLAP kocka za izvršavanje analitičkih funkcija i upita nad skladištem podataka. Na kraju je nad razvijenim skladištem podataka realizovana izveštajna funkcija i implementirane su data mining analize.

Abstract – In this paper we present a data warehouse system for flight analysis in the United States. As a part of the system, we have implemented an ETL process to load the data collected from the United States Bureau of Transportation Statistics' database into the OLAP database. In addition, an OLAP cube has been developed to execute analytical functions and complex queries on the data warehouse. Finally, we have generated reports using the data from implemented data warehouse and implemented data analysis procedures using data mining techniques.

Ključne reči: *Sistemi skladišta podataka, OLTP, OLAP, ETL proces.*

1. UVOD

U savremenim uslovima poslovanja, koje karakteriše izrazit proces globalizacije, neizvesnost, rizik i konkurencija, kompanije moraju svakodnevno da se bore za održavanje tržišnog učešća i ostvarivanje boljih poslovnih rezultata. Vreme postaje sve značajniji resurs u savremenom poslovanju. Ljudi su sve manje tolerantni na kašnjenja ili otkaze u sistemima, a kompanije trpe velike gubitke. Odloženi ili otkazani letovi predstavljaju ozbiljan problem u Sjedinjenim Američkim Državama (SAD). Tokom 2007. godine približno svaki četvrti let je stigao na svoje odredište sa bar 15 minuta zakašnjenja, dok je u 2015. godini od ukupno 5 714 008 letova, čak 1 063 439 bilo odloženo [1]. Kao glavni uzrok kašnjenja trećine od ukupnog broja letova navodi se nesposobnost vazdušnih službi da koordinišu pojačan avio saobraćaj. Zabrinjavajuće su procene stručnjaka da će do 2025. godine procenat ovakvih letova porasti za 30%, što će rezultovati velikim gubicima, ne samo avio kompanija, nego i čitave američke privrede.

NAPOMENA

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Ivan Luković, redovni profesor.

Usled intenzivnog razvoja informatičke infrastrukture, gotovo sve veće kompanije čuvaju velike količine podataka o poslovanju, klijentima i poslovnim kretanjima u okruženju. Dnevni unos podataka koje velike kompanije skladište u svoje baze podataka meri se terabajtima. Izvori tih podataka su različiti i mogu se odnositi na faktore koji utiču na poslovanje kompanije, interne procedure, korisnike usluga kompanije, poslovanje konkurencije ili poslovnu okolinu. Međutim, nestrukturirani podaci različitih formata, nisu pogodni za vršenje analiza koje pružaju podršku u odlučivanju. Podatke je najpre neophodno pripremiti, analizirati i na osnovu toga doći do informacija – znanja, koje mogu obezbediti postizanje poslovnog uspeha. Kako se radi o velikoj količini podataka, ovakve analize se vrše upotrebom posebno razvijenih sistema koji obuhvataju skup aplikacija za prikupljanje i transformaciju podataka, pristup podacima i ekspertsku analizu u cilju pružanja podrške procesu odlučivanja. Ključnu ulogu u ovom procesu imaju *On-line Analytical Processing* (OLAP) alati, tehnike za obradu velikih količina podataka i alati za generisanje izveštaja. Njihovom primenom, krajnjim korisnicima bez informatičkog iskustva omogućava se uvid u podatke, kao osnova za donošenje odluka koje utiču na poslovanje.

U ovom radu opisan je postupak izgradnje jednog dela sistema skladišta podataka, nad kojim je moguće vršiti istraživanje i analizu podataka o avionskim letovima na području SAD.

Cilj rada je da se na osnovu prikupljenih podataka o letovima predvide verovatnoće kašnjenja letova i dobiju informacije o frekvenciji letova po savezima državama, prometu na aerodromima, zastupljenosti avio kompanija i uzrocima kašnjenja i otkazivanja letova. Dobijene informacije treba da doprinesu rešavanju problema velikog broja odloženih letova sa kojim se američke službe suočavaju, pružanjem odgovora na sledeća pitanja:

- Koji je najbolji dan za poletanje?
- Za koji period dana je najmanja verovatnoća da će let kasniti?
- Koji su najčešći uzroci odlaganja leta?
- Koji tipovi aviona najčešće kasne?
- Koje su najfrekventnije rute?
- Na kojim aerodromima je najveći promet?

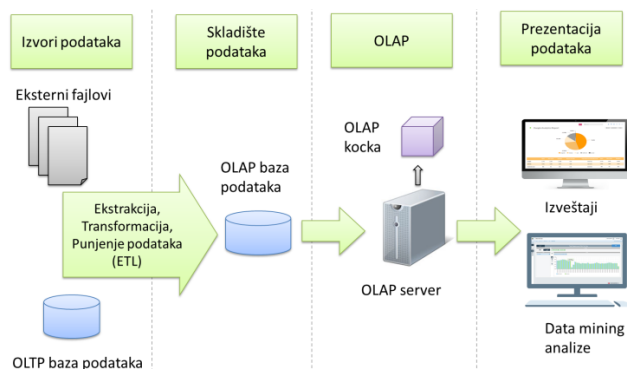
2. IZVORI PODATAKA

Podaci o avionima, letovima, aerodromima, vremenskim uslovima i prevozu putnika i robe preuzeti su u iz baze podataka Biroa za statistiku koji se nalazi u sastavu Američkog departmana za transport [1]. Za potrebe klasifikacije aviona prema tipovima i detaljnije informacije o avio prevoznicima, korišćeni su podaci sa Inter-

net prezentacije *Airfleets.net* [2]. Za analizu i istraživanje upotrebljeni su podaci prikupljeni tokom 2016. godine. Skup podataka je podeljen u fajlove po mesecima i sadrži attribute koji opisuju datum i vreme leta, avio kompaniju, avion, aerodrom sa koga avion poleće i aerodrom koji predstavlja krajnju destinaciju leta, trajanje leta, razdaljinu između aerodroma, kašnjenja ili otkaze i njihove uzroke, vremenske uslove u trenutku poletanja, broj prevezenih putnika i količinu prevezene robe.

3. ARHITEKTURA SISTEMA

Na slici 1 prikazani su slojevi arhitekture sistema za analizu i otkrivanje uzroka kašnjenja letova.



Slika 1 – Slojevi arhitekture sistema za analizu i otkrivanje uzroka kašnjenja letova u SAD

Prvi sloj čine izvori podataka koji mogu biti interni ili eksterni. Interne izvore podataka predstavljaju podaci iz *On-line Transaction Processing* (OLTP) baze podataka i čine ih podaci nastali u operativnom poslovanju avio kompanija. Eksterne izvore podataka predstavljaju podaci definisani od strane međunarodne organizacije za avio saobraćaj i nalaze se u CSV fajlovima.

Drugi sloj čini skladište podataka koje predstavlja osnovni izvor podataka za dalju analizu. U ovom sloju se podaci iz izvora podataka skladište u OLAP bazu podataka. Podaci u stvarnom svetu mogu biti nekompletni, neprecizni ili nekonzistentni. Iz ovog razloga neophodno je pre početka punjenja OLAP baze podataka izvršiti prečišćavanje i transformaciju izvornih podataka, tako da odgovaraju strukturama i zahtevima OLAP baze podataka. Proces koji vrši preuzimanje, prečišćavanje i transformisanje izvornih podataka i punjenje OLAP baze podataka naziva se *Extract-Transform-Load* (ETL) proces.

Treći sloj čine OLAP alati, čijom primenom se vrši analiza podataka iz OLAP baze podataka. OLAP predstavlja pristup organizaciji sistema baze podataka koji služi za prikaz podataka i njihovu agregaciju, tako da se obezbedi perspektiva višedimenzionalnog pogleda na podatke. Osnovna ideja dimenzionalnog modelovanja je da poslovni podaci mogu da budu predstavljeni u vidu kocke, čije ćelije sadrže parametre poslovanja koji se prate, a ivice kocke definišu kontekst podataka. Implementacijom OLAP kocke omogućava se analitička obrada podataka.

Četvrti sloj čine alati za pristup podacima iz skladišta podataka i OLAP struktura i njihov vizualni prikaz. Najčešće korišćeni alati su: alati za izveštavanje, alati za analizu OLAP kocke, alati za *ad hoc* upite i alati za prediktivnu analizu i otkrivanje uzročno-posledičnih veza među podacima.

4. ŠEMA OLTP BAZE PODATAKA

OLTP baza podataka predstavlja izvor podataka za OLAP bazu podataka, opisanu u narednom poglavlju i sastoji se od sledećih tabela: AvioKompanija – sadrži podatke o avio kompanijama koje obavljaju letove na području SAD i prijavljuju podatke Birou za statistiku, TipAviona – sadrži podatke o tipovima aviona kojima se letovi obavljaju, kao i njihovim proizvođačima, Avion – sadrži podatke o avionima kojima se letovi obavljaju i identifikator avio kompanije u čijem vlasništvu se avion nalazi, Drzava – sadrži podatke o savezima državama, Grad – sadrži podatke o gradovima iz kojih se obavljaju letovi, Aerodrom – sadrži podatke o aerodromima sa kojih se obavljaju letovi, Uzrok – sadrži podatke o mogućim uzrocima odlaganja ili otkaza leta, Status – sadrži podatke o mogućim statusima leta, koji može imati jednu od sledeće 3 vrednosti: na vreme, odložen ili otkazan, uz uzrok datog statusa, Datum – sadrži datume koji obuhvataju datume iz skupa podataka, Ruta – sadrži podatke o mogućim rutama s informacijama o aerodromima poletanja i krajnje destinacije leta, Raspored – sadrži podatke o planiranom vremenu poletanja i sletanja aviona na svakoj ruti za određeni datum i Let – sadrži podatke o letu uz tačno vreme poletanja i sletanja, pređeni put, ukupno trajanje leta i vremenske uslove prilikom poletanja.

Detaljna specifikacija šeme OLTP baze podataka prikazana je u master radu autora ovog rada.

5. ŠEMA OLAP BAZE PODATAKA

Cilj projektovanja šeme OLAP baze podataka je da se podaci iz izvora podataka objedine i strukturiraju u oblik pogodan za donošenje strateških odluka.

Šema OLAP baze podataka koja je predmet ovog rada je tipa sazvežđa, odnosno postoji više činjeničnih tabela koje dele zajedničke tabele dimenzija [3]. Tabela činjenica sadrži mere, kvantitativne i agregirane podatke, o poslovnim procesima koje korisnici analiziraju. Mere predstavljaju numeričke vrednosti, količine i proseke značajne za donošenje poslovnih odluka. Dimenzije predstavljaju različite poglede korisnika na podatke u OLAP bazi podataka.

Šema OLAP baze podataka sastoji se od 8 tabela dimenzija i 2 tabele činjenice. Tabele činjenica sadrže podatke o letovima i prometu putnika i robe, dok tabele dimenzija sadrže podatke o destinacijama, avionima i avio kompanijama, vremenu izvršavanja leta, statusu leta, vremenskim uslovima i razdaljini.

Detaljna specifikacija šeme OLAP baze podataka data je u master radu autora ovog rada.

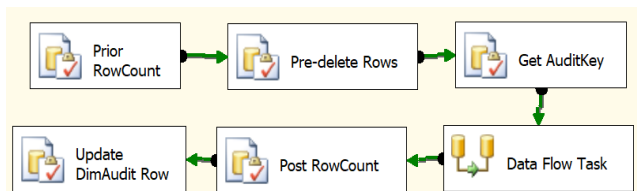
6. ETL PROCES

U cilju dobijanja strateških informacija u obliku koji je pogodan za donošenje odluka, potrebno je izvršiti prečišćavanje i transformaciju izvornih podataka i njihovo skladištenje u OLAP bazu podataka, što se ostvaruje projektovanjem i implementacijom ETL procesa.

ETL proces opisan u ovom radu realizovan je primenom alata *Microsoft SQL Business Intelligence Development Studio*. Osnovni elementi su paketi koji se definišu za svaku dimenziju i činjenicu. U njima se implementira

kontrolni tok (eng. *Control Flow*), koji definiše redosled i zadatke koji treba da budu izvršeni i tok podataka (eng. *Data Flow*), kojim se definiše proces transformacije podataka. Svi zadaci u kontrolnom toku, kao i tokom procesa transformacije podataka u toku podataka, izvršavaju se sekvencijalno.

Na slici 2 prikazan je kontrolni tok, u kojem je definisana sekvenca zadataka koji se izvršavaju pokretanjem jednog paketa u okviru ETL procesa.



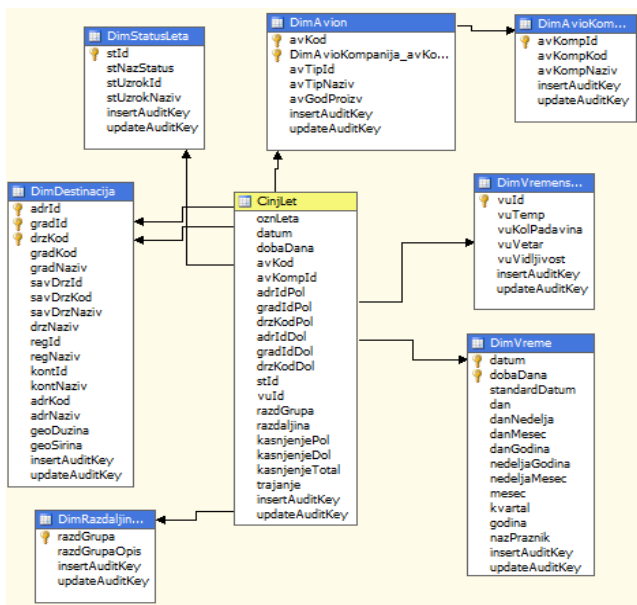
Slika 2 - Primer kontrolnog toka paketa

Prvi korak nakon pokretanja paketa je prebrojavanje redova u tabeli OLAP baze podataka. Nakon toga se vrši brisanje svih redova (ovaj korak se izvršava samo tokom razvoja sistema), beleži se trenutna vrednost atributa *AuditKey* za evidenciju upisa i modifikacija u tabeli. Zatim sledi učitavanje podataka i izvršavanje transformacija nad njima. Poslednja dva koraka su ponovno prebrojavanje redova u tabeli i ažuriranje atributa *AuditKey*.

7. OLAP KOCKA

Nad OLAP bazom podataka moguće je implementirati jednu ili više OLAP kocki. Zahvaljujući korišćenju više-dimenzionalnih struktura obezbeđen je brz pristup podacima za analizu. OLAP kocka omogućava korisnicima, najčešće analitičarima i menadžerima, da steknu uvid u podatke kroz konzistentan i interaktivan pristup različitim pogledima na podatke. Implementirana je primenom alata *Microsoft SQL Server Analysis Services (SSAS)*.

Na slici 3 prikazana je struktura OLAP kocke, korišćene u ovom projektu.



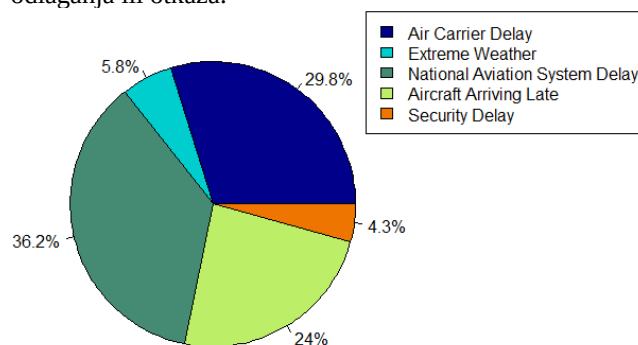
Slika 3 - Struktura OLAP kocke projekta

Postupak za projektovanje OLAP kocke sastoji se iz 3 koraka. Prvi korak je izbor pogleda na OLAP bazu podataka i tabele činjenice iz te baze podataka. Pogled izvora podataka predstavlja logički model izvora podataka, odnosno prikazuje njegove meta-podatke. Drugi korak je izbor atributa koje želimo da posmatramo iz odabrane tabele činjenice. Treći korak je izbor dimenzija koje će biti uključene u OLAP kocku, kao i kolona koje će postati atributi dimenzije.

8. IZVEŠTAJI

U ovom odeljku opisani su izveštaji generisani nad podacima iz OLAP baze podataka. Za formiranje izveštaja korišćen je alat *Microsoft SQL Server Reporting Services (SSRS)* i upiti nad materijalizovanim pogledima. Materijalizovani pogled predstavlja posebnu vrstu bazne tabele, koja se formira i ažurira preuzimanjem ili agregiranjem podataka iz jedne ili više tabela OLAP baze podataka.

Na slici 4 prikazan je grafički izveštaj o procentualnom udelu odloženih ili otkazanih letova prema uzrocima odlaganja.



Slika 4 - Izveštaj o procentualnom udelu odloženih ili otkazanih letova prema uzrocima odlaganja

Na osnovu prikazanih rezultata može se zaključiti da su najčešći razlozi kašnjenja ili otkaza letova pojačan avio saobraćaj i promet na aerodromu. Od ukupnog broja letova, 36% je bilo odloženo ili otkazano iz navedenog razloga.

U tabeli 1 prikazan je tabelarni izveštaj o kašnjenju letova u zavisnosti od perioda dana kada avion poleće.

Tabela 1 - Izveštaj o kašnjenju letova u zavisnosti od perioda dana

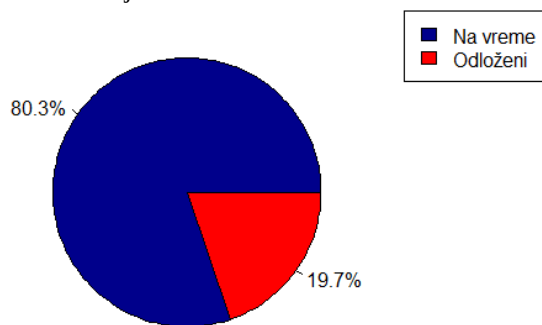
Doba dana	Kasnjenje	Broj odlozenih letova	Prosečno kasnjenje
Afternoon (12:00-15:59)	15290	152	100
AM Peak (07:00-8:59)	4798	32	149
Early Morning (03:00-6:59)	2784	19	146
Evening (18:00-23:59)	12428	137	90
Late Morning (09:00-11:59)	9691	92	105
Late Night (00:00-2:59)	351	6	58
PM Peak (16:00-17:59)	6429	78	82

Na osnovu prikazanih rezultata zaključuje se da je najbolji period za poletanje između ponoći i 3 časa noću, u kome je samo 6 letova bilo odloženo, prosečno za 58 minuta.

9. DATA MINING

Tokom izrade ovog projekta, najpre je izvršena eksplorativna analiza kojom je bilo moguće otkriti karakteristike skupa podataka i ispitati odnose među atributima. Zatim su u programskom jeziku *R* primenjeni algoritmi tipa stabla odlučivanja za klasifikaciju podataka, višestruka i logistička regresija i asocijativna pravila.

Na slici 4 prikazana je raspodela vrednosti ciljnog atributa *kasnjenjeInd*, koji je kategorijalnog tipa i može imati jednu od sledeće dve vrednosti: 1 za letove koji su bili odloženi ili otkazani, odnosno čije kašnjenje iznosi najmanje 15min, i 0 za letove koji su bili izvedeni na vreme.

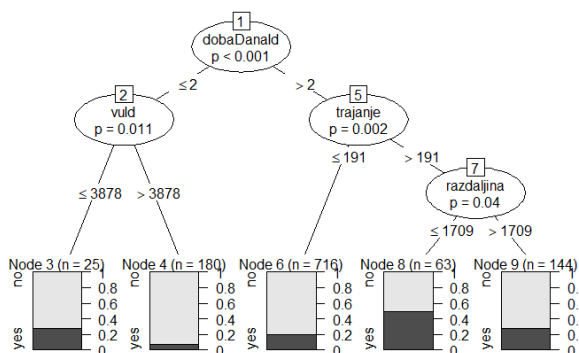


Slika 4 – Raspodela vrednosti ciljnog atributa

Od ukupnog broja letova, 19,7% je bilo odloženo, dok na 80,3% letova nije bilo kašnjenja većeg od 15 minuta.

Najbolji model za predviđanje kašnjenja leta dobijen je primenom algoritma klasifikacije implementiranog kao binarno stablo odlučivanja. Stablo odlučivanja je struktura tipa grafa koja prikazuje moguće ishode neke odluke. Čvorovi stabla predstavljaju izbor, odnosno odluke, dok grane reprezentuju pravila odlučivanja ili uslove. Za izgradnju stabla algoritam traži promenljivu na osnovu koje se najbolje može izvršiti podela podataka u dve grupe. Ovaj korak se ponavlja za svaku promenljivu datu kao ulaz u algoritam. Ulazne podatke predstavljaju: period dana za koji je let zakazan (*dozaDanaId*), trajanje leta u minutima (*trajanje*), razdaljina između aerodroma (*razdaljina*) i identifikaciona oznaka vremenskih uslova na aerodromu u trenutku poletanja (*vulId*).

Na slici 5 prikazano je stablo odlučivanja dobijeno primenom funkcije *ctree* u programskom jeziku *R* nad obučavajućim skupom podataka, koji predstavlja 70% ukupnog broja letova.



Slika 5 – Stablo odlučivanja za predviđanje kašnjenja

Analizom dobijenog modela, zaključeno je da su najmanje šanse da će let kasniti ukoliko je zakazan za jutarnje sate, odnosno ako se odvija između 3 i 9 časova

(*dozaDanaId* ≤ 2). Nasuprot tome, letovi koji su kasnije zakazani, čije trajanje je veće od 191 minuta i razdaljina između aerodroma iznosi manje od 1709 milja imaju najveću tendenciju da kasne. Verovatnoća kašnjenja ovakvih letova iznosi 50%.

Testiranje dobijenog modela izvršeno je nad preostalih 30% letova. Performanse modela dobijene su računanjem mere preciznosti, koja se dobija kao količnik zbira dobro klasifikovanih letova na one koji kasne ili ne kasne i ukupnog zbira svih letova. Preciznost iznosi 79,7%.

10. ZAKLJUČAK

U ovom radu predstavljen je jedan deo sistema skladišta podataka, nad kojim je moguće vršiti analize čiji rezultati bi mogli dovesti do otkrivanja glavnih uzroka kašnjenja letova. Za izradu softverskog rešenja, neophodno je bilo prikupiti podatke iz različitih izvora podataka i upoznati se sa značenjem atributa. Prikupljeni podaci su zatim, primenom ETL procesa prečišćeni, transformisani i uskladišteni u OLAP bazu podataka, s ciljem dobijanja strateških informacija u obliku koji je pogodan za donošenje poslovnih odluka. Nad OLAP bazom podataka implementirana je OLAP kocka koja omogućava korisnicima, najčešće analitičarima i menadžerima, da steknu uvid u podatke kroz interaktivan pristup različitim pogledima na podatke. Za prikaz podataka iz OLAP baze podataka implementirana je izveštajna funkcija. Primenom tehnika za istraživanje i obradu velikih količina podataka izvršena je analiza podataka iz OLAP baze podataka u programskom jeziku *R*. Dobijeni rezultati su vizualno prikazani upotrebom različitih tipova dijagrama.

Na osnovu rezultata dobijenih analizom podataka, zaključuje se da je skoro 20% letova u 2016. godini bilo odloženo za bar 15 minuta. Najčešći razlog bio je pojačan avio saobraćaj i promet na aerodromu. Najviše kašnjenja javlja se na letovima ponedeljkom, dok je subota dan kada ima najmanje odlaganja letova. Letovi koji su se odvijali između ponoći i 3 časa noću, imali su najmanje kašnjenja. Najveći broj letova zabeležen je između 12 i 16 časova i tada najčešće dolazi i do odlaganja letova.

Dalji razvoj ovog projekta podrazumeva proširenje skupa podataka o letovima i primenu algoritma klasterizacije za grupisanje letova prema učestalosti kašnjenja određenih tipova aviona.

Sa tehnološkog aspekta, sledeći korak predstavlja implementacija sistema skladišta podataka u okviru *Microsoft Azure* platforme i primena alata za analizu podataka i generisanje izveštaja koje ova platforma pruža.

11. LITERATURA

- [1] Bureau of Transportation Statistics, URL <http://www.transtats.bts.gov> (februar, 2017)
- [2] Airfleets.net, URL <http://www.airfleets.net/home/> (februar, 2017)
- [3] R. Kimball, M. Ross, *The Data Warehouse Toolkit*, 3rd Edition, Wiley, 2013

Kratka biografija:



Tamara Milovanović rođena je u Novom Sadu 1992. god. Fakultet tehničkih nauka upisala je 2011. god. Bečelor rad iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – računarske nauke i informatika, odbranila je 2015. god.

**PROJEKTOVANJE I ISPITIVANJE SINHRONOG MOTORA SA STALNIM
MAGNETIMA ZA PRIMENU U ELEKTRIČNIM VOZILIMA****DESIGN AND TESTING OF A PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS MOTOR TO
BE USED IN ELECTRIC VEHICLES**

Tomislav Gabrić, Zoran Ivanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj - U radu je analizirano stanje pogona električnog vozila sa ciljem prepravke u hibridno vozilo. Ispitani su motori montirani u točkove automobila, koji su o svojoj prirodi sinhroni motori sa stalnim magnetima. Analizirana je konstrukcija tih motora, izvršena defektaža i remont motora koji je neispravan, kao i softverski proračun parametara motora sa ciljem njihove potpune identifikacije u tehničkom smislu i stvaranja platforme za njihovo dalje izučavanje na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu.

Abstract – This paper describes the analysis and design prospects of the motors used for propelling an electric vehicle. Existing motors and their inverters were closely examined, checked for faults and tested. Collected data was used as an input for a specially designed software tool, which in turn provided the missing motor parameters, enabling further insight into their future research. Paper provides a detailed overview of these devices.

Ključne reči: Električni automobili, sinhroni motori, stalni magneti

1 UVOD

Električni automobil je lično prevozno sredstvo budućnosti, koje već danas ima značajan nastup na tržištu vozila. Do potpune elektrifikacije prevoza će proći još neko vreme, tokom kojeg će kao prelazni korak biti veoma atraktivna ideja hibridnih vozila – vozila koja koriste neku od kombinacija pogona koristeći motor SUS i električni motor, ili više njih.

Na Fakultetu tehničkih nauka se otpočelo sa projektovanjem jednog takvog vozila u cilju istraživanja takvog koncepta, zajedničkim radom studenata i profesora elektro i mašinskih struka. Kao platforma će služiti postojeći električni automobil EA1, koji nije u voznom stanju.

U ovom radu su razmotrene mogućnosti upotrebe raznih vrsta motora za pogon, izvršeni su analiza i ispitivanje pogona tog automobila i njegovih motora i pružen je detaljniji uvid u njihov način rada i specifičnu izradu.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Zoran Ivanović, docent.

2 ELEKTRIČNI MOTOR

Na tržištu putničkih električnih vozila postoje već mnoge konfiguracije pogona: jednomotorni, dvomotorni, tromotorni i četvoromotorni, koristeći sinhronu i asinhronu motore. Takođe postoje i brojni hibridni pogoni u ponudi, ali trenutno nema vozila sa motorima montiranim u prostor točka. Za projekat hibridizacije vozila, najpodesniji su takvi motori.

2.1 Hub motori

Hub motori su motori montirani u unutrašnji prostor točka vozila. Za razliku od klasičnih izvedbi, prostor vozila se može optimalnije iskoristiti. Slika prikazuje skoro potpunu iskoristivost tog prostora.



Slika 1: Hub motor unutar točka [1]

Hub motori se mogu izraditi kao motori sa radijalnim i motori sa aksijalnim fluksom i u upotrebi su obe izvedbe sa time da su motori sa radijalnim fluksom više rasprostranjeni. Motori visokih performansi, sa radijalnim fluksom, kao što je npr. YASA 750 su tek od nedavno u ponudi [2].

Većina radijalnih hub motora koristi tzv. inverznu konstrukciju, gde se rotor obrće oko statora i praktično ga obuhvata. Točak vozila se pričvršćuje za rotor, dok je stator pričvršćen za šasiju vozila. Kod aksijalnih motora, rotor i stator su sačinjeni od nekoliko diskova u naizmeničnom laminarnom poretku i tu se točak pričvršćuje za vratilo koje prolazi kroz osu statorskih i rotorskih diskova.

Kod radijalnih hub motora, sama konstrukcija omogućava da prečnik cilindra vazdušnog zazora bude maksimizovan u odnosu na gabarite samog motora što omogućava postizanje većeg obrtnog momenta. Kako je obrtni moment proizvod sile i kraka njenog dejstva:

$$M = F \cdot d \quad (1)$$

gde su: F – sila [N], d – dužina [m], M – obrtni moment [Nm], to se lako zaključuje da se povećanjem kraka sile, prečnika vazdušnog zazora, linearno povećava i obrtni moment.

Međutim, povećanjem prečnika v.zazora, ne samo da se povećava krak sile koja deluje na vratilo, već se povećava i obim mašine i time omogućava smeštanje više aktivnog materijala i povećanje te sile.

Kako se vidi iz obrasca:

$$M = kD^2L \quad (2)$$

gde su k – konstanta, D – prečnik v.zazora [m], L – dužina lim paketa [m], moment motora tada zavisi od kvadrata prečnika. Upravo u tome leži glavni razlog upotrebe ovakve konstrukcije motora koja omogućava maksimizaciju prečnika. Velika vrednost obrtnog momenta je ključna za upotrebu u vozilima, zbog prirode takvog opterećenja.

2.2 Sinhroni i Brushless DC motori u hub izvedbi

Upotreba motora NS u vozilima podrazumeva upravljačku elektroniku koja je neophodna za regulisanje njihovog rada. Odlikuju ih visoka efikasnost i robusnost. Zbog toga što nemaju mehanički komutator, smanjene su potrebe za održavanjem. Komutacija se vrši elektronski u uređajima za upravljanje (invertorima), koji pritom jednosmerni napon sa baterija transformišu u potrebne oblike za rad motora.

U hub izvedbi se mogu naći sinhroni i motori jednosmerne struje bez četkica, tzv. brushless DC (BLDC) motori [3].

Između ova dva tipa motora postoji velika sličnost, a razlike se sastoje u tipu upravljanja i performansama gde je sinhroni motor superiorniji zbog činjenice da u svakom trenutku upotrebljava sve faze dok BLDC, u slučaju trofaznog namotaja, jednovremeno koristi samo dve.

3 ISPITIVANJE POGONA

Ovaj automobil je konstruisan sa 4 sinhrona motora sa stalnim magnetima, ugrađena u prostore unutar točkova, tzv. hub motori, ili in-wheel motori. Kod ovakvih motora se stator pričvršćuje za šasiju automobila, a točak za rotor koji se nalazi oko statora.

Svaki motor je bio napajan sopstvenim inverterom, a svi invertori su primali istu upravljačku referencu sa jednog mesta, pedale gasa.

To nije najbolje rešenje jer time nije omogućena razlika obrtanja točkova sa unutrašnje i spoljašnje strane krivine, što je kod mehaničkog razvoda pogona omogućavao diferencijal. Ovako će doći do proklizavanja točkova sa unutrašnje strane uz narušavanje kvaliteta upravljanja vozilom.

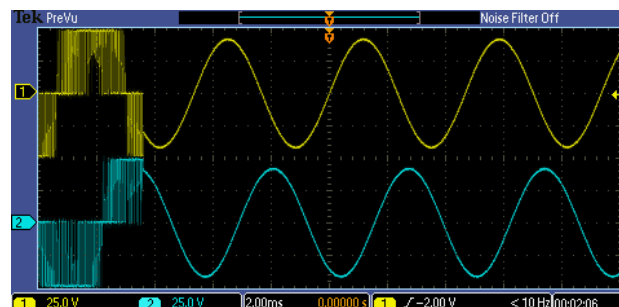
U laboratoriji za električne mašine FTN-a, izvršeno je ispitivanje tri motora i četiri invertora, u svim međusobnim kombinacijama povezivanja.

Rezultati su bili konzistentni i nezavisni od upotrebljenog pretvarača, kao što se vidi u tabeli, sa izuzetkom jednog od motora koji je u praznom hodu ostvarivao višu brzinu od ostalih.

Uređaj	I1	I2	I3	I4
M1	676/240	676/240	676/240	676/240
M2	676/240	676/240	676/240	676/240
M3	760/240	760/240	760/240	760/240

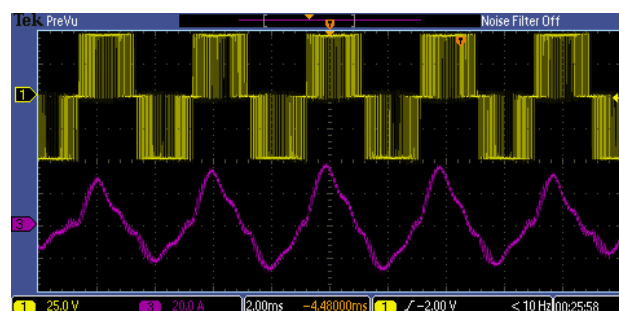
Tabela 1: brzine motora u praznom hodu u o/min

Osciloskopom su snimani odzivi faznih napona i struja, u praznom hodu i pri opterećenju.



Slika 2: fazni naponi i kontra EMS

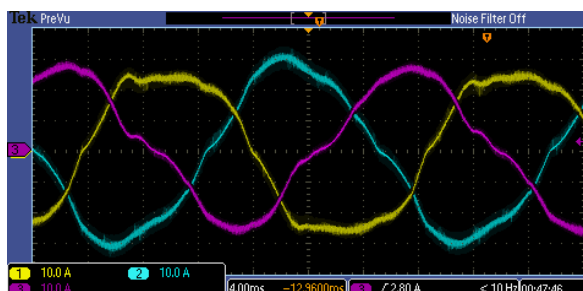
Na slici se vidi napon u praznom hodu, čija priroda otkriva upotrebu PWM u inverteru. Takođe se vidi sinusoidalni oblik kontra EMS nakon što je isključen inverter u radu motora. Na osnovu ovog snimka i merenja broja obrtaja prilikom isključenja, može se izračunati i broj polova motora.



Slika 3: međufazni napon i fazna struja

U praznom hodu, vidi se poprilično deformisan oblik struje, skoro testerast. Motor je zatim ispitivan pod opterećenjem, kakvo je moglo biti obezbeđeno u datim uslovima. Opterećenje je bilo kratkotrajno, trenjem, nepoznatim momentom ali nedovoljnim da se zaustavi rotor.

Kada se motor optereti, struje dobijaju bolji oblik, koji više liči na sinusoidalni oblik. Ističe se razlika u prirodam faznih struja, kako njihove amplitude tako i oblika.



Slika 4: tri fazne struje

Konačno, primenjujući maksimalno izvedivo opterećenje motora, struje su dobile bolji oblik i na ovoj slici se vidi razlika u njihovim oblicima.

Nejednakost oblika struja je posledica projektovanja motora u smislu odabira broja utora, broja polova i posledičnog koraka namotavanja zbog čega mašina nije simetrična.

Može se reći da motor nije optimalno konstruisan, što može biti posledica niza faktora kao što su ljudski resursi proizvođača, vreme i cena izrade. Što je mašina manje snage, manji se i resursi opredeljuju za njeno konstruisanje i izradu.

4 DEFEKTAŽA I SNIMANJE

Jedan od ova četiri motora je bio blokiran, dok su vratila ostala tri motora mogla da se okreću rukom. Blokirani motor je odnet na remont u fabriku „ATB Sever“ u Subotici, gde je izvršena defektaža. Ustanovljeno je da je zbog kvara zaptivača između statora i rotora, došlo do prodora vode i čestica u prostor vazdušnog zazora što je konačno izazvalo kratak spoj i pregorevanje namotaja statora.

Kako je motor ušao u proces remonta, bio je očišćen i rastavljen, pa se moglo pristupiti analizi unutrašnjosti i konstrukcije. Podaci koji su izmereni su upotrebljeni kao ulazne veličine za softverski alat koji služi za proračun sinhronih mašina sa stalnim magnetima.

4.1 Sinhroni motor sa stalnim magnetima

Analizom je ustanovljeno da se radi o trofaznom sinhronom motoru sa stalnim magnetima na rotoru, čiji fizički podaci su dati u tabeli.

Dužina lim paketa	40mm
Prečnik statora	197,55 mm
Prečnik rotora unutrašnji	198,65 mm
Dijametralno rastojanje dna žljebova	168 mm
Debljina jarma statora	2,5 mm
Broj limova (ekvivalentni)	80
Broj utora na statoru	51
Broj magneta na rotoru	46
Dimenzije magneta	42x14x3,2 mm
Poprečni presek utora na statoru	61,31 mm ²
Namotaj	21 x φ0,5
Broj navojaka u utoru	6
Vazdušni zazor	0,55 mm

Tabela 2: mere i podaci motora

Po jednom faznom namotaju, potrebno je oko 10m snopa. Statorski lim paket je izrađen spiralnim namotavanjem trake dinamo lima, koja je perforirana tako da formira statorske utore, kao što se vidi na slici 5.

Ovo je metod proizvodnje prilagođen maksimalnom smanjenju gubitaka u proizvodnji.

Broj polova i same dimenzije mašine su ograničavajući faktori za odabir broja statorskih utora i time koraka namotavanja [4].

Zbog kumulativnog efekta svih tih faktora, kao i tehnoekonomske analize proizvodnje, ovakvi motori nisu optimalno projektovani, sa čisto tehničkog aspekta, praveći mnoge kompromise u proizvodnji.



Slika 5: lim paket i ceo stator

Takođe je ustanovljeno da treba promeniti ležaj rotora i holove sonde. U lim paket su ugrađene tri holove sonde koje moraju biti zamenjene jer nije mogao biti očišćen paket i skinuti namotaji bez uklanjanja sonde, pritom verovatno su neke, ili sve, neispravne zbog prodora vode. Kako su sonde izuzetno malih dimenzija i golim okom nije bilo moguće pročitati oznake, odnete su u alatnicu i pogledane pod mikroskopom gde je uspešno pročitana oznaka na sondama - S49, pomoću čega je pronađena odgovarajuća zamena.

Uočen je mali vazdušni zazor od samo 0.55mm mereno na mestu najmanjeg zazora. Zbog toga što je statorski lim paket okrugao, a rotorski magneti su pločice poredane po obimu, vazdušni zazor blago varira u dužini. Ovako mali vazdušni zazor predstavlja važan faktor prilikom odlučivanja u projektovanju zbog činjenice da kod hub motora ležaj rotora ustvari nosi težinu automobila (idealno četvrtinu težine po točku) uprkos kojoj mora da održi taj zazor prilikom rotacije, vibracija, udaraca i ostalih uobičajenih događaja koji se imaju prilikom vožnje. U slučaju kontakta statora i rotora doći će do nepovratne štete po motor.

Uvidom u unutrašnjost motora i premerom su se dobili potrebni podaci za kasniji unos u softver za proračun mašina sa stalnim magnetima. Kako je softver prilagođen za topologiju sa unutrašnjim rotorom, dobijene mere motora su prilikom unosa ekvivalentirane tako da odražavaju takvu topologiju.

5 PRORAČUN SOFTVERSKIM ALATOM

Proračun softverskog modela daje podatke o motoru, parametre do kojih nije bilo moguće doći uvidom, kao i njegovu izlaznu generatorsku karakteristiku. Softver koji se koristi je specijalno razvijen za potrebe fabrike u smislu razvoja sinhronih generatora. Iako je softver predviđen za standardnu topologiju motora sa radijalnim fluksom – rotor se vrti unutar statora, bilo je moguće izvršiti proračun koji će važiti i za ovu topologiju, prilagođavajući određene veličine ekvivalentirajući ih.

Prema proračunu, otpornost hladnih faznih namotaja je preko izraza:

$$R_{sh} = \rho_{cu} \cdot \frac{l_u}{q_n} \quad (3)$$

dobijena da iznosi $R_{sh} = 0.037\Omega$, a toplih $R_s = 0.047\Omega$, a gubici u bakru statora iznose

$$P_{cu} = m \cdot i_s^2 R_s = 143.7 \text{ W} \quad (4)$$

Ukupni gubici u gvožđu statora, u režimu praznog hoda pri frekvenciji od 220Hz, koristeći izraze:

$$P_{js} = 1.7 \cdot v_1 \cdot \left(\frac{f}{50}\right)^{1.3} \cdot B_{js1}^2 \cdot m_{zs} \quad (5)$$

$$P_{zs} = 2.5 \cdot v_1 \cdot \left(\frac{f}{50}\right)^{1.3} \cdot B_{zs1}^2 \cdot m_{zs} \quad (6)$$

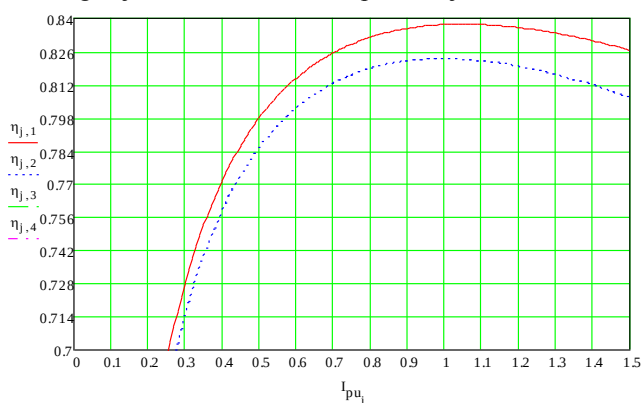
iznose

$$P_{Fe} = P_{zs} + P_{js} = 154.4 \text{ W} \quad (7)$$

od čega čak 95% pripada gubicima u zupcima P_{zs} . Sličnost iznosa gubitaka u bakru i gvožđu je pokazatelj dobre balansiranosti motora po pitanju količine ugrađenog materijala.

Proračun je pokazao da je indukcija u jarmu statora, $B_{js} = 0.324 \text{ T}$ što je dosta mala vrednost, ali i očekivana za ovaj tip motora [5]. Ovakva vrednost govori da postoji još prostora za smanjenje mase statorskog jarma, isključivo sa aspekta zasićenja magnetnog kola. Indukcija u zupcima statora $B_{zs} = 1.57 \text{ T}$ je takođe očekivana kao najveća, i u dobrim granicama je, zupci ovog statora uglavnom nisu u zasićenju i u saglasnosti je sa rasporedom gubitaka u gvožđu jer zavise kvadratno od indukcije.

Za frekvenciju od 220Hz, dobijene su sinhrona reaktansa X_d i ukupna reaktansa rasipanja statora X_s , koje iznose $X_d = 0.131\Omega$ i $X_s = 0.113\Omega$. Stepen korisnog dejstva je sračunat da ima vrednost od $\eta = 0.823$ što je u skladu sa očekivanjima i činjenicom da se radi o veoma malom motoru i maloj snazi koja je na osnovu analize procenjena da je oko 1kW. Proračun je pokazao i kretanje stepena korisnog dejstva u zavisnosti od opterećenja.



Slika 6: promena stepena korisnog dejstva u zavisnosti od promene struje opterećenja u generatorskom režimu

6 ZAKLJUČAK

Prikupljanjem podataka tokom ispitivanja u laboratoriji za električne mašine FTN-a u Novom Sadu, remontom u fabrici ATB Sever i modelovanjem u softveru za proračun

sinhronih mašina, omogućeno je dobijanje podataka za ekvivalentnu šemu motora i njegovu identifikaciju u tom smislu.

Poznajući parametre ekvivalentne šeme motora i njegovih generatorskih karakteristika, omogućeno je dalje ispitivanje u svrhu istraživanja ovakvih motora i pogona koji ih koriste. Ispitivanjem pod opterećenjem će se doći do procene kakve performanse vozila se mogu očekivati upotrebom ovakvih motora za hibridni pogon. U tu svrhu projektovano je modularno postolje za prihvatanje dva ovakva motora, aksijalno poravnatih, koji će kada se spregnu, opterećivati jedan drugog. Modularnost postolja će omogućiti da motor bude opterećen i drugim mašinama, drugih osnih visina u laboratoriji za električne mašine FTN-a, u svrhu izvođenja laboratorijskih vežbi za studente i druga buduća istraživanja.

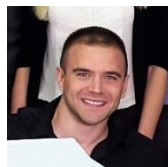
Ispitivanje ovakvih mašina na fakultetima postaje sve važnije zbog rastućeg broja ovih mašina u raznim upotrebama.

Kao takvi, postaju nezaobilazna materija za izučavanje u školovanju budućih inženjera.

7 LITERATURA

- [1] <https://www.proteanelectric.com>
- [2] <http://www.yasamotors.com/products/yasa-750/>
- [3] Brushless permanent magnet motor design, second edition – dr. Duane Hanselman, 2006
- [4] Electrical machines – A.Ivanov-Smolensky, 1982.
- [5] Electric machinery, fourth edition – Fitzgerald, Kinsley, Umans, 1985.

Kratka biografija:



Tomislav Gabrić rođen je 1988. godine u Novom Sadu, gde je i stekao osnovno, srednje i visoko obrazovanje. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu iz oblasti Elektrotehnika i računarstvo - energetska elektronika i električne mašine odbranio je 2017. godine.



Zoran Ivanović je docent na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, na katedri za Energetsku elektroniku i pretvarace. Predaje i bavi se obnovljivim izvorima električne energije.

PRORAČUN I ISPITIVANJE RADA INDUKCIONE PEĆI BEZ MAGNETSKOG JEZGRA

DIMENSIONING AND TESTING OF THE CORELESS INDUCTION FURNACE

Marina Marinković, Stevan Grabić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu predstavljen je osnovni princip rada indukciione peći bez magnetskog jezgra kao i njena konstruktivna izvedba. Na osnovu izvršenog numeričkog proračuna, indukciione peći bez magnetskog jezgra koja je namenjena za topljenje gvožđa, pokazano je kako se vrši izbor najboljih operativnih parametara indukcionog postrojenja. Testiranjem upravljačkog algoritma kontrolne elektronike, osciloskopom su mereni signali pomoću kojih se vrši regulacija snage i frekvencije lončane indukciione peći.

Abstract – This paper presents the basic principle of the coreless induction furnace as well as its structural design. Based on the performed numerical calculation of the coreless induction furnace designed for the melting of iron, it was shown how the best operating parameters of the induction plant are selected. By testing the controlling electronics control algorithm, the oscilloscope was used to measure the signals by means of which the control of the power and the frequency of the induction furnace is performed.

Ključne reči: Indukciona peć bez magnetskog jezgra, lončana indukciiona peć, proračun indukcionog postrojenja, regulacija snage i frekvencije.

1. UVOD

Indukciono zagrevanje metala predstavlja jednu od najefikasnijih tehnika termičke obrade metala. Indukcionim zagrevanjem toplota se razvija neposredno u radnom materijalu koji se termički obrađuje, što znači da se materijal greje bez prisustva kontaktnih mesta. Sledeći bitan kvalitet indukcionog grejanja sadržan je u činjenici velike brzine grejanja, odnosno proizvodnih mogućnosti i kapaciteta. Proces transformacije električne energije u toplotu, odnosno, sam princip zagrevanja metala elektro-magnetnom indukcijom, realizovan je pomoću indukcionih uređaja, odnosno električnih indukcionih peći. Shodno postavljenim zahtevima za termičku obradu metala, postoje različite vrste indukcionih peći. Na osnovu radnih parametara koji se žele postići, postoje različite konstruktivne izvedbe svake peći. Dimenzionisanje indukcionog uređaja zavisi od toga da li metal želi da se topi ili samo zagreva zbog obrade i postizanja boljih performansi legure. Za svaku moguću konstrukciju izvedbu indukciione peći mora se obezbediti adekvatna kontrolna i zaštitna elektronika. Kontrolna elektronika mora da obezbedi regulisan rad indukcionog postrojenja dok zaštitna elektronika deluje u slučaju ne regulisanog režima rada i nekih mogućih nepoželjnih dešavanja.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Stevan Grabić, vanr. prof.

U ovom radu je prikazan princip rada, numerički proračun radnih parametara i dimenzionisanje indukciione peći bez magnetskog jezgra. Zatim regulacija snage i frekvencije indukcionog postrojenja.

2. INDUKCIONO ZAGREVANJE I INDUKCIONE PEĆI

Indukciono zagrevanje u principu predstavlja direktno pretvaranje elektromagnetne energije u toplotu. Uređaj za indukciono zagrevanje metala u suštini predstavlja namotaj, koji se napaja naizmeničnom strujom. Telo koje se zagreva – šarža smešteno je u naizmeničnom magnetnom polju koga stvara namotaj – induktor koji najčešće ima oblik solenoida.

Promena veličine ili smera magnetnog polja, generiše elektromotornu silu. Eksperimenti pokazuju da je pri ovome ključna zapravo svaka promena veličine koja se naziva magnetni fluks Φ . Svaka promena magnetnog fluksa indukuje, u radnom materijalu, promenljivu elektromotornu silu ϵ_{ind} , a proces se naziva elektromagnetna indukcija.

Promenljiva elektromotorna sila, u radnom materijalu, generiše vrtložne struje koje zagrevaju telo. U opštem slučaju, korisna snaga zagrevanja usled vrtložnih struja zavisi od učestanosti, maksimalne jačine magnetnog polja, geometrije - debljine i dužine materijala, kao i osobina - specifične otpornosti i permeabilnosti materijala koji se zagreva. Konstruktivno izvođenje indukciione peći za termičku obradu metala, u zavisnosti od postojanja feromagnetnog jezgra i načina tretiranja radnog komada, moguća je u tri oblika:

1. Indukciona peć bez magnetskog jezgra – lončana indukciiona peć,
2. Indukciona peć sa magnetskim jezgrom – kanalna indukciiona peć i
3. Indukciona vakumska peć.

Sve tri vrste indukcionih peći se koriste za topljenje metala, izuzev lončane indukciione peći koja je pogodna i za površinsko zagrevanje metala radi dobijanja boljih performansi same legure.

2.1. Indukciona peć bez magnetskog jezgra

Indukciione peći bez magnetskog jezgra se koriste kao visoko produktivne topioničke jedinice i imaju široku primenu u livnicama kako obojenih tako i crnih metala. Ukoliko je šarža elektroprovodna tada se radi o direktnom grejanju indukcijom, u suprotnom se koriste indirektni grejni sistem. Izbor radne učestanosti lončane indukciione peći zavisi od svrhe grejanja, vrste materijala, agregatnog stanja šarže, veličine komada, odnosa prečnika induktora i

radnih komada, kao i postavljenih tehnoloških zahteva. Na osnovu postavljenih zahteva vrši se izbor između mrežne frekvence od 50 Hz, povišene od 150 Hz do 250 Hz, srednje do 10 kHz, i visoke preko 10 kHz. Pećni induktori se izvedu uglavnom kao monofazni kalemovi zbog čega postoji problem priključenja peći na napojnu mrežu.

2.2. Indukciona vakumska peć

Indukciona vakumska peć predstavlja posebnu izvedbu lončane peći. Vakumska peć je pogodna samo za topljenje metala, i ovim putem se rešava problem oksidacije metala, odnosno, metal se čisti za vreme topljenja i izlivanja. Celokupni sistem za topljenje i izlivanje je zatvoren u vakumskom prostoru. Postrojenje ovakve peći je veoma skupo ali je opravdano, pošto se dobija čist metal bez šljake.

2.3. Indukciona peć sa magnetskim jezgrom

Indukcione peći sa magnetskim jezgrom koriste se u savremenim livnicama obojenih metala. Kanalne indukcione peći se mogu teorijski posmatrati kao transformatori sa kratko spojenim sekundarom. Sekundarni navoj je metal u kanalu peći. Kod ove peći se snaga kratkog spoja koristi za grejanje i topljenje metala u kanalu. Kanalne indukcione peći se izvedu kao dvofazne ili trofazne a veoma retko kao monofazne, i napajaju se naponima mrežne učestanosti dok se regulacija napona i snage vrši pomoću regulacionih transformatora.

3. INDUKCIONA PEĆ BEZ MAGNETSKOG JEZGRA

Električna indukciona peć lončanog tipa se smatra najpulačnijim tipom indukcione peći, što je posledica velike primene u metalnoj industriji.

3.1. Radni parametri

Izbor radne frekvencije varira zavisno od metala koji se obrađuje, kapaciteta peći, zahtevane brzine i vrste termičke obrade. Kod indukcionog grejanja dubina progrevanja radnog komada srazmerna je dubini prodiranja, i funkcionalno zavisna od učestanosti struje. Dubinom prodiranja struje u radnom komadu je definisana sledećim izrazom

$$\delta = 503 \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\mu_r \cdot f}} \text{ [mm]}. \quad (1)$$

Regulišući učestanost može se dubina prodiranja, u materijalu, menjati po želji i potrebi. Izbor snage lončane indukcione peći zavisi od zahtevanih proizvodnih kapaciteta (kg/h), vrste metala koji se obrađuje, kao i od svrhe grejanja, odnosno, da li je u pitanju livenje, kovanje ili kaljenje. Zbog nepostojanja magnetskog jezgra, konstrukcioni faktor snage lončane indukcione peći je veoma loš, reda 0.1. Posledica toga je znatno prisustvo reaktivne snage koju treba kompenzovati. Faktor snage zavisi od kvaliteta elektromagnetne sprege induktora i šarže, a na to utiče njihova uzajamna geometrija, debljina zida lonca kao i vrsta grejanog materijala, odnosno, dubina prodiranja struje u njemu. Radni napon se određuje na osnovu kapaciteta metala koji se termički obrađuje i na osnovu nominalnog napona baterije kondenzatora koja se koristi za kompenzaciju reaktivne snage. Nakon što se odrede svi radni parametri, ide se na odabir električnih komponenti koje odgovaraju izabranom frekvenciji, naponu i snazi.

Zbog velike frekvencije imaju se veliki gubici koji zagrevaju električne komponente zbog toga se posebna pažnja mora posvetiti sistemu za hlađenje.

3.2. Induktor i izlivni sistem

U slučaju topljenja metala, induktor se smešta u izlivni sistem i to je vitalni deo peći. Ukoliko se želi postići odgovarajuća temperatura metala radi kovanja ili kaljenja, tad je induktor fiksiran. Induktor se namotava od šupljih bakarnih profila. Debljina aktivnog preseka bakrnog profila se definiše dubinom prodiranja struje a šupljina potrebnim protokom rashladne vode. Prečnik i dimenzije induktora zavise od količine metala koji se obrađuje i od snage frekventnog pretvarača. Pored toga, mora se voditi računa i o njegovoj induktivnosti. Poznato je da, induktor zajedno sa baterijom kondenzatorom čini oscilatorno kolo, što znači da se njegovom induktivnošću mora postići rezonantna frekvencija oscilatornog kola. Induktivnost induktora se određuje na osnovu sledećeg izraza

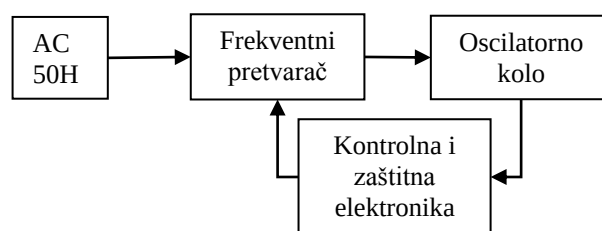
$$L = \frac{(Nd_i \pi)^2}{l_i + 0.45d_i} 10^{-7} \text{ [H]}. \quad (2)$$

3.3. Rashladni sistem

Za bezbedan i siguran rad svih elemenata lončane indukcione peći, mora se obezbediti rashladni sistem. Zbog visoke radne struje, imaju se veliki Džulovi gubici (RI^2). Snaga gubitaka zagreva poluprovodničke komponente, transformator i prigušnicu LC filtera frekventnog pretvarača. Zatim, baterije kondenzator i induktor oscilatornog kola. Pored toga, deo temperature radnog materijala se prenosi na induktor što značajno doprinosi njegovom grejanju. Kao rashladni fluid najčešće se koristi voda, veoma retko se primenjuje hlađenje strujanjem vazduha.

4. KONSTRUKCIJA IZVEDBA INDUKCIONE PEĆI BEZ MAGNETSKOG JEZGRA

Lončana indukciona peć se može podeliti u tri bloka kao na slici 1.



Slika 1. Blok šema lončane indukcione peći

4.1. Frekventni pretvarač

Frekventni pretvarač podešava mrežnu frekvenciju, napon i snagu prema zahtevima. On se sastoji od ispravljača, LC filtera, invertora i transformatora. Ispravljač ulazni neizmjenični napon (AC) pretvara u jednosmerni (DC) napon na izlazu. U sklopu frekventnog pretvarača za napajanje indukcione lončane peći koristi se jedan od sledeća tri ispravljača:

1. Trofazni mosni diodni (neupravljivi) ispravljač,
2. Trofazni mosni tiristorski (punoupravljivi) ispravljač,
3. Neupravljivi ispravljač sa prekidačkim regulatorom (buck regulator).

LC filter smanjuje talasnosnost izlaznog napona ispravljača. Pomoću invertora, ulazni DC napon se pretvara u izlazni AC napon željene frekvencije. Za frekvenciju do 10kHz, inverter frekventnog pretvarača je realizovan pomoću tiristora dok se za frekvencije do 400kHz koriste tranzistorski prekidači. Za veće frekvencije se koriste pretvarači realizovani pomoću elektronskih (vakumskih) cevi. Najčešće konfiguracije invertora u sklopu frekventnog pretvarača je mosni (H most) i polumosni inverter i oni se u principu napajaju iz naponskog ili strujog izvora, zbog čega se još nazivaju naponski ili strujni. Naponski invertori mogu biti povezani i sa rednim i sa paralelnim oscilatornim kolom, dok strujni inverter na svom izlazu može imati samo paralelno oscilatorno kolo. Napon na izlazu invertora, pomoću transformatora, se podešava na vrednost nominalnog napona baterija kondenzatora oscilatornog kola.

4.2. Oscilatorno kolo

Radni materijal (šarža) se nalazi u oscilatornom kolu, koje se još naziva i rezonantno kolo. Ono se sastoji od redene ili paralelne veze baterije kondenzatora i induktora. Pri razmatranju rezonantnog kola u obzir se uzima i električna otpornost induktora. U rezonantnom kolu energija osciluje između induktora i baterija kondenzatora. Frekvencija oscilacije zavisi od kapaciteta kondenzatora i induktivnosti induktora. Efekat rezonanse se javlja kada je reaktansa induktora, $X_L = 2\pi fL$,

jednaka kapacitivnoj reaktansi, $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$. Frekvencija

na kojoj se ova jednakost ($X_L = X_C$) javlja, zove se rezonantna frekvencija i ona je definisana sledećim izrazom

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \text{ [Hz]}. \quad (3)$$

U konfiguraciji rednog oscilatornog kola, kondenzator, induktor i otpornik (unutrašnji električni otpor induktora) su vezani na red. Do rezonanse u rednom oscilatornom kolu dolazi kada su induktivna i kapacitivna reaktansa jednake po vrednosti ali se međusobno poništavaju jer su u kontra fazi što dovodi do toga da se i naponi na ove dve komponente poništavaju. Prema tome, napon napajanja rednog oscilatornog kola, je jednak naponu na otporniku. Tada je impedansa kola je čisto reaktivna, odnosno ona ima minimalnu vrednost zbog čega se ima maksimalna struja u kolu. Paralelno oscilatorno kolo se sastoji od paralelne veze kondenzatora, induktora i otpornika. I kod paralelnog oscilatornog kola, u rezonansi, induktivna i kapacitivna komponenta su međusobno jednake i u kontra fazi zbog čega se one poništavaju. Otuda su i struje kroz induktor i kondenzator međusobno jednake i poništavaju jedna drugu. U rezonansi, impedansa paralelnog oscilatornog kola je maksimalna, što rezultuje minimalnu struju. Faktor kvaliteta, u rednom oscilatornom kolu daje povećanje napona u kolu, dok u paralelnom oscilatornom kolu, daje povećanje struje u kolu.

4.2. Kontrolna i zaštitna elektronika

U slučaju frekventnog pretvarača realizovanog pomoću tranzistora, kontrolna elektronika se sastoji od PLL kartice, PW kartice i drajvera. Pomoću PLL – a se vrši regulacija po trenutnom faznom stavu i frekvenciji oscilatornog kola. Odnosno, PLL kartica generiše frekvenciju

koja je jednaka rezonansi oscilatornog kola i definiše ugao okidanja tranzistora. Kartica PW reguliše napon, odnosno, snagu oscilatornog kola tako što određuje dužinu vođenja dijagonalnih invertorskih tranzistora. Samo uključivanje i isključivanje tranzistora vrši drajver. Napon i frekvencije se u kontrolnu elektroniku dovode preko mernog povratnog transformatora. Zaštitna elektronika lončane indukcione peći se sastoji od tri kartice:

1. kartica za merenje i zaštitu - MIZ kartica,
2. kartica za naponsko – frekventnu zaštitu - NFZ kartica,
3. kartica za zemljospojnu zaštitu.

5. PRORAČUN INDUKCIONE PEĆI BEZ MAGNETSKOG JEZGRA

Proračun koji je ovde predstavljen odnosi se na lončanu indukcionu peć koja je namenjena za topljene gvožđa. Proizvodni učinak peći koji se želi postići je 300kg/h liva gvožđa. Za topljenje zadate količine gvožđa potrebna aktivna snaga $P = 200\text{kW}$, i frekvencija od $f = 1\text{ kHz}$. Kako bi se ispunili postavljeni zahtevi neophodno je da reaktivna snaga bude od 10 do 15 puta veća u odnosu na aktivnu snagu. Prilikom projektovanja lončane indukcione peći, uvek se kreće od radnog materijala, odnosno proračuna oscilatornog kola. Paralelno oscilatorno kolo je pogodno za snage do 50kW dok se za veće snage, kao u ovom slučaju, koristi redno oscilatorno kolo. Na osnovu dobijenih rezultata, određuju se radni parametri frekventnog pretvarača, i dimenzionisanje njegovih komponenti. Frekventni pretvarač, u ovoj izvedbi peći, se sastoji od trofaznog diodnog mosnog ispravljača, LC filtera, tranzistorskog invertora i transformatora. Na kraju, na osnovu dobijenih rezultata, prelazi se na projektovanje peći, odnosno crtanje električne šeme indukcionog postrojenja.

6. ISPITIVANJE KONTROLNE ELEKTRONIKE

Ovde će biti predstavljeno na koji način funkcioniše PLL i PW kartica i kartica sa drajverima. Osciloskopom su mereni signali koji se generišu na karticama, koji određuju ugao okidanja, fazni stav i dužinu vođenja invertorskih tranzistora. Ispitivanje kontrolne elektronike se vrši na testeru elektronskih kartica a izvor signala, koji su potrebni za testiranje kartica, je generator funkcije.

6.1. PLL kartica

Naponski sinusoidni signal, sa strujnog transformatora, se uvodi u PLL karticu. Tamo se pomoću naponskog razdelnika dobija informacija o struji oscilatornog kola, I_{SF} . Struja I_{SF} , kao jedan od ograničavajućih faktora, uvodi se u logiku PW-a.

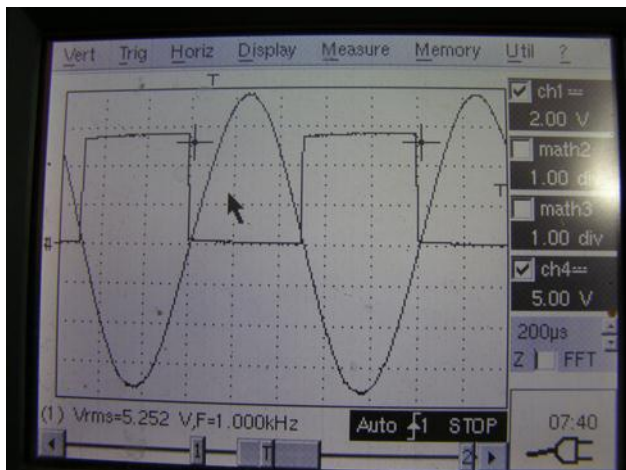
Upravljački algoritam PLL kartice, prati promenu frekvencije oscilatornog kola, i na osnovu nje generiše dva signala koja su u kontra fazi koja se takođe uvode u logiku PW-a gde se obrađuju. Na osnovu njih se generišu izlazni impulsi PW-a koji se dalje prosleđuju drajverima za okidanje tranzistora. Ova dva signala u okviru PLL-a generišu treći signal. To je regulišući signal koji se takođe menja promenom frekvencije i on je duplo veće frekvencije što je posledica potrebne regulacije u dve poluperiode.

6.2. PW kartica

Sinusoidni napon rednog oscilatornog kola, U_{SF} , u PW karticu, se uvodi pomoći naponskog mernog transformatora. Napon na sekundaru transformatora, pomoću naponskog razdelika, se prevodi u referentni napon PW-a koji je u opsegu $U_{ref} = 2 \div 7 \text{ V}$. Na osnovu referentnog napona u PW-u, generiše se poredbeni DC napon koji je u intervalu $U_{DCpor} = 5 \div 10 \text{ V}$. Pored toga, na vrednost poredbenog napona utiče i struja I_{SF} iz PLL-a. Upravljački algoritam PW kartice generiše testerasti signal čija je gornja i donja granica ograničena poredbenim naponom. Regulišući signal iz PLL-a, upravlja radom testerastog signala. Odnosno, kako se regulišući signal menja promenom frekvencije tako se i testerasti signal menja promenom frekvencije. Testerasti signal je takođe duplo veće frekvencije kao i regulišući signal. Logika PW kartice, od testerastog signala, u kombinaciji sa poredbenim naponom, generiše četvrtaste naponske signale promenljive širine koji služe za okidanje tranzistora, i to dva signala fiksne širine a dva promenljive. Naponski signali za uključivanje dijagonalnih tranzistora invertora frekventnog pretvarača moraju da budu u fazi.

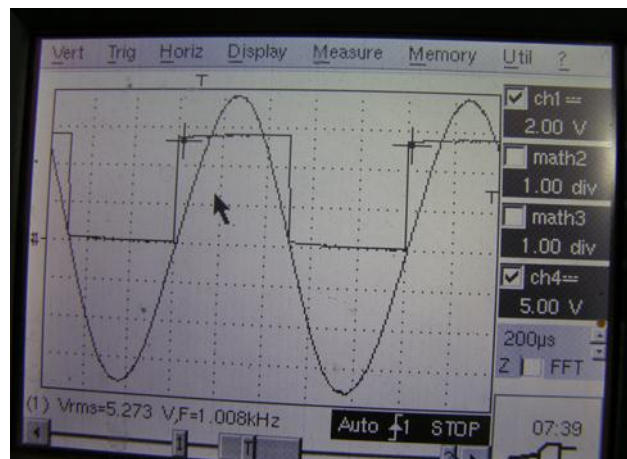
Na drajverskoj kartici, naponski signal iz PW-a se pojačava u opsegu gornje i donje granice napona. Gornja granica napona je 15V, logička jedinica, i to je signal za uključivanje tranzistora. Naponski signal za isključenje tranzistora, logička nula, predstavlja donju granicu napona od -7V. Kada se simulira rad oscilatornog kola, kao proizvod regulacije, na invertoru, odnosno, H mostu, imamo da je napon četvrtastog oblika a struja sinusoidnog. Na slici 2 su prikazani strujni i naponski signali dijagonalnih tranzistora pri punom vođenju oba tranzistora.

Ovde se može primetiti da je naponski signal u fazi sa negativnom poluperiodom strujnog signala koju generišu ovi dijagonalni tranzistori.



Slika 2. Naponski i strujni signal jedne dijagonale invertora

Naponski i strujni signal druge dijagonale invertorskih tranzistora pri punom vođenju oba tranzistora su prikazani na slici 3. Ovde je naponski signal u fazi sa pozitivnom poluperiodom strujnog signala koju generišu ovi dijagonalni tranzistori.



Slika 3. Naponski i strujni signal druge dijagonale invertora

7. ZAKLJUČAK

Primena sistema indukcionog grejanja u metalu – prerađivačkoj industriji, predstavlja najpopularniji metod termičke obrade metala. Ovde je predstavljen jedan od nekoliko mogućih numeričkih proračuna, indukcione peći bez magnetskog jezgra, gde na osnovu dobijenih rezultata zavisi dalje projektovanje indukcionog postrojenja. Regulacija snage i frekvencije se takođe može vršiti na nekoliko načina, međutim, način koji je ovde predstavljen je jedan od najpouzdanijih metoda. Sve druge metode su bazirane na istom principu ali sa drugom upravljačkom logikom. Dobijeni rezultati u ovom radu treba da posluže za dalji razvoj i usavršavanje ove tehnologije. Dosadašnja istraživanja ukazuju da treba očekivati da će se daljim eksperimentisanjem sa kontrolnom elektronikom i samom izvedbom peći, dobiti poboljšanje u regulaciji i bolji stepen iskorišćenja lončane indukcione peći. Iz ovde izvršene sistematizacije širokog spektra podataka se mogu izvući smernice za dalji napredak.

8. LITERATURA

- [1] R. Radetić: *Tranzistorski pretvarači*, Infoelektronika, Bor, 2006.
- [2] V. Brajović: *Elektrotermija – sistem indukcionog grejanja*, Univerzitet "Svetozar Marković", Kragujevac, 1985.
- [3] V. Rundev, D. Loveless, R. Cook, M. Black: *Handbook of Induction Heating*, University of Toledo, Ohio, 2002.

Kratka biografija:



Marina Marinković je rođena u Loznici, Srbija, 13.01.1993. god. Osnovne akademske studije je završila 2016. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetski sistemi odbranila je 2017. god.

PROJEKTOVANJE PRAVOUGAONE MIKROSTRIP PEČ I L ANTENE

DESIGN OF RECTANGULAR MICROSTRIP PATCH ANTENNA AND L SHAPED ANTENNA

Ivana Nikolić, Mirjana Damjanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast - ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je prikazano projektovanje pravougaone mikrostrip peč antene i mikrostrip peč antene u obliku slova L. Cilj je bio da se projektuje antena koja emituje signal na frekvenciji od 2,4 GHz. Za simulacije je korišćen programski paket CST STUDIO SUITE (demo verzija).

Abstract – This paper presents design of rectangular microstrip patch antenna and L shaped microstrip patch antenna. The aim was to design antenna, which will resonate at 2,4 GHz frequency. For simulation was using CST STUDIO SUITE software.

Ključne reči: Antena, zračenje, mikrostrip, peč, CST

1. UVOD

Antene su jedan od osnovnih uređaja za bežični prenos podataka i spadaju u grupu najkritičnijih komponenti u takvim sistemima. Mogu biti napravljene od različitih materijala i imaju različite oblike, kako bi zadovoljile određene potrebe pri radu. Dobro projektovana antena treba da obezbedi systemske zahteve i poboljša celokupni učinak sistema.

Frekvencija zračenja od 2,4 GHz, za koju će antena biti projektovana, ima široku primenu u svakodnevnom životu, a neke od njih su bežična internet komunikacija (eng. Wi-Fi), IEEE 802.15.1 standard (eng. Bluetooth), mikrotalasne pećnice, alarmi automobila... U zavisnosti od primene, antene na ovoj frekvenciji treba da imaju različite karakteristike kao što su propusni opseg, širina snopa, snaga zračenja, pojačanje itd. [1].

Antena se najjednostavnije može definisati kao jedno-pristupni metalni uređaj koji može da prima ili zrači radio talase. Drugim rečima, antena je „prolazna” struktura između slobodnog prostora i sistema za njeno napajanje, odnosno izvora signala koji treba preneti. U idealnom slučaju, energija generisana izvorom treba da bude u potpunosti preneti kroz ceo sistem antene. Međutim, u praktičnim slučajevima postoje gubici u provodniku i dielektriku, izazvani prirodom transmisije linije i samom antenom, kao i zbog refleksije između transmisije linije i antene.

Osnovni parametri antena su dijagram zračenja, lobovi dijagrama zračenja, pojačanje, širina propusnog opsega, širina snopa zračenja, polarizacija emitovanih talasa itd, i u zavisnosti od primene antene, ovi parametri treba da zadovolje neke uslove.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji je mentor bila dr Mirjana Damjanović, red.prof

2. MIKROSTRIP PEČ ANTENE

Mikrostrip peč (eng. Microstrip patch - MSP) antena predstavlja provodni element proizvoljnog oblika na odgovarajućoj podlozi, koja je sa druge strane prekrivena provodnim materijalom koji predstavlja masu. MSP antene se koriste u aplikacijama u kojima nisu potrebne antene visokih performansi. Pogodne su za mobilne, radio i bežične komunikacije, a prilagodljive su planarnim i neplanarnim površinama. Jeftine su i jednostavne za proizvodnju korišćenjem tehnologije štampanih ploča (eng. Printed circuit board - PCB).

Peč antena može imati različite oblike, kao što su kvadratni, pravougaoni, dipolni, kružni, eliptični, a često se koriste i nepravilni oblici koji mogu dati jako dobre karakteristike anteni, ali se njihove dimenzije i oblici moraju određivati optimizacijom.

2.1. Pravougaona mikrostrip peč antena

Zbog svoje jednostavne geometrije, najjednostavnije je projektovati pravougaonu MSP antenu. U procesu projektovanja, pretpostavlja se da je poznata dielektrična konstanta podloge ϵ_r , visina podloge h i frekvencija zračenja antene f_r . Za efikasnu snagu zračenja, širina pravougaone MSP antene W se može približno odrediti sledećom jednačinom:

$$W = \frac{c}{2f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (1)$$

a dužina antene L kao:

$$L = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_{eff,p}}} - 2\Delta L, \quad (2)$$

gde je c brzina svetlosti u vakumu, ΔL prividno proširenje dužine antene koje nastaje zbog rasipanja električnog polja i definiše se kao:

$$\Delta L = 0,412 h \frac{(\epsilon_{eff,p} + 0,3) \left(\frac{W}{h} + 0,264\right)}{(\epsilon_{eff,p} - 0,258) \left(\frac{W}{h} + 0,8\right)}, \quad (3)$$

dok je ϵ_{eff} efektivna dielektrična konstanta, definisana kao dielektrična konstanta uniformnog dielektričnog materijala:

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{W} \right]^{-1/2}. \quad (4)$$

Ova jednakost važi samo ukoliko je $W/h > 1$, [1].

Kako je, kao podloga antene, korišćen material FR4, njegova dielektrična konstanta ϵ_r je 4,3, a debljina h je 1,55 mm. Kao što je već napomenuto, antena treba da emituje signal na frekvenciji od 2,4 GHz.

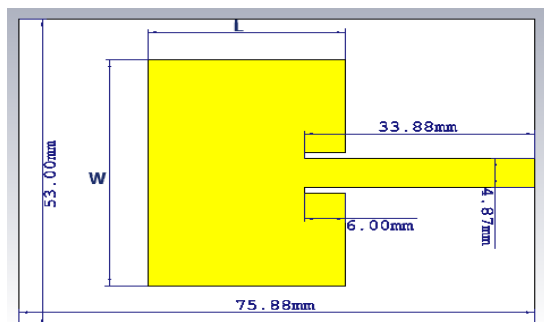
Korišćenjem jednačina (1) i (2), izračunato je da je potrebna širina W antene 35,34 mm, a stvarna dužina L , 29,61 mm.

Napajanje MSP antene je vršeno preko usečene mikrostrip linije, [2] i [3], gde dužina usecanja iznosi 6mm, širina mikrostrip linije 4,868mm, a dužina 33,88mm.

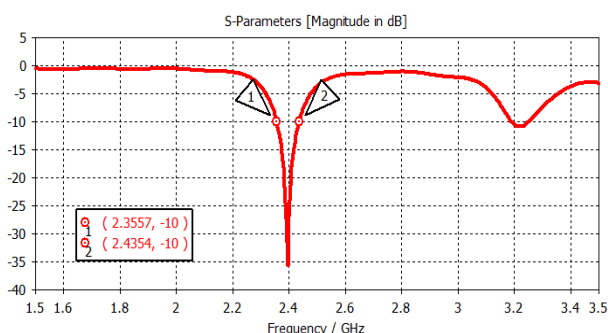
Dimenzije podloge antene su 75,88 mm $\times$ 53 mm, a širina i dužina pravougaone MSP antene zahtevaju određene korekcije kako bi bila zadovoljena potrebna frekvencija zračenja.

Na osnovu prikazanih uticaja dimenzija antene na njen rad, može se smatrati da je optimalna dužina antene L jednaka 25,5 mm, dok se njena širina W može zadržati na proračunatoj vrednosti od približno 39 mm. Na slici 1 je prikazan izgled simulirane antene.

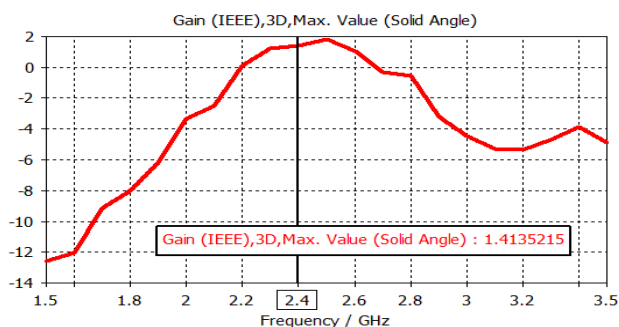
Na slikama 2 i 3 je prikazana karakteristika koeficijenta refleksije Γ (na frekvenciji od 2,4 GHz iznosi -36 dB), i pojačanja antene G (na 2,4 GHz iznosi 1,41) u zavisnosti od frekvencije zračenja antene. Simulacijama je utvrđeno da je propusni opseg ovakve antene približno 100 MHz, gledano sa strane koeficijenta refleksije koji treba da bude manji od -10 dB.



Slika 1. Izgled projektovane pravougaone mikrostrip peč antene

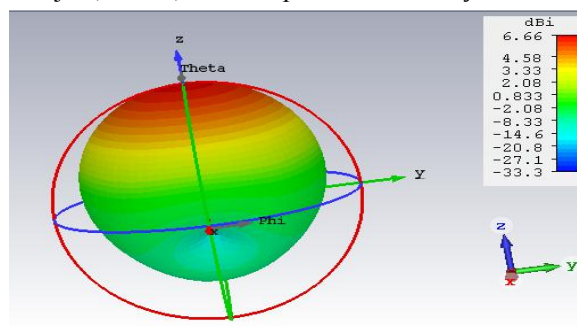


Slika 2. Simulacijama određen koeficijent refleksije pravougaone mikrostrip peč antene



Slika 3. Frekvencijska zavisnost pojačanja pravougaone mikrostrip peč antene

Na slici 4 je prikazan trodimenzionalni dijagram zračenja projektovane antene. Ovakva antena ima veliki intenzitet zračenja 6,66 dBi, ali se on prostire samo u xy ravni.



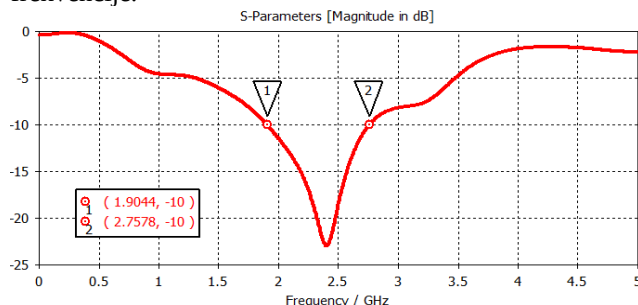
Slika 4. Trodimenzionalni dijagram zračenja projektovane antene

2.2. Pravougaona mikrostrip peč antena sa smanjenom površinom mase

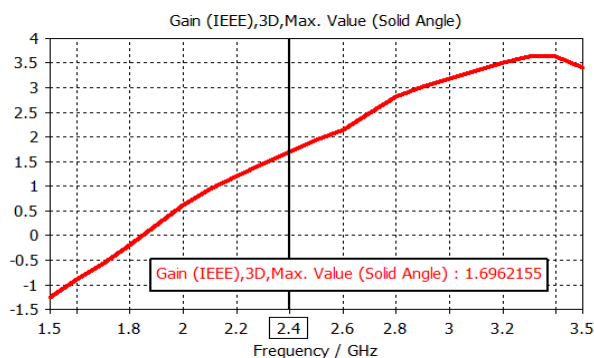
Generalno se podrazumeva da je cela donja površina podloge prekrivena provodnim materijalom, tj masom. Ukoliko se provodna površina mase smanji, to značajno može da promeni karakteristike antene, a naročito je izraženo povećanje propusnog opsega antene. Razlog za to su smanjene parazitne kapacitivnosti između MSP i mase, što znatno utiče na faktor dobrote antene [4]. Odnosno, u polju u blizini antene, bez primenjenog efekta smanjene površine mase, antena deluje kao veliki induktor ili kondenzator, i ima sposobnost skladištenja energije, a vrlo malo energije odlazi na zračenje [5]. Interakcija MSP sa masom u ovoj oblasti stvara međusobne impedanse između antene i njenog okruženja, i ove interakcije utiču na impedansu pri napajanju antene i stvaraju dodatne gubitke. Ukoliko ne postoji interakcija između MSP i mase, reaktivne parazitne komponente impedanse antene su manje, samim tim je manji faktor dobrote antene koji je generalno proporcionalan sa reaktansom impedanse, $Q = \text{Im}\{Z\}/\text{Re}\{Z\}$, koji je obrnuto proporcionalna širini propusnog opsega [4].

Smanjena površina mase takođe zahteva optimizaciju dimenzija projektovane antene, a jedna od mogućih kombinacija koja daje frekvenciju zračenja 2,4 GHz, izabrana tako da antena ima približno istu površinu kao u prethodnom slučaju, jeste da je širina antene $W = 29$ mm, a dužina antene $L = 39$ mm.

Na slici 5 je prikazan koeficijent refleksije antene, koji za frekvenciju od 2,4 GHz ima vrednost -23 dB. Pored toga, propusni opseg ove antene je od 1,9 GHz do 2,7 GHz, a na slici 6 je prikazana zavisnost pojačanja antene od radne frekvencije.

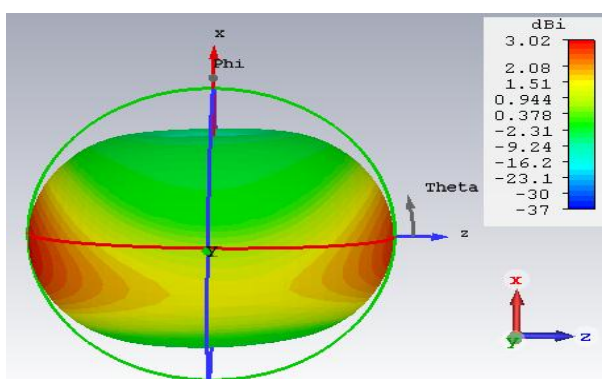


Slika 5. Simulacijama određen koeficijent refleksije pravougaone mikrostrip peč antene sa smanjenom površinom mase



Slika 6. Frekvencijska zavisnost pojačanja pravougaone mikrostrip peč antene sa smanjenom površinom mase

Na slici 7 je prikazan trodimenzionalni dijagram zračenja antene sa smanjenom površinom mase. Kao što se vidi na slici, intenzitet zračenja je nešto manji nego u prethodnom sličaju, ali je zračenje ravnomerno raspoređeno na xy i na yz ravan.



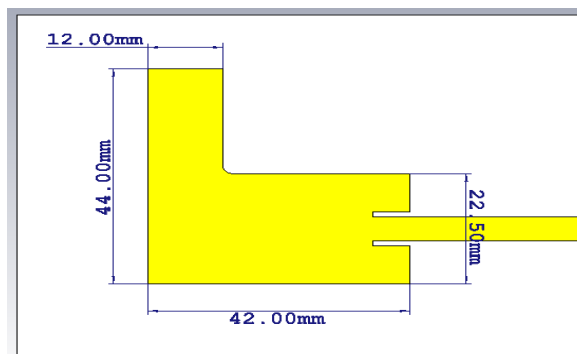
Slika 7. Trodimenzionalni dijagram zračenja mikrostrip peč antene sa smanjenom površinom mase

2.3. Antena u obliku slova L

Jedan, mogući primer antene nepravilnog geometrijskog oblika je antena sa dva ortogonalna kraka, odnosno MSP antena u obliku slova L, tzv. L antena [6]. Ne postoje precizni uslovi za određivanje dimenzija ovakvih antena, ali je pravilo da obe dužine, L_1 i L_2 budu između $\lambda_0/3$ i $\lambda_0/4$ ($\lambda_0/4 < L_1, L_2 < \lambda_0/3$) [6], što bi značilo da za potrebnu frekvenciju od 2,4 GHz, dužine L_1 i L_2 treba da budu u opsegu od 31,25 mm do 41,67 mm. Međutim, predstavljena antena ima nešto veće dimenzije od predviđenih, odnosno dužina L_1 iznosi 42 mm, a dužina L_2 44 mm. Širine W_1 i W_2 se određuju u skladu sa potrebnim parametrima antene, koji u ovom slučaju iznose $W_1 = 22,5$ mm i $W_2 = 12$ mm. Simulirana antena je predstavljena na slici 8. Dimenzije mikrostrip linije za napajanje su iste kao kod pravougaone MSP antene, a površina mase je ista kao kod pravougaone MSP antene sa smanjenom površinom mase, poglavlje 2.2.

Ova jednostavna struktura obezbeđuje prolazak strujnih talasa duž njene savijene sekcije, koji se može uporediti sa kružnim i spiralnim antenama, pa može inherentno emitovati kružno polarizovane elektromagnetske talase. Pored toga, ovakva struktura obezbeđuje širi propusni opseg antene.

Najveća prednost ovakve antene jeste mogućnost da se lako ostvari njena cirkularna polarizacija.

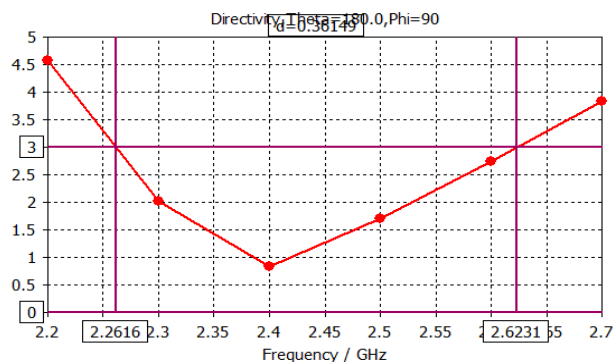


Slika 8. Izgled projektovane L antene

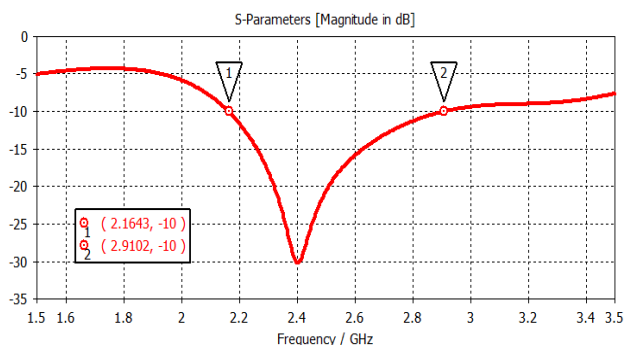
Talasi se reflektuju ili apsorbuju u zavisnosti od materijala sa kojima dolaze u dodir. Kod linearno polarizovanih talasa antena, signal se emituje, odnosno prima samo u jednoj ravni, pa ako reflektujuća površina ne reflektuje talas u toj ravni, on je izgubljen. Kod kružno polarizovanih talasa antene, ovakvih gubitaka nema, jer oni šalju ili primaju signale u svim pravcima. Samim tim je veća verovatnoća da se uspostavi uspešna veza između dva bežična komunikaciona sistema. Kružno polarizovani talasi sistema su bolji u prodiranju i savijanju oko prepreka, jer ukoliko postoje reflektovani talasi, oni se vraćaju u sistem (sa suprotnom polarizacijom, polarizacija udesno (eng. *Right-hand polarization* - RHP), sa polarizacijom ulevo (eng. *Left-hand polarization* - LHP), i obrnuto), i sa minimalnim uticajem na glavni, propagacioni talas. Generalno su otpornije na degradaciju signala zbog loših vremenskih uslova koji su česti problem pri radu sistema [7].

Na slici 9 je prikazan parametar AR (eng. *Axial ratio*), koji pokazuje da su talasi ovakve antene kružno polarizovani u opsegu od 2,26 GHz do 2,62 GHz (tj. propusni opseg antene u kom ona emituje kružno polarizovane talase je 360 MHz). Međutim, kao što je prikazano na slici 10, na kojoj je prikazan koeficijent refleksije ove antene, vidi se da se ona može upotrebiti u nešto širem opsegu frekvencija, od 2,16 GHz do 2,61 GHz. Na željenoj frekvenciji, pojačanje antene iznosi 2,63 dB, slika 11.

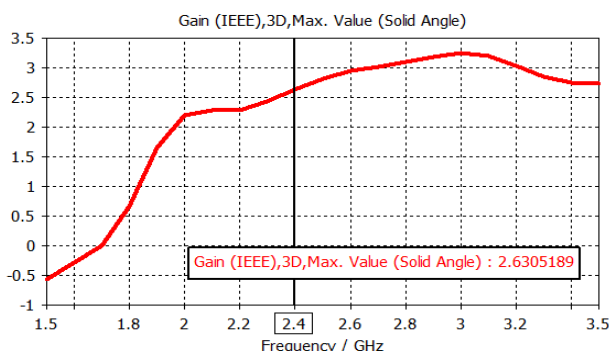
Na slici 12 je prikazan trodimenzionalni dijagram zračenja koji je pravilnog kružnog oblika što potvrđuje činjenicu da emitovani talasi elektromagnetskog polja postoje u svim pravcima oko L antene.



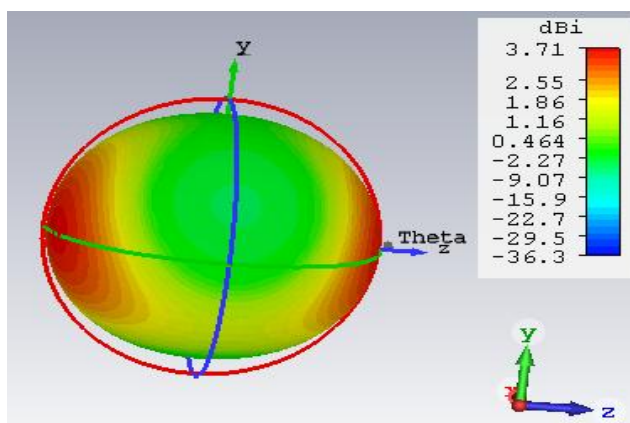
Slika 9. Simulacijama određen parametar AR u zavisnosti od radne frekvencije L antene



Slika 10. Simulacijama određen koeficijent refleksije L antene



Slika 11. Simulacijama određena zavisnost pojačanja L antene u zavisnosti od radne frekvencije



Slika 12. Trodimenzionalni dijagram zračenja L antene

3. ZAKLJUČAK

Pravougaona MSP antena je laka za projektovanje zbog već postojećih metoda za određivanje njenih dimenzija. Njena najveća prednost je veoma mali koeficijent refleksije, i dobra usmerenost ali samo u jednoj ravni. Međutim, ona ima mali propusni opseg, najmanji u poređenju sa ostalim prikazanim MSP antenama.

Druga predložena struktura sa smanjenom površinom mase ima veći propusni opseg za 0,8 GHz, što je 10 puta više nego u prethodnom slučaju. Međutim, pojačanje ove antene je manje od jedinice ili negativno, na delu tog propusnog opsega, što znači da je ustvari to poboljšanje, jednim delom samo prividno, ali je u svakom slučaju korisni propusni opseg mnogo širi nego u prethodnom slučaju. Koeficijent refleksije je za 13 dB veći nego kod pravougaone MSP antene, ali je i u ovom slučaju refleksija signala minimalna. Na posmatranoj frekvenciji od 2,4 GHz, pojačanje je povećano za 0,28 dB,

usmerenost je u xz ravni smanjena ali je xy ravni povećana, odnosno, obezbeđeno je zračenje i u ovoj ravni, što u prethodnom primeru nije bio slučaj.

Značajno poboljšanje u odnosu na prethodne MSP antene daje L antena, sa smanjenjenom površine mase. Ovakva antena ima veliki propusni opseg od 450 MHz, odnosno 360 MHz na kojima može emitovati kružno polarizovane talase. Pojačanje je približno dva puta veće u odnosu na prethodne, dok je usmerenost nešto manja ali približno ista i u xz i u xy ravni. Razlog tome je kružna polarizacija talasa koje ona emituje, koji generalno donose brojna druga poboljšanja kao, na primer, smanjenje gubitaka. Jedina mana u odnosu na prikazane pravougaone MSP antene, jeste to što ima nešto veću površinu.

U zavisnosti od aplikacije u kojoj se koristi, može se upotrebiti neka od prikazanih antena. Prva ima najveći intenzitet zračenja, druga najveći propusni opseg, a L antena ima veliku prednost u odnosu na ostale, a to su kružno polarizovani emitovani talasi, a uz to i ostale karakteristike imaju prihvatljive vrednosti.

Prikazane MSP antene generalno imaju malo pojačanje, koje se može korigovati promenom podloge antene. Deblje podloge bi povećale pojačanje, a podloge sa većim dielektričnim konstantama bi uticale i na širinu propusnih opsega.

4. LITERATURA

- [1] Constantine A. Balanis: "Antenna theory - Analysis and design, 3rd edition", John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, 2005.
- [2] David M. Pozar: "Microwave engineering, 4th edition", John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, 2011.
- [3] Nirmen Mahmoud, Ehab K. I. Hamad: "Tri-Band Microstrip Antenna with L-Shaped Slots for Bluetooth/WLAN/WiMAX Applications", 33rd National radio science conference, Aswan, Egypt, 2016.
- [4] R. Dean Straw: "ARRL Antenna handbook", Ch. 3 The Effects of Ground, The American Radio Relay League, Inc. 1998. Dostupno na: <https://www.qrz.ru/schemes/contribute/arrl/chap3.pdf>
- [5] Marwa Shakeeb: "Circularly Polarized Microstrip Antenna", Concordia Univ., Canada, 2010, dostupno na: <https://pdfs.semanticscholar.org/b246/68853dfc0491db9595e16fc029a425486958.pdf>
- [6] Dia'aaldin J. Bisharat, Shaowei Liao, Quan Xue, Wideband unidirectional circularly polarized antenna with L-shaped radiator structure, IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, pp. 12-15, April 2016.
- [7] FRC Group Divisions and Contact Information, South Benjamin Avenue, Mason City, dostupno na: <http://cdn.thomasnet.com/ccp/10014548/223252.pdf>

Kratka biografija:



Ivana Nikolić rođena je u Kraljevu 1993. godine. Fakultet tehničkih nauka je upisala 2012. godine, a diplomirala je 2016. godine iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Mikroelektronika.

DALJINSKO UPRAVLJANJE POKRETNIH VOZILA POMOĆU DTMF KODOVA I VIDEO SIGNALA NA VELIKE I MALE DALJINE**REMOTE CONTROL OF MOVING VEHICLES USING DTMF CODES AND THE VIDEO SIGNAL ON LARGE AND SMALL DISTANCE**

Čaba Peteš, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je projektovano daljinsko upravljanje vozilom na male i velike daljine različitim metodama, koristeći zajednički protokol DTMF preko audio kanala i zaštita motora od pregrevavanja pod prevelikim opterećenjem. Koristeći postojeću infrastrukturu moguće je upravljati vozilom između gradova i država bez granica. Video pozivom preko 3G mreže, dobijamo povratnu informaciju o dešavanjima. U radu je korišćen već postojeći 3G-324M video protokol i nisu potrebni platformspecifični programi kao što su Skype, Viber, Messenger. Metoda koja je najjeftinija na velike daljine, nije uvek najekonomičnija na male daljine. Zato za upravljanje na malim daljinama, u radu je predstavljen upravljanje pomoću Bluetooth-a i neposrednim prenosom audio-signalu. Algoritam za upravljanje je programiran u mikrokontroleru Atmel 8L. Izvršena je analiza rešenja i merenje prenosnog signala.

Abstract – In this work vehicle remote controlling is projected for short and long distances with different methods, using the same DTMF protocol through audio channel and using the protection from motor overheating under a great load. Using the given infrastructure it is possible to control the vehicle between cities and countries without borders. Using a 3G network video call we get a feedback about the situation. The given 3G-324M video protocol is used, so platform-specific programs as Skype, Viber and Messenger are not needed. The method, which is the cheapest for long distances is not the most economic for short distances. Therefore, for controlling to short distances Bluetooth and direct audio-signal transfer control is presented. Algorithm for controlling is programmed in microcontroller Atmel 8L. The analysis of solution and transfer signal measurement is given.

Ključne reči: DTMF, 3G, 3G-324M, video poziv, audio, filter propusnih opsega, Bluetooth, L298N, atmel8L

1. UVOD

U današnjem modernom svetu sve više se pokazuje potreba za daljinskim upravljanjem sredstvima, kako u domaćinstvu, tako i u saobraćaju i industriji [1]. Vozilo za daljinsko upravljanje definiše se kao mobilni uređaj čije kretanje se kontroliše sredstvima koja se nalaze izvan uređaja.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Laslo Nađ, red.prof.

Vozilo daljinskog upravljanja (RCV) se razlikuje od robota u tome, što RCV uvek kontroliše čovek i ne preduzima nikakve akcije samostalno.

Postoji više metoda za daljinsko upravljanje vozila, a zajednički cilj za sve metode daljinskog upravljanja je da se uređaj kreće precizno prema ciljnoj tački i da su unutar tog puta moguće različiti manevri, da bezbedno ispuni svoj zadatak (misiju) i isto tako bezbedno da se vraća na polaznu tačku [2]. Beskontaktno kontrolisana bespilotna vozila koja se danas koriste obično koriste radio-frekvenciju (RF), tj. radio-signal, za kretanje i kontrolu udaljenih uređaja. Nedostatak RF kola jeste ograničen radni opseg koji rezultira ograničenom kontrolom [2].

U današnje vreme koristi se i IR sistem, koji prati linijski pristup vida. Nedostatak ove tehnologije je da zahteva proces stvarnog usmeravanja daljinskog upravljača na uređaj koji se kontroliše i čini komunikaciju preko prepreka i barijera prilično nemogućim [3]. Kako su mobilni telefoni danas postali veoma popularni, tako se razvilo i daljinsko upravljanje pomoću mobilnih telefona, koje je i eliminisao nedostatke RF i IR metoda [4].

Cilj rada jeste postići daljinsko upravljanje sredstvima na velike daljine, na što ekonomičniji način.

2. POSTOJEĆA REŠENJA I ANALIZA

Za korišćenje mobilnih uređaja u mehatroničkom sistemu potrebno je uspostavljanje komunikacionog linka između uređaja koji se kontroliše i upravljača. U nekim radovima [1-3] na mobilnom telefonu koristili su RS-232 serijski port, u drugim radovima Bluetooth [1, 4], a u nekim wifi. U svim tim radovima mikrokontroler očitava senzore, kontroliše aktuator i komunicira sa mobilnim telefonom. Problem je u tome što nisu svi mobilni uređaji opremljeni serijskim portom, a nisu svi mikrokontroleri opremljeni Bluetooth interfejsom ili Wifi-om [4].

U našem radu predstavimo zajedničko rešenje, korišćenje univerzalnog komunikacionog interfejsa: audio-kanala. Sistem je projektovan i izgrađen sa video povratnom spregom, koristeći bilo koji mobilni uređaj, koji može da proizvede zvuk. U takvom sistemu, audio tonovi se koriste za kodiranje kontrolnih komanda aktuatora. Troškovi sistema su niske, potrebni delovi se široko koriste u industriji telefonije, dostupni su na tržištu. Metoda koja je najjeftinija na velike daljine, nije uvek najekonomičnija na male daljine. Recimo, ako upravljač i vozilo se nalaze u istom prostoru, nepotrebno je uspostaviti video-poziv preko mobilne mreže, jer imamo vizuelnu povratnu informaciju. U ovom radu predstavio najekonomičnije metode daljinskog upravljanja, posebno za velike i za male daljine.

3. TEORIJSKE OSNOVE

3.1. DTMF (Dual Tone Multi Frequency) tonski signali se koriste za signalizaciju preko telefonske linije u govornom frekventnom području sa telefonskom centralom. Sistem je sastavljen od 16 različitih audio frekvencija organizovanih u matrici 4×4 prikazan u Tabeli 1. Odgovarajuća cifra nastaje sabiranjem dve frekvencije koji se istovremeno prenose.

$$x(t) = A \cos(\omega t) + B \cos(\omega t + \varphi) \quad (1)$$

gde ωl i ωh predstavljaju niske i visoke frekvencije sinusnog oblika, A i B su amplitude signala, φ je početna faza.

Tabela1. Frekvencije DTMF kodova

	1209 Hz	1336 Hz	1477 Hz	1633 Hz
697 Hz	1	2	3	A
770 Hz	4	5	6	B
852 Hz	7	8	9	C
941 Hz	*	0	#	D

Nijedna frekvencija nije umnožak druge, razlika između dve frekvencije nije jednaka bilo kojoj frekvenciji. Frekvencije ne mogu da variraju više od $\pm 1,5\%$ od svoje nominalne vrednosti, što čini sistem efikasnim i vrlo robusnim za buku i druge zvuke.

3.2. Bluetooth je tehnologija koja koristi radio talase za uspostavljanje veza od jedne tačke do druge tačke (point-to-point) i veza od jedne tačke ka više tačaka (point-to-multipoint), vrši transfere glasa i podataka u radijusu od 10 metara. Podaci (bitovi i bajtovi) se prenose korišćenjem tehnologije *packet switching*-a. Glas se prenosi korišćenjem tehnologije *circuit switching*-a i za razliku od prenosa podataka, ne deli se na pakete, već se uspostavlja poseban kanal za vreme trajanja transmisije.

3.3. 3G Mobilne mreže sastoje se od pojedinačnih ćelija koje predstavljaju određenu fizičku oblast pokrivenosti jednom radio-frekvencijom preko koje se odvija sav paketski saobraćaj sa područja te ćelije. Razvoj mobilnih mreža razvrstan je po generacijama, koje predstavljaju evolutivni tok razvoja mobilnih mreža od 1G, koje su vršile analogni prenos govora, 2G sa prvim prenosom podataka, 3G sa širokopojasnim pristupom Internetu, do 4G all-IP mreža, a sada razvijaju bežični svet 5G mreža.

UMTS - (Universal Mobile Telecommunication Systems) je zvanični evropski standard u okviru treće generacije mreža (3G), koji uz 2G standarde predstavlja najrasprostranjeniji javni sistem mobilne telefonije na planeti. Ova tehnologija, sem samih usluga prenosa govora i SMS poruka, nudi usluge kao što su video poziv i još brži prenos podataka pri korišćenju usluge pregledanja Internet sadržaja.

HSDPA/HSDPA+(3,5G) - (High-Speed Downlink Packet Access) predstavlja još usavršeniji standard od UMTS-a i poslednji korak ka 4G mrežama.

3G-324M podržava prenos multimedijalnih strimova u realnom vremenu putem usmeravanja saobraćaja preko postojeće mreže sa komutacijom kola, umesto IP mreže. Standard mreže sa komutacijom kola ima sve protokole i sigurnosne uslove za idealan prenos multimedija u realnom vremenu, uključujući fiksno kašnjenje, kratko zaglavlje početka kodeka i bez IP/UDP/RTP zaglavlja. Današnja IP mreža (Internet) nije dovoljno robusna za aplikacije koje su osetljive na kašnjenje za razliku od 3G-324M. Jedino rešenje bi bilo da provajderi pređu na IPv6 i SIP bazirane

IP komunikacije. Video kanal koristi H.263 i opciono MPEG-4 kodek, zvučni kanal koristi AMR kodek, koje koristimo u radu.

4. METOD RADA

Daljinsko upravljanje motornim vozilom uradili smo korišćenjem audio-kanala, zato što je univerzalan i jednostavan način komunikacije, dostupan na svakom mobilnom telefonu. Upravljanje smo uradili na velike i male daljine, da rešenje bude ekonomski efikasno kao što je razmatrano u analizi. Kod sva rešenja koristili smo zajednički DTMF kod preko audio-kanala kako bismo usaglasili dva načina upravljanja na različitim daljinama.

4.1. Koncept rešenja celog sistema prikazan je na slici 1.



Slika 1. Blok dijagram celog sistema

4.2. Upravljanje na velikim daljinama

Upravljač pozove telefon koji se nalazi na uređaju. U našem slučaju umesto mobilnog telefona na vozilu, koristili smo mobilnu 3G kameru MF58. Kamera se nalazi na vozilu, automatski prima poziv i daje povratnu sliku. 3G kamera MF58 je znatno jeftinije od današnjih telefona. Prednost kamere je to, što njegov objektiv može da se rotira preko WCDMA protokola, za razliku od objektiv mobilnih telefona. Audio-izlaz kamere smo priključili na DTMF dekodera. Uspostavlja se 3G poziv između mobilnog telefona, koji je upravljač i kamere MF58. Tokom video-poziva, pritiskom različitih tastera na mobilnom telefonu, šalju se odgovarajući DTMF kodovi. DTMF dekodera dekodira audio-sigale i pretvori ih u četvorobitni binarni kod. Mikrokontroler interpretira binarne kodove i na osnovu unapred uprogramiranog algoritma šalje upravljačke signale na motor-drajver L298N. Motor drajver na osnovu upravljačkog signala kontroliše motor, tj. uključuje, isključuje i menja smer motora, a kontrola brzine motora urađeno je softverski u programu mikrokontrolera. Brzina je kontrolisana pwm modulacijom.

4.3. Upravljanje na malim daljinama neposrednim zvučnim talasima

Kao najjednostavnije rešenje se činilo stavljanje mikrofona i pretpojačala na vozilo, koja će pretvoriti analogni zvuk u analogni signal i ovog signala dovesti na dekodera. Elektromotori na vozilu proizvode zvuk, koji smeta kad je vozilo u pokretu, odnosno kad motori rade. Ideja je da se stavljaju dva mikrofona, oba mikrofona primaju korisne i neželjene zvučne signale. Oduzimanjem signala dva mikrofona eliminišemo šum motora i ostaje korisni signal. U cilju izjednačavanja faze neželjenog zvučnog signala i pravljenja

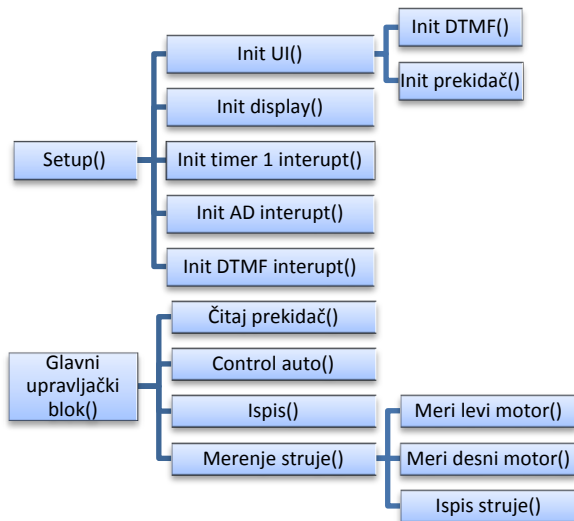
što veće fazne razlike korisnog zvučnog signala, napravljena je akustična barijera između mikrofona. Mikrofonu su smešteni na stalak 30 cm iznad vozila. Šum motora pretežno se nalazi u niskofrekventnom opsegu. Kao poboljšanje rešenja dodali smo filter-propusnih opsega, koji eliminiše sve frekvencije koji nisu u DTMF frekventnom opsegu. Pritiskom tastera na telefonu, na zvučniku telefona čuje se DTMF audio-signal kojeg primi mikrofoni na vozilu. Posle filtriranja i oduzimanja dva signala mikrofona, signal dalje pojačan sa operacionim pojačavačem TL084, čiji izlaz priključen na DTMF dekodir. Na robotu mikrokontroler proverava naredbu i na osnovu programiranog algoritma kontroliše DC motore preko H-mosta. Sa ovim rešenjem nije bilo kašnjenja.

4.4. Upravljanje na malim daljinama preko Bluetooth

A2DP (Advanced Audio Distribution Profile) koristi se za prenos audio signala od muzičkog plejera do slušalica, u našem slučaju DTMF kodova preko audio signala. Ima podršku za SBC kodek i opcionalnu podršku za *mpeg-1*, *mpeg-2*, *mpeg-4* i *aac*. Pritiskom odgovarajućih tastera unutar aplikacije na upravljačkom telefonu, šalju se komande u obliku DTMF kodova putem Bluetooth-a na vozilo. Na robotu mikrokontroler proverava naredbu i na osnovu uprogramiranog algoritma kontroliše DC motore preko H-mosta.

4.5. Blok dijagram programa na mikrokontroleru

Program na mikrokontroleru, koji upravlja motorom na osnovu zadatog algoritma, prikazan je na slici 2. Program je napisan u programskom jeziku C u softverskom paketu Atmel Studio. Moduli za generisanje PWM signala i kontrola LCD-a su preuzeti od Arduino programa.

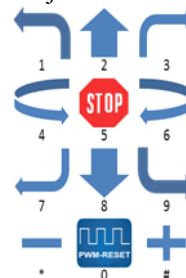


Slika 2. Blok dijagram programa na mikrokontroleru

Setup() se pokreće samo jednom kad uključimo mikrokontroler. Poziva funkcije za inicijalizaciju. Podešava U/I, Lcd, registre za PWM, ADC, interaptove i postavlja odgovarajuće flegove.

Glavni upravljački blok() redom poziva funkcije (Čitaj prekidač(), Control auto(), Ispis()) ako nije pokrenut A/D konverzija, u suprotnom poziva funkciju merenja struje. A/D konverzija se jako brzo odradi, za nekoliko mikrosekundi i ne utiče na tri glavne funkcije. A/D konverzija automatski se pokreće u interapt pozivu tajmera 1, u slučaju njegovog prekoračenja. **Čitaj_prekidač()** čita

stanje prekidača, na osnovu toga povećava i smanjuje vrednost indikatorske promenljive, koja upravlja kretanje u meniju. **Control_auto()** na osnovu DTMF kodova upravlja smerovima, koji je prikazan na slici 3., povećava i smanjuje vrednost ispune PWM signala. Generiše PWM signal za enable pinova motor drajvera.



Slika 3. Algoritam upravljanja vozilom

Ispis() na osnovu indikatorske promenljive ispisuje DTMF kod u decimalnom i binarnom obliku, grešku motora (ako ima), faktor ispune PWM signala u procentima i izmerenu struju za levi i desni motor. **Merenje_struje()** Ova funkcija upravlja merenjem struje, naizmenično pokrene i zaustavlja merenje za levi i desni motor. Sakuplja i izračuna prosečnu vrednost od pet izmerenih rezultata, na osnovu kojeg izračunava struju. U slučaju da je upravljanje u toku, a merena struja 0, postavlja indikatorsku promenljivu za grešku, zatim poziva Ispis(), i nastavlja merenje.

4.6. Gotov uređaj prikazan je na slici 4.



Slika 4. Slika gotovog uređaja

5. REZULTATI

5.1. Preko 3G-324M poziva uspostavili smo vezu, a na izlazu kamere merili vrednost izlaznog napona (V_{eff} , dBV), na osnovu kojeg smo izračunali jačinu izlaznog signala u dBm, posebno za donju i gornju frekventijsku komponentu. MT8870D DTMF dekodir prima signal na svojim ulazima u sledećem opsegu: 27,5 – 869 mV_{RMS} ili -31 – +1 dBm. Rezultati dobijeni na softverskom osciloskopu prikazani su u tabeli 2. Ustanovili smo da je svaki znak u gore navedenim granicama.

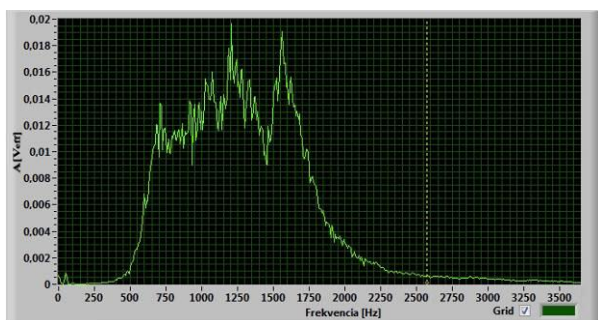
5.2. Kod upravljanja zvučnim talasima testiran je filter propusnih opsega i oduzimanje šuma od primljenog signala. Rezultat propusnog opsega filtera je prikazan na slici 5.

Napon primljenog signala zavisi od udaljenosti između vozila i upravljača, koja se neprekidno menja. Napravili smo probno merenje od 3, 5 i 10 metara, a obim rezultata i dalja analiza ove problematike prevazilaze okvire ovog rada.

Ustanovili smo da domet zavisi od prostorije gde se vozilo i upravljač nalaze.

Tabela 2. Rezultati eksperimentalnih merenja 3G kam.

Dtmf	Mereni rezultati				Izračunate vredn.	
	donja frekv.		gornja frekv.		donja.f.	gornja.f.
	mV _{eff}	dBV	mV _{eff}	dBV	dBm	dBm
1	391,04	-8,34	558,60	-5,09	-5,94	-2,84
2	243,45	-12,22	709,23	-4,34	-10,05	-0,77
3	230,72	-12,69	649,39	-3,20	-10,52	-1,53
4	307,44	-10,23	543,43	-5,18	-8,03	-3,08
5	293,57	-10,64	580,32	-4,70	-8,43	-2,51
6	262,64	-11,38	596,79	-4,50	-9,39	-2,27
7	354,56	-8,54	548,02	-4,85	-6,79	-3,01
8	304,76	-10,26	567,23	-3,36	-8,10	-2,71
9	295,66	-10,60	600,01	-4,26	-8,37	-2,22
0	435,45	-6,29	524,58	-5,57	-5,00	-3,39
*	389,54	-7,80	536,18	-5,43	-5,97	-3,20
#	418,42	-6,43	544,36	-5,32	-5,35	-3,06
A	185,62	-14,57	594,36	-4,22	-12,41	-2,30
B	246,79	-12,45	567,56	-4,05	-9,93	-2,70
C	348,64	-9,82	589,26	-4,50	-6,93	-2,38
D	342,21	-9,20	706,23	-2,72	-7,10	-0,80



Slika 5. Propusni opseg filtera

5.3. Preko Bluetooth konekcije uspostavili smo vezu između telefona i BT-slušalice. Na upravljačkom telefonu otvorili smo program *Dialer keypad* i pritisnuti brojevi generisali su DTMF tonove na izlazu BT-slušalice. U našem radu izlaz BT-slušalice je priključen na ulaz invertovanog pojačavača, čiji izlaz dalje vezan za DTMF dekodir.

Merili smo napon (V_{pp}) na izlazu invertovanog pojačavača. Rezultati su prikazani u tabeli 3. Ustanovili smo da izlaz zavisi koliko je pojačan ton u aplikaciji na mobilnom uređaju.

Pored toga, neki mobilni telefoni imaju jači, neki slabiji audio izlaz.

Tabela 3. Rezultati eksperimentalnih merenja BT.

Uređaj/Program/Jačina	Mereni rez.	Izračunate vredn.	
	mV _{pp}	mV _{eff}	dBm
Nokia/Keypad/Level1	47	16,62	-33,37
Nokia/Keypad/Level2	293	103,59	-17,48
Nokia/Keypad/Level3	721	254,91	-9,65
Lg/Dtmf tone gen/min	151	53,39	-23,23
Lg/Dtmf tone gen/max	1113	393,50	-5,88
Lg/Dtmf tone def/min	120	42,43	-25,23
Lg/Dtmf tone def/max	1613	570,28	-2,66

6. ZAKLJUČAK

Upravljanje na velikim daljinama preko 3G kamere, korišćenjem 3G-324M mreže je znatno efikasnije u odnosu na upravljanje preko IP tehnologije, npr. Skype, Viber, jer kašnjenje je manje. Prednost korišćene MF58 3G kamere je to, što njen objektiv može da se pomera, za razliku od kamera na telefonima, ali njen nedostatak je nemogućnost uspostavljanja veze preko 2G mreže.

Upravljanje na malim daljinama sa zvučnim talasima:

Šum motora poremetio je prijem zvučnog signala. Problem smo rešili sa Band-Pass filterom, sa kojim su rezultati znatno bolji. Rezultati su najbolji kad je vozilo smešteno na neki držač, gde motori mogu da rade i vrte se u vazduhu. Problem i dalje postoji kad se mikrofoni (vozilo) kreće na zemlji, odnosno pomera se u odnosu na izvor DTMF zvučnog signala tj. upravljača. Tada se javljaju složeni doplerovi efekti.

Rezultat u velikoj meri zavisi od toga u kakvoj prostoriji se nalazi vozilo, kakvi su zidovi, da li su paralelni, ili pod uglom, da li postoji neki veći objekat u tom prostoru od čega se drugačije prelamaju zvučni talasi. Smatramo da je dalja analiza ove problematike više pripada delu akustične fizike, a ne elektronici.

Upravljanje na malim daljinama preko Bluetooth-a:

Ovo rešenje je najjednostavnije, lako izvodljivo, sa odličnim rezultatima, bez kašnjenja. Jedini nedostatak našeg rešenja je to, što njen domet komunikacije se svodi na jako male daljine od 3 do 6 metara. Na tržištu mogu da se nađu Bluetooth primopredajnici većih dometa, ali su skuplji, a još veći problem je da su teški i glomazni, što ne bi odgovaralo našem cilju, na malom vozilu. Moguća je njihova ugradnja u veća vozila.

7. LITERATURA

- [1] K. V. N. Kavitha, S. Chaurasia, "Mobile-Microcontroller based Wireless Communication for the Control of Appliances Integrated with their Automation", *Indian Journal of Science nad Technology*, Vol 7 (S4), pp. 86-91, April 2014.
- [2] B.B. Pathik, A.S.M. A. Ahmed, L. Alamgir, A. Nayeem, "Development of a Cell Phone Based Vehicle Remote Control System", *IEEE International Conference on Intelligent Green Building and Smart Grid (IGBSG)*, 2014.
- [3] S. Banerji, "Design and Implementation of an Unmanned Vehicle Using A GSM Network without Microcontrollers", *Journal of Electrical Engineering*, Vol. 14, Issue. 1, 2014.
- [4] R.V.Aroca, A.F.Burlamaqui and L. M. G Goncales, "Method for Reading Sensors and Controlling Actuators Using Audio Interfaces of Mobile Devices" *Sensors*, Vol.12, pp 1572-1593, Feb 2012.

Kratka biografija:



Čaba Peteš rođen je 09.12.1984. u Novom Sadu. Posle završene Elektrotehničke škole Mihajlo Pupin upisao je Fakultet Tehničkih Nauka - Mikroračunarsku elektroniku, gde je diplomirao 2014.god. Radi kao nastavnik stručnih predmeta u srednjoj ETŠ Mihajlo Pupin i u TŠ Bečej. Završava Master akademske studije na smeru Mikroprocesorski sistemi i algoritmi.

**RAZVOJ PORTALA ZA UPRAVLJANJE KURIKULUMOM U
INTERNACIONALIZOVANOM VISOKOM OBRAZOVANJU**
**DEVELOPMENT OF CURRICULUM MANAGEMENT PORTAL FOR
INTERNATIONALIZED HIGHER EDUCATION**

Nina Marjanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Specifikacije karakteristika elektronske reprezentacije obrazovnih prilika doprinele su jednostavnijem oglašavanju, pronalaženju i upoređivanju obrazovnih prilika. Kao odgovor na rastuće potrebe razmene studenata razvijen je portal koji omogućuje oglašavanje obrazovnih prilika i pregled kurikuluma. Portal razvijen za potrebe upravljanja kurikulumom omogućuje studentima uvid u obrazovne prilike koje se nude, upoređivanje i preporuku obrazovnih prilika kao i prijavu na određeni studijski program, a institucijama oglašavanje obrazovnih prilika i pristup dokumentima studenata. U radu je izložen pristup problemu kreiranja portala za potrebe upravljanja kurikulumom.

Abstract – Specifications of the characteristics of the electronic representation of learning opportunities contributed to easier advertising, finding and comparing learning opportunities. In response to the growing needs of student exchange, a portal has been developed that enables advertising of learning opportunities and curriculum review. The portal developed for curriculum management provides students with an insight into offered learning opportunities, comparing and recommending learning opportunities, as well as applying for a particular study program. The portal also provides institutions with the opportunity to advertise learning opportunities and access students' documents. The paper presents an approach to the problem of creating a portal for curriculum management.

Ključne reči: Ontologija, portal, ERASMUS, MLO, MLO-AD

1. UVOD

Osnovna ideja razvoja ontologija leži u razmeni, deljenju i ponovnom korišćenju znanja [1]. Ontologije danas igraju važnu ulogu u semantičkom vebu jer omogućavaju automatsko procesiranje informacija [2].

Ontologije možemo smatrati šemama metapodataka koje nude kontrolisane rečnike koncepata, svaki sa eksplicitno definisanom mašinski čitljivom semantikom. Današnji Web je dizajniran pre svega za korišćenje od strane ljudi. Bez obzira na to, primetan je porast automatizacije Web servisa [3]. Uzimajući u obzir mogućnost definisanja deljenih domenskih teorija, ontologije omogućavaju ljudima i mašinama da komuniciraju konciznije, te podržavaju ne samo deljenje sintakse već i deljenje semantike [4].

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Milan Segedinac.

Radi automatizacije i povećavanja efikasnosti procesa mobilnosti, potrebno je primeniti formalnu predstavu pojmova koji u njemu figurišu - poput studenta, institucije, studijskog programa i kursa. Za reprezentaciju ovih pojmova prilagođene su MLO-AD i MLO-ECTS ontologije. Mapiranje postojećih podataka o kursovima, studijskim programima i institucijama na specifikacije obrazovnih prilika omogućava visoku sematičku interoperabilnost koja korisnicima portala nudi niz primena [5]. Neke od njih su reklamiranje, upoređivanje, evaluacija i analiza kvaliteta obrazovnih prilika kao i analiza dostignuća studenata kroz analizu transkripta ocena.

2. TEORIJSKE OSNOVE

U ovom poglavlju biće dat pregled teorije korišćene za potrebe izrade portala.

2.1. Web Ontology Language (OWL)

OWL (Web Ontology Language) je dizajniran za korišćenje u aplikacijama koje zahtevaju procesiranje sadržaja informacija, a ne samo prezentovanja informacija. OWL omogućava veću mašinsku interpretabilnost veb sadržaja u odnosu na XML, RDF, i RDF Schema pružajući i rečnik uz opis formalne semantike [6].

OWL dizajniran je iz potrebe formalnog opisivanja značenja terminologije korišćene u dokumentima na vebu. Ako se od mašina očekuje da izvrše smisleno rezonovanje nad dokumentima, onda granice jezika moraju prevazilaziti granice osnovne semantike opisane u RDF Schema-i [6].

2.2. Protégé

Protégé editor ontologija je nastao iz potrebe za okruženjem koje omogućava razvoj ontologija i prikupljanje znanja. Obzirom na to da se ontologije kreiraju pomoću grafičkog interfejsa, korisnici se mogu fokusirati na konceptualno modelovanje i ne moraju razmišljati o sintaksi. Protégé se može proširiti dodacima, te korisnici mogu svoje konceptualne modele prevoditi u jezik po izboru. Kao rezultat toga, editor dozvoljava jednostavno konceptualno modelovanje i eksperimentisanje sa osobinama jezika što korisnicima daje priliku da ispitaju ekspresivnost jezika i da odluče da li je jezik dovoljno fleksibilan za rešavanje njihovih problema.

Od inicijalne verzije, Protégé je evoluirao u platformu za razvoj i istraživanje sistema baziranih na znanju koji danas podržava grafički interfejs, inkorporira modele znanja, interaguje sa standardnim formatima za skladištenje podataka kao što su npr. XML i RDF i mnogo toga drugog.

2.3. SPARQL upitni jezik za RDF

SPARQL je standardni upitni jezik za RDF (Resource Description Framework). RDF je model podataka za reprezentovanje informacija o World Wide Web resursima. To je usmereni, obeleženi graf za reprezentovanja informacija na Web-u [7]. Zajedno sa njegovim razvojem, nastao je i problem izvršavanja upita nad RDF podacima. Godine 2004. RDF Data Access Working Group razvila je prvu verziju upitnog jezika za RDF – SPARQL. SPARQL se može koristiti za opisivanje upita nad različitim izvorima podataka.

SPARQL je upitni jezik koji vrši mapiranje grafova. Ukoliko imamo izvor podataka D, upit se sastoji od šablona koji se mogu mapirati na D, a vrednosti koje se dobijaju ovim mapiranjem se procesiraju zarad dobijanja odgovora.

SPARQL upit sastoji se iz tri dela. Deo koji mapira na šablon i koji uključuje nekoliko osobina kao što su proizvoljni delovi, unije šablona, grupisanje, filtriranje, restrikcija vrednosti, odabir izvora podataka koji će biti mapiran na šablon. Sledeći deo je deo koji vrši izmenu rezultata i koji se izvršava onda kada se prvi deo izvrši. On dozvoljava modifikaciju ovih vrednosti primenjujući klasične operatore kao što su projekcija, razlika, ograničavanje, definisanje praga i definisanje poretka. Na samom kraju, izlaz SPARQL upita mogu biti različiti tipovi podataka. Na primer, može se raditi o da/ne upitima, selekciji vrednosti promenljivih, konstrukciji novih tripleta od ovih vrednosti i opis resursa.

3. METAPODACI ZA OPIS OBRAZOVNIH PRILIKA

Modeli za predstavljanje metapodataka za obrazovne prilike nastali su iz potrebe usklađivanja različitih specifikacija obrazovnih prilika u Evropi.

Specifikacije imaju za cilj da opišu informacije koje se tiču kurseva, ponuda i obrazovnih prilika uopšte.

Za potrebe kreiranja ontologije obrazovnih prilika korišćena su dva standarda – Metadata for Learning Opportunities - Advertising (MLO-AD) i njegovo proširenje Metadata for Learning Opportunities - European Credit Transfer and Accumulations System (MLO – ECTS).

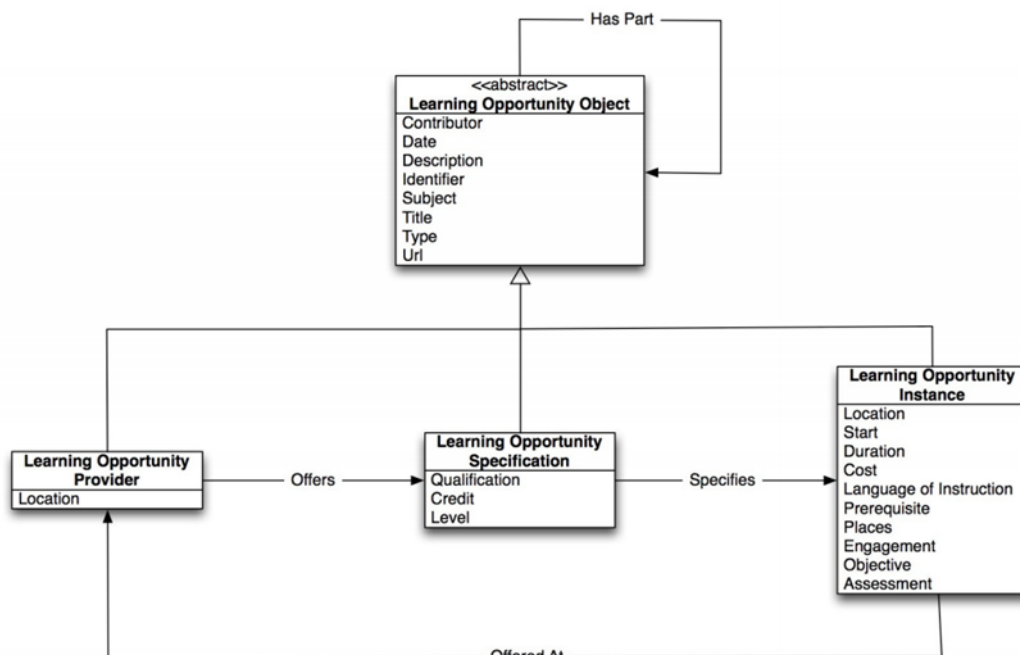
MLO-Advertising (MLO-AD) je standard koji propisuje metapodatke predviđene za oglašavanje obrazovne prilike [8]. Cilj standarda je da pruži one informacije koje bi zainteresovanoj strani dale uvid u obrazovnu priliku kao i gde se mogu pronaći detaljnije informacije o datoj obrazovnoj prilici.

Na slici 1 ilustrovan je domen MLO modela. Obrazovna prilika (engl. Learning Opportunity) predstavlja priliku da zainteresovana strana učestvuje u edukaciji ili kursu. Obrazovna institucija (engl. Learning Opportunity Provider) predstavlja agenta koji pruža obrazovnu priliku.

Specifikacija obrazovne prilike (engl. Learning Opportunity Specification) predstavlja apstraktnu predstavu opisa obrazovne prilike koja sadrži informacije koje će važiti za više instanci obrazovnih prilika. Instanca obrazovne prilike (engl. Learning Opportunity Instance) je jedna predstava obrazovne prilike.

Za razliku od specifikacije obrazovne prilike, instanca obrazovne prilike nije apstraktna i može sadržati informacije kao što su datumi ili lokacije održavanja obrazovne prilike.

ECTS je sistem bodovanja dizajniran s ciljem jednostavnije razmene studenata između različitih zemalja [9]. Evropski komitet za standardizaciju (CEN) je sporazumom iz 2010. precizirao MLO informacijski model radi reprezentovanja ECTS Information Package/ Course Catalogue (ECTS IP/CC) modela. ECTS IP/CC takođe uvodi i nova svojstva kojima se opisuju obrazovne institucije, specifikacije obrazovnih prilika kao i instance obrazovnih prilika.



Slika 1. MLO model

Formalna reprezentacija skupa koncepata koji se tiču obrazovnih prilika i institucija zasnovana je na MLO-AD standardu i njegovom ECTS proširenju.

5. PORTAL ZA UPRAVLJANJE KURIKULUMOM U INTERNACIONALIZOVANOM VISOKOM OBRAZOVANJU

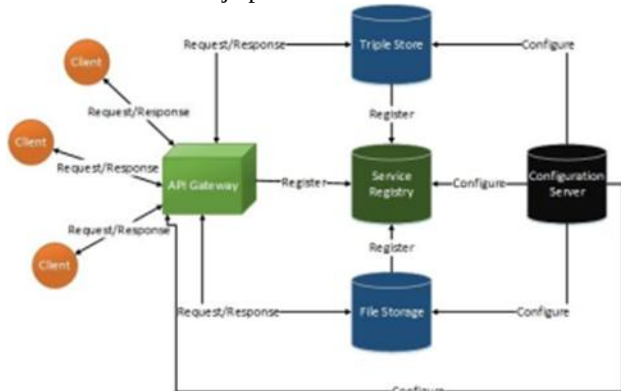
Dostupnost informacija o obrazovnim prilikama, pretraga, upravljanje kurikulumom, prijava i skladištenje dokumenata jesu osnovne namene portala. Portal treba da omogućiti studentima jednostavnu pretragu i pristup informacijama o obrazovnim prilikama, a obrazovnim institucijama pristup informacijama i dokumentima prijavljenih studenata, ali i objavu novih obrazovnih prilika.

5.1. Arhitektura sistema

Arhitektura sistema definisana je skupom mikroservisa. Ideja za ovakav pristup leži u interoperabilnosti i skalabilnosti predloženog softverskog rešenja. Korišćenje mikroservisa rezultovalo je slabom povezanošću funkcionalnih celina čime je omogućen nezavisan razvoj svih servisa, kao i lakše održavanje i testiranje softvera.

Za implementaciju mikroservisne arhitekture korišćen je Spring Cloud.

Arhitektura sistema je prikazana na slici 2.



Slika 2. Arhitektura sistema

5.2. Ažuriranje ontologija

Ažuriranje ontologija realizovano je pomoću Semantic Web razvojnog okvira Apache Jena koji omogućava manipulisanje ontologijama iz Java programskog jezika.

Apache Jena pruža mogućnost mapiranja ontologija na objekte, odnosno učitavanje ontologija u OWL ili RDF i konverziju u Java objekte.

Omogućena su dva načina ažuriranja ontologija. Prvi podrazumeva preuzimanje čitavog modela, dodavanje, izmenu ili brisanje odgovarajućih individuala i ponovno slanje čitavog modela na server. Ovaj pristup je podržan samo radi jednostavnijeg testiranja i zahteva dosta vremena, te nema smisla u realnoj, konkurentnoj primeni sistema. Drugi pristup je realizovan pomoću SPARQL upita. Individuali se kreiraju uz pomoć Apache Jena i pretvaraju se u triplete koji se šalju na server putem INSERT, UPDATE ili DELETE upita.

5.2. Skladištenje podataka

Skladištenje podataka implementirano je u FileStorage mikroservisu i koristi se za smeštanje svih dokumenata koji studenti proslede prilikom prijave.

Za skladištenje korisničkih podataka korišćen je REST API. REST API ne zavisi od implementacije skladišta, već komunicira s njim preko interfejsa. Implementacija može da obuhvati serijalizaciju u bazu, čuvanje u neko skladište podataka ili fajl sistem. Trenutna implementacija interfejsa podrazumeva skladištenje korisničkih dokumenata u fajl sistem. Prilikom pokretanja aplikacije vrši se inicijalizacija strukture direktorijuma na osnovu konfiguracionog fajla.

Za skladištenje podataka o korisnicima korišćen je Apache Fuseki. Apache Fuseki predstavlja server koji služi za skladištenje podataka u obliku tripleta (RDF). Omogućava perzistenciju podataka u fajl sistemu kao i u nekoj relacionoj bazi podataka. Pruža korišćenje SPARQL upita i povezivanje sa Apache Jena. Za potrebe ovog projekta korišćeni Fuseki je konfigurisan tako da za skladištenje podataka koristi Apache Jena TDB store koji smešta podatke u fajl sistem, a za rezoner korišćen je OWLFBRuleReasoner. Prvo pokretanje aplikacije prati inicijalizacija cele strukture grafa na osnovu OWL fajlova.

6. FUNKCIONALNOSTI PORTALA

U nastavku je dat opis implementacije značajnijih funkcionalnosti portala.

6.1. Prijava na program

Student se može prijaviti na bilo koji od ponuđenih studijskih programa.

Da bi se prijavio na studijski program, neophodno je da student popuni prijavu koja obuhvata unošenje oznake pasoša, lične karte i otpremanje CV-ja, motivacionog pisma, transkripta ocena i diplome. Za svakog studenta se na serveru kreira folder čiji je naziv identifikacioni broj studenta u koji se skladište svi otpremljeni dokumenti koji su na raspolaganju komisiji.

6.2. Pristup informacijama studenata i dokumentima

Administratori i osoblje zaduženo za analizu prijave studenata ima pristup informacijama koje su studenti uneli kao i svim otpremljenim dokumentima.

6.3. Pretraga obrazovnih prilika

Portal omogućava pretragu obrazovnih institucija, studijskih programa i kurseva. Pretraga podrazumeva pronalaženje onih individuala u ontologiji koji zadovoljavaju traženi kriterijum i zasnovana je na SPARQL upitima.

6.4. Preporučivanje studijskih programa

Preporučivanje studijskih programa zasnovano je na automatskom pronalaženju sličnosti između studijskih programa. Na osnovu kreiranih sličnosti, studentima je moguće predložiti studijske programe koji bi ih mogli interesovati. Rezultati ovog svojstva prikazani su na strani svakog studijskog programa gde se studentu sugerišu tri studijska programa koja su najbližija onom za koji je student pokazao interesovanje.

Implementacija preporuke studijskih programa zasnovana je na opisu studijskog programa, a proširena analizom celokupnog kurikuluma što je značajno doprinelo pronalaženju sličnijih rešenja.

Pronalaženje sličnosti zahtevalo je pretprocesiranje analiziranog teksta i obuhvatalo je sledeće korake: konvertovanje svih slova teksta u mala slova, izdvajanje reči, pronalaženje korena reči, izračunavanje TF-IDF vrednosti.

Term Frequency – Inverse Document Frequency se često koristi kao težinski faktor prilikom rešavanja problema dobavljanja informacija ili text-mining problema. Cilj ove numeričke statistike je da odredi koliko je reč bitna u dokumentu koji pripada skupu dokumenata. Vrednost TF-IDF-a raste sa povećanjem broja ponavljanja reči u dokumentu, ali se ta vrednost normalizuje sa frekventnošću reči u čitavom korpusu dokumenata.

Inverzna frekventnost dokumenta računata je po sledećoj formuli:

$$idf = 1 + \log \frac{N}{n_t} \quad (1)$$

gde N predstavlja broj svih dokumenata koji opisuju kurikule (odgovara broju studijskih programa), a n_t predstavlja broj dokumenata koji sadrže pojam t .

Kosinusna sličnost pokazala se kao robusna metrika za pronalaženje sličnosti između dva stringa. To je mera sličnosti između dva ne-nula vektora. Izračunava se po sledećoj formuli:

$$\cos(d1, d2) = \frac{d1 \cdot d2}{\|d1\| \|d2\|} \quad (2)$$

gde $\cdot$ označava skalarni proizvod vektora, a $\|d\|$ označava dužinu vektora. Obično se koristi u radu sa asimetričnim podacima i često se koristi za pronalaženje sličnosti među dokumentima.

Sličnost dokumenata izražava se u vrednostima od -1 (što znači da su dokumenti potpuno različiti) do 1 (što znači da su dokumenti potpuno jednaki), a 0 označava ortogonalnost (nekorelaciju). Vrednosti između 0 i 1 označavaju sličnost, a vrednosti između -1 i 0 različitost dokumenata.

Na osnovu podataka o svim programima, formirana je matrica sličnosti. Sličnost u nazivu programa nosila je 15% ukupne vrednosti, kvalifikacija koja se stiče završetkom programa 50% ukupne vrednosti, dok su informacije o kurikulumu nosile preostalih 35% vrednosti.

7. ZAKLJUČAK

U ovom radu predložen je sistem za automatizaciju procesa mobilnosti studenta. Model podataka predstavljen ontologijama se sastoji od četiri celine - formalnih reprezentacija studenata, institucija, studijskih programa i kurseva. Arhitektonski gledano, sistem je realizovan kao distribuirana Spring aplikacija, sastavljena od više mikroservisa (koji trenutno obuhvataju skladište tripleta, skladište dokumenata, prezentacioni sloj).

Ovakva arhitektura omogućava bolju skalabilnost sistema, kao i olakšano testiranje. Trenutno podržane funkcionalnosti obuhvataju parametrizovanu pretragu institucija, kurseva i studijskih programa, kao i preporuke realizovane pomoću kolaborativnog filtriranja.

Dalji pravci razvoja obuhvataju dodavanje semantike i dalje usavršavanje ontologija za predstavu studenata, institucija, studijskih programa i kurseva.

Ideja je omogućiti i pretragu otpremljenih dokumenata koristeći neke od komercijalnih distribuiranih dokument-orijentisanih baza podataka, radi unapređivanja skalabilnosti sistema i OCR-a (Optical Character Recognition).

8. LITERATURA

- [1] Fensel, Dieter, et al. "OIL: An ontology infrastructure for the semantic web." IEEE intelligent systems 16.2 (2001): 38-45.
- [2] Doan, AnHai, et al. "Learning to map between ontologies on the semantic web." Proceedings of the 11th international conference on World Wide Web. ACM, 2002.
- [3] McIlraith, Sheila A., Tran Cao Son, and Honglei Zeng. "Semantic web services." IEEE intelligent systems 16.2 (2001): 46-53.
- [4] Maedche, Alexander, and Steffen Staab. "Ontology learning for the semantic web." IEEE Intelligent systems 16.2 (2001): 72-79.
- [5] Segedinac, Milan, et al. "An OWL representation of the MLO model." Intelligent Systems and Informatics (SISY), 2012 IEEE 10th Jubilee International Symposium on. IEEE, 2012.
- [6] McGuinness, Deborah L., and Frank Van Harmelen. "OWL web ontology language overview." W3C recommendation 10.10 (2004): 2004.
- [7] Prud, Eric, and Andy Seaborne. "SPARQL query language for RDF." (2006).
- [8] DE NORMALISATION, COMITÉ EUROPÉEN, and EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG. "Metadata for Learning Opportunities (MLO)-Advertising." (2008).
- [9] European Commission, 2009. ECTS users' guide. Office for Official Publications of the European Communities

Kratka biografija:



Nina Marjanović rođena je u Leskovcu 1993. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarstvo i automatika odbranila je 2017. godinine

HARDVERSKA I SOFTVERSKA PODRŠKA TROFAZNIM MERENJIMA SNAGE I ENERGIJE U ED MREŽI**HARDWARE AND SOFTWARE SUPPORT TO THREE-PHASE POWER AND ENERGY MEASUREMENT IN POWER GRID***Atila Juhas, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U uvodu, ukratko je opisan problem prepoznavanja opterećenja u proizvodnom procesu ili u elektrodistributivnoj (ED) mreži, kao i odgovarajući hardver. Kako je prepoznavanje opterećenja složen problem, pokazalo se da je korisno efikasno vizuelizovati izmerene podatke i omogućiti operateru da nadgleda, analizira i unapređuje postupak prepoznavanja. Prikazani softver je dizajniran i realizovan upravo za tu namenu. On rešava problem vizualizacije i, kako je praksa pokazala, predstavlja vrlo koristan i efikasan alat za navedenu namenu.

Abstract – The introductory chapter briefly describes the problem of load-recognition in the production process or in the power grid. As this is a complex, it has been useful to efficiently visualize the measured data and enable the operator to monitor, analyze and improve the recognition process. Presented software was designed and implemented exactly for this purpose. It solves the problem of visualization and is a very useful and effective tool for this purpose, as practice has shown.

Ključne reči : softver; hardver; merenje; stohastika; prepoznavanje opterećenja.

1. UVOD

Stohastička digitalna merena metoda (SDMM) [1] se karakteriše hardverom koji je ekstremno jednostavan, robustan, pouzdan i tačan. Ona omogućuje potpuno paralelna merenja i potpuno paralelnu obradu obradu merenih podataka. Kako radi sa jednostavnim dvobitnim fleš AD konvertorima, ima vrlo širok propusni opseg, sa jedne strane, a ključna operacija u obradi podataka (Multiply and Accumulate) se jednostavnim hardverom izvodi u jednom taktu, sa druge strane.

Posledica ove činjenice jeste izuzetno visoka brzina obrade i visoka efektivna rezolucija izmerenih podataka u vremenskom i frekvencijskom domenu. U radu je pokazano da ona omogućuje i vrlo efikasan nadzor nad ED mrežom i tehnološkim procesima. Električna energija je najplemenitiji vid energije, i ključni je faktor u većini tehnoloških procesa. Direktno – kao fino regulisana mehanička, toplotna ili hemijska energija. Indirektno – primena je u upravljačkim elementima i sistemima koji upravljaju tehnološkim procesima.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Platon Sovilj.

Ako se mere i snimaju napon, struja, snaga i energija na ulaznom napojnom vodu tehnološkog pogona, moguće je dobiti bitne informacije o tehnološkom procesu u off-line obradi snimljenih podataka. One mogu da posluže u analizi i unapređenju procesa, a posebno, u povećanju njegove ekonomičnosti. Svako opterećenje u procesu se „potpisuje“ prilikom svog uključenja ili isključenja i to se na snimcima jasno vidi. U slučaju jednostavnijih tehnoloških procesa, sam rukovalac to može da vidi i analizira, ako ima odgovarajući softver za vizuelizaciju. Međutim, u slučaju vrlo složenih procesa, ili mreže procesa, moraju se razvijati algoritmi prepoznavanja opterećenja, a to spada u oblast veštačke inteligencije. Inače, precizna i detaljna kontrola i upravljanje tehnološkim procesima u realnom vremenu se vrši SCADA sistemima, a to nije predmet ovog rada.

U poslednjih dvadesetak godina su se naglo razvile metode i tehnike merenja električne snage i energije i one se primenjuju u tri tipa uređaja: merilima kvaliteta električne energije, analizatorima snage i pametnim brojilima.

Idealno bi bilo da sva tri tipa uređaja budu objedinjena u pametnim brojilima, ali bi to drastično podiglo njihovu cenu. Brojila su za red veličine jeftinija od analizatora snage, koji su za red veličine jeftiniji od merila kvaliteta. Performanse (brzina, preciznost i tačnost) stoje u istom odnosu kao i cene.

2. HARDVERSKA PODRŠKA

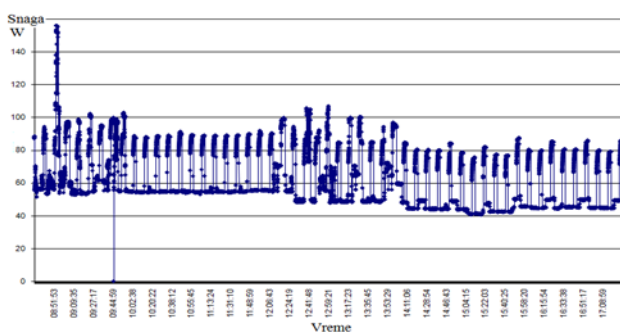
Instrument VMP 20 je monofazni analizator snage proizveden 1996. godine. On je kompletno domaći proizvod baziran na patentu [10], odnosno, SDMM. Direktno meri efektivne vrednosti faznog napona, struje, aktivne snage i frekvenciju. Na osnovu ovih veličina se mogu izračunati (indirektno meriti) još 6 veličina. Najnovija verzija softvera za podršku instrumentu VMPCalc ver.2.1 je u primeni od ove godine. Tačnost merenja napona i struje je 0,5% FS, aktivne snage je 1% FS a frekvencije je 0,02% FS. Na Sl. 1 je prikazan instrument VMP 20, a na Sl. 2 je prikazan snimak prepoznatog uključenja magnetna na uređaju za nuklearnu magnetnu rezonancu.

Na Sl. 3 je prikazan uređaj MM4 proizveden 2013. godine. Funkcionalno zamenjuje dvanest VMP 20 instrumenata četiri puta veće brzine, i predstavlja četvorostruki trofazni analizator snage sa nekim elementima merenja kvaliteta električne energije [11]. Namena mu je detekcija i lociranje neregistrovane potrošnje električne energije u niskonaponskoj mreži.

Ovde se radi o stotinama potrošača po vodu pa je za njega razvijen poseban softver za prepoznavanje potrošača. Na Sl. 4 je prikazan prepoznat trofazni potrošač 3x3,8 kW. Korišćena SDMM metoda se dobro pokazala pri ortogonalnim transformacijama [12] i digitalnim filtrima [13].



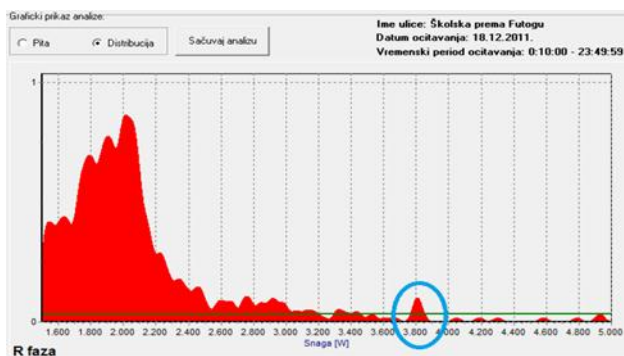
Sl. 1. Instrument VMP 20



Sl. 2. Snimak uključenja magneta na uređaju za nuklearnu magnetnu rezonancu



Sl. 3. Instrument MM4



Sl. 4. Prepoznavanje potrošača

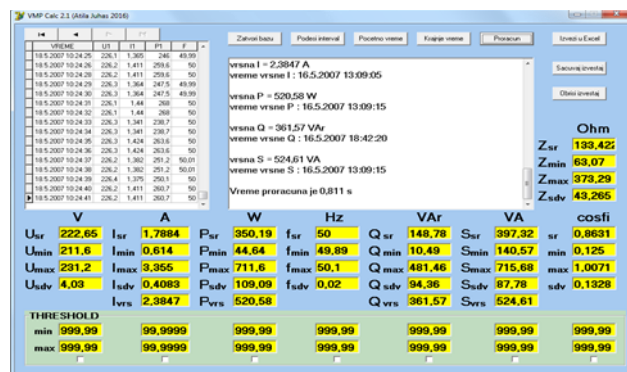
U Republici Srbiji postoji nekoliko proizvođača pametnih brojlara. Ključna prednost ovih domaćih instrumenata je što su standardni, visokoserijski, odličnih metroloških i komunikacionih performansi, kao i vrlo prihvatljive cene. Ugrađeni softver u svima njima je kompatibilan sa standardnim DLMS protokolom i nudi velike mogućnosti

merjenja i obračuna različitih parametara električne snage i energije. Ispitivanjem u Laboratoriji za metrologiju FTN-a u Novom Sadu i upoređivanjem sa VMP 20, utvrđeno je, da mogu da se koriste kao trofazni analizatori snage, odnosno za kontrolu i nadzor nad tehnološkim procesima. Za nadzor nad tehnološkim procesima potrebno im je dodati PC računar i odgovarajući softver za podršku, odnosno trofaznu verziju VMPCalc ver.2.1: VMCalc3f+0.

3. SOFTVERSKA PODRŠKA

Program VMPCalc ver.2.1 je razvijen od strane autora ovog rada i centralni je deo softvera za dodatnu obradu podataka merenih instrumentom VMP 20 i njihov izvoz u Excel tabele. Monofazni instrument VMP 20 izmerene vrednosti pohranjuje u bazu podataka pomoću povezanog PC računara. Program VMPCalc ver.2.1 obradom snimljenih podataka izračunava prividnu snagu, faktor snage, moduo impedanse, Fryze-ovu reaktivnu snagu, koje sa direktno merenim podacima zajedno izvozi u Excel tabele sa grafikonima. Osim izvoza izmerenih i izračunatih podataka u tabele, on izračunava i srednje vrednosti, minimum, maksimum i standardnu devijaciju svih direktno izmerenih i izračunatih veličina, kao i maksimalne petnaestominutne prosečne vrednosti aktivne snage (vršna snaga), reaktivne snage, prividne snage i struje, koje sve zajedno snima kao kratak izveštaj obrade. Na osnovu generisanog izveštaja moguće je izračunati i aktivnu energiju E_p , reaktivnu energiju E_Q i prividnu energiju E_S u vremenskom intervalu obrade. Na Sl. 5 prikazan je korisnički interfejs programa VMPCalc ver.2.1.

Sl. 6 prikazuje da je napon na ulazu industrijskog postrojenja u vremenskom intervalu od 2 sekunde pao na 190,7V u fazi T, što je znatno ispod dozvoljenog, odnosno desio se propad napona. Kako je napon pre i posle toga iste vrednosti, to znači da su isti potrošači pogona uključeni pre i posle tog propadnog napona. Ovaj propad pokazuje tipičnu sliku prorade APU-a, kada napon pada na nulu čije vreme uključivanja je moguće odrediti analizom podataka. Pre i posle propada, vrednost izmerenog napona je 223,7V, dok je u dve sekunde napon 190,7V što je promena srednje vrednosti napona od $\Delta U = 33V$.



Sl. 5. Izgled VMPCalc ver.2.1 po završetku obrade podataka

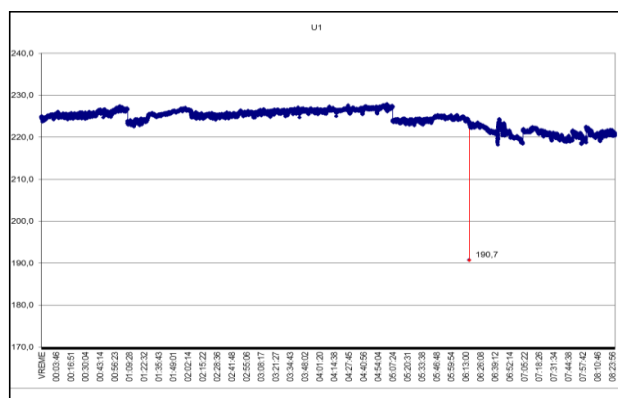
Proradom APU-a napon pada na nulu i posle vremena t se ponovo uključuje koje se određuje na osnovu (1)

$$t = 2s - \frac{190,7Vs}{223,7V} = 0,295s \approx 0,3s. \quad (1)$$

Analiza je pokazala da je vreme prorade APU-a 0,3s, što je jednako standardnom podešavanju, što je i potvrđeno proverom u nadležnoj elektrodistribuciji.

	A	B	C	D	E	F
1	DATUM	VREME	U1	I1	P1	F
22365	17.7.2015	06:16:04	223,5	0,0000	0,042	49,99
22366	17.7.2015	06:16:05	223,7	0,0000	0,042	49,99
22367	17.7.2015	06:16:06	223,7	0,0000	0,042	49,99
22368	17.7.2015	06:16:07	223,8	0,0000	0,042	49,99
22369	17.7.2015	06:16:08	223,7	0,0000	0,042	49,99
22370	17.7.2015	06:16:09	223,7	0,0000	0,042	49,99
22371	17.7.2015	06:16:10	223,5	0,0000	0,042	49,99
22372	17.7.2015	06:16:11	223,5	0,0000	0,042	49,99
22373	17.7.2015	06:16:12	223,7	0,0000	0,021	49,99
22374	17.7.2015	06:16:13	223,7	0,0000	0,021	49,99
22375	17.7.2015	06:16:14	190,7	0,0000	3,208	50
22376	17.7.2015	06:16:15	190,7	0,0000	3,208	50
22377	17.7.2015	06:16:16	223,7	0,0000	0,042	50
22378	17.7.2015	06:16:17	223,7	0,0000	0,042	50
22379	17.7.2015	06:16:18	223,7	0,0000	0,021	49,99
22380	17.7.2015	06:16:19	223,7	0,0000	0,021	49,99
22381	17.7.2015	06:16:20	223,7	0,0000	0,042	50
22382	17.7.2015	06:16:21	223,7	0,0000	0,042	50
22383	17.7.2015	06:16:22	223,7	0,0000	0,042	50
22384	17.7.2015	06:16:23	223,7	0,0000	0,042	50
22385	17.7.2015	06:16:24	223,7	0,0000	0,021	49,99
22386	17.7.2015	06:16:25	223,7	0,0000	0,021	49,99

Sl. 6. Prikaz propada napona u Excel tabeli



Sl. 7. Prikaz napona faze T sa propadom

2011. godine su projektovani prvi instrumenti MM2 i MM4, dvostruki, odnosno, četvorostuki trofazni analizatori snage, gde su primenjeni najnoviji rezultati u istraživanju SDMM. Početkom 2013. „Elektrovojvodini“ je isporučena serija od 15 uređaja MM2 i 15 uređaja MM4 namenjenih detekciji i lociranju neregistrovane potrošnje električne energije u ED mreži [15]. Kompletan digitalni deo ovih uređaja je realizovan u jednom FPGA čipu u MM2, odnosno u dva FPGA čipa u MM4. Ovakvo integrisano rešenje je robusno, pouzdano, otporno na smetnje i pogodno za rad u teškim uslovima kakvi su u trafostanicama. Sa druge strane, FPGA rešenja su otvorena za dalji razvoj i unapređenja, što je vrlo važno kada se koristi nestandardna i još uvek do kraja neistražena metoda kakva je SDMM. Najnoviji rezultati istraživanja SDMM u merenju reaktivne snage i energije to i potvrđuju [17]. Jedan MM4 uređaj je više od 12 puta složeniji od jednog VMP 20 instrumenta. Zbog čega je potrebno rekonstruisati, prilagoditi i unaprediti program VMPCalc ver. 2.1. U sledeća dva podpoglavlja je u kratkim crtama prikazan unapređeni instrument MM4 i VMPCalc3F+0 ver.01, zapravo, uopšteni i unapređeni program VMPCalc ver.2.1.

U jednom rezervnom uređaju je implementirano unapređeno rešenje instrumenta MM4 (Sl. 3) koji sada direktno meri 70 veličina:

1. 3 efektivne vrednosti napona (sa tačnošću 0,2 % od pune skale) [1],

2. 16 efektivnih vrednosti struje (sa tačnošću 0,2 % od pune skale) [1],
3. 12 aktivnih snaga (sa tačnošću 0,5 % od pune skale)[1],
4. 38 Furijeovih koeficijenata na učestanosti mreže (sa tačnošću 0,2 % od pune skale)[17],
5. učestanost mreže (sa tačnošću 0,02 % od pune skale) [14].

Instrument radi na sampling taktu od 0,5 MHz i ekvivalentna vršna brzina u obradi digitalnih odmeraka mu je 2,2 GFLOPS-a. Povezan je sa dva USB kabla sa PC računarom za podršku, koji obezbeđuju portebne kapacitete za prenos podataka. PC omogućuje odličan vizuelni prikaz izmerenih podataka i računa sve izvedene veličine, arhivira ih i/ili šalje višem hijerarhijskom nivou. Merenje efektivne vrednosti, aktivne snage i energije, primenjeno u MM4, se vrši dvobitnim fleš AD konvertorima, na osnovu čega se može napraviti izuzetno jednostavan uređaj. Dtoga, MM4 ima vrlo mali broj izvora sistematske greške koje je lako identifikovati i eliminisati, iz čega sledi da je merenje vrlo tačno [18]. Pošto je u pitanju fleš AD konvertor, moguće je meriti na vrlo visokom sampling taktu, pa je i preciznost vrlo velika [17]. Kako MM4 meri sumu snaga i energija, a one sadrže slučajnu grešku, moguće je primeniti centralnu graničnu teoremu, pa je ukupna energija koju meri jedan MM4

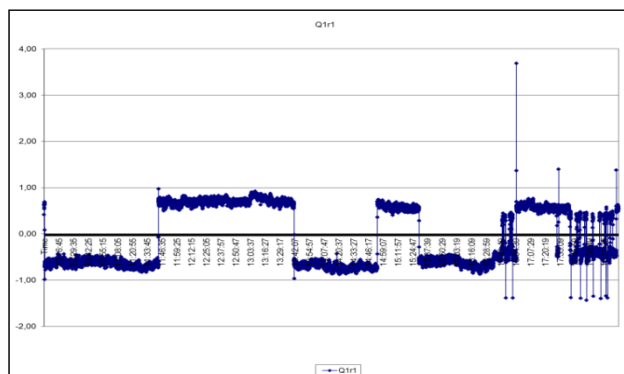
$\sqrt{3 \cdot 4} \approx 3,5$ puta preciznije izmerena od, inače precizno merene pojedinačne (fazne) energije [17]. Na sampling taktu od 10MHz i na nivou od jednog dana, preciznost merenja srednje fazne snage je bolja od 0,00014% pune skale, dok je ukupna srednja snaga koju meri MM4, na nivou dana, preciznija od 0,000028% pune skale. U dinamičkom opsegu od 60 dB, što je uobičajeno za struju, preciznost merenja srednje snage je bolja od 0,02%, ali ne od punog opsega, nego od merene vrednosti. Ova merenja se vrše u vremenskom domenu. Merenje harmonika, faktora izobličenja, reaktivne snage i energije takođe je bazirano na dvobitnom fleš AD konvertoru i ima sve gore navedene dobre osobine: veliku tačnost, veliku preciznost i vrlo veliku preciznost sumarnih merenja. Merenje se sada vrši u frekvencijskom domenu. Ključno unapređenje metode je merenje Budeanuove reaktivne snage na osnovnoj učestanosti, koju ćemo označiti sa Q_1 . Ako su a_1 i b_1 Furijeovi koeficijenti faznog napona na učestanosti mreže, a c_1 i d_1 Furijeovi koeficijenti fazne struje na učestanosti mreže, tada je Q_1 , fazna Budeanuova reaktivna snaga na učestanosti mreže, osnovna komponenta reaktivne snage, data sa (2):

$$Q_1 = \frac{a_1 \cdot d_1 - b_1 \cdot c_1}{2} \quad (2)$$

MM4 preko izmerenih Furijeovih koeficijenata omogućuje PC-ju izračunavanje osnovne komponente 12 Budeanuovih reaktivnih snaga i time utvrđivanje prirode 12 monofaznih opterećenja: da li su induktivna, kapacitivna, mešovita, nelinearna itd. Softver VMPCalc3F+0 ver.01 obuhvata sve pobrojane funkcije VMPCalc ver. 2.1., ali trofazno, i snabdeven je, u ovoj verziji, merenjem i prikazom osnovne fazne komponente reaktivne snage. Prvu praktičnu proveru su, novi MM4 i novi softver VMPCalc3F+0 ver.01, u proveru efikasnosti kompenzacije reaktivne snage imali u jednoj fabrici procesne industrije. Za prikaz je izabrana faza R_1 na prvom trofaznom priključku. Slika 8. prikazuje Budeanuovu reaktivnu snagu u fazi R_1 . **Error! Reference source not found.** prikazuje kratak izveštaj i analizu snimka u obuhvaćenom vremenskom intervalu.

Tabelarni prikaz izveštaja analize faze R_1

	Unit	Average	Min	Max	Stdev
U	V	59,89	58,14	60,51	0,24
I	A	0,1276	0,1090	0,2520	0,0088
P	W	7,51	6,43	9,17	0,51
F	Hz	50,00	49,92	50,07	0,02
Q	var	1,37	0	11,43	0,28
$Q1$	var	-0,08	-1,44	3,68	0,63
S	VA	7,64	6,51	14,65	0,53
PF	-	0,9836	0,6259	1,0070	0,0062
Z	Ω	471,586	230,714	551,101	32,897

Slika 8. Budeanuova reaktivna snaga faze R_1

4. ZAKLJUČAK

Prikazana su tri merna instrumenta koji su rezultat domaće pameti, znanja i razvoja. Oni omogućuju, primenom odgovarajućeg, takođe domaćeg softvera, za bar red veličine jeftiniji, a ništa manje pouzdaniji nadzor, ne samo u ED mreži, nego i nad tehnološkim procesima. Zbog svoje značajno niže cene, oni mogu da se koriste i kao dopunski, redundantni sistemi kada su primenjeni SCADA sistemi, veoma povećavajući robustnost i pouzdanost nadzora i kontrole. Softver VMPCalc3F+0 ver.01 je prikazan u svom razvojnom, vremenskom kontekstu, preko svog prethodnika monofaznog VMPCalc ver. 2.1, i jednog primera svoje primene – merenja fundamentalne komponente Budeanuove reaktivne snage. Glavni kvaliteti ovog novog softvera, odlična vizualizacija i kratak izveštaj, odnosno kratka intuitivna i informativna analiza mernih podataka, se jasno vide u datom primeru primene. Snimak merenja u primeru je pokazao vrlo korektan rad paralelnog kapacitivnog kompenzatora. Opisani softver može biti primenjen ne samo u slučaju primene trofaznih analizatora snage MM2 i MM4, nego i u slučaju primene pametnih brojlara.

5. LITERATURA

- [1] V. Vujičić et al., „Low Frequency Stochastic True RMS Instrument“, IEEE Trans. Instrum. Meas., vol. 48, no. 2, pp. 467-470, Apr. 1999.
- [2] Ž. Beljić, V. Vujičić, D. Pejić, M. Sokola, Z. Mitrović, P. Sovilj, „Grid Fundamental Harmonic Measurement in Presence of Gaussian Frequency Deviation Using 2-bit Flash A/D Converter“, Technical Gazette, Vol.24 No.2 April 2017, pp. 481-488, ISSN 1330-3651 (Print), ISSN 1848-6339 (Online), DOI 10.17559/TV-20151109231714
- [3] Sovilj P. M., Milovančev S. S., Vujičić V.: Digital Stochastic Measurement of a Nonstationary Signal With an Example of EEG Signal Measurement, Instrumentation and Measurement IEEE Transactions on, 2011, Vol. 60 - issue 9, pp. 3230-3232, ISSN 0018-9456, DOI: 10.1109/TIM.2011.2128670
- [4] M. Urekar, P. Sovilj, „EEG dynamic noise floor measurement with stochastic flash A/D converter“, Biomedical Signal Processing and Control, Vol. 38, pp. 337-345, Elsevier B. V, 2017, ISSN 1746-8094

- [5] P. Sovilj, M. Milovanović, D. Pejić, M. Urekar, Z. Mitrović, Influence of Wilbraham-Gibbs Phenomenon on Digital Stochastic Measurement of EEG Signal over an Interval, pp. 270-278, Measurement Science Review, Vol. 14, No. 5, 2014, ISSN 1335 - 8871
- [6] P. Sovilj, B. Vujičić, M. Sokola, D. Pejić, Ž. Beljić, Z. Mitrović, „Stochastic Measurement of Noise True RMS using 2-bit Flash A/D converters“, Technical Gazette, Vol.24 No.5 October 2017, pp. 1315-1322, ISSN 1330-3651 (Print), ISSN 1848-6339 (Online), DOI 10.17559/TV-20151124100705
- [7] Željko Beljić, Boris Ličina, Platon Sovilj, Dragan Pejić, Vladimir Vujičić, Bojan Vujičić, Measurement of Definite Integral of Sinusoidal Signal Absolute Value Third Power Using Digital Stochastic Method, Serbian Journal of Electrical Engineering, Vol. 14, No. 1, pp. 85-98, february 2017, DOI: 10.2298/SJEE1701085B, UDC: 620.91:621.317, ISSN 1451 - 4869 - printed version, ISSN 2217 - 7183 - online version
- [8] Ličina Boris, Sovilj Platon, Vujičić Vladimir, Merenje određenog integrala proizvoda dva ili više signala dvobitnim A/D konvertorom, Zbornik radova, Elektrotehnički institut "Nikola Tesla", br. 22, str. 117-136, 2012, doi:10.5937/zeint22-2416, ISSN 0350-8528
- [9] P. Sovilj, V. Vujičić, N. Pjevalica, D. Pejić, M. Urekar, I. Župunski, Influence of signal stationarity on digital stochastic measurement implementation, pp. 45-53, ELECTRONICS, VOL. 17, NO. 1, JUNE 2013, ISSN 1450 -5843, UDK 621.38
- [10] Vladimir Vujičić, Slobodan Milovančev, „Patent P-742/95, Digitalni instrument za merenje proizvoda dva analogna periodična signala“, Zavod za intelektualnu svojinu Beograd.
- [11] Vladimir Vujičić, „Patent P-628/96, Digitalni instrument za merenje harmonika“, Zavod za intelektualnu svojinu Beograd.
- [12] V. Pjevalica and V. Vujičić „Further Generalization of Low-Frequency True- RMS Instrument“, in Proc. IMTC, May 2005, pp. 1008–1011.
- [13] A. Radonjić, P. Sovilj and V. Vujičić, “Measurement Uncertainty Bounds of DSM Method”, Proc. IEEE Conference on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM) 2012, pp. 572-573, July 2012.
- [14] A. Radonjić, P. Sovilj and V. Vujičić, “Stochastic Measurement of Power Grid Frequency Using a Two-Bit A/D Converter”, IEEE Trans. Instrum. Meas., vol. 63, no. 1, pp. 56-62, Jan. 2014.
- [15] V. Vujičić, Z. Mitrović, S. Galić, V. Kulpinski, „Sistem za detekciju i merenje neregistrovane potrošnje električne energije – iskustva iz primene“, Konferencija Energetika 2015, Zlatibor, mart 2015.
- [16] D. Davidović, S. Mijušković, Z. Mitrović, P. Sovilj, V. Vujičić, „Optimalni redundantni merni sistem za nadzor tokova električne snage i energije“, Konferencija Energetika 2017, Zlatibor, mart 2017.
- [17] P. Sovilj, B. Vujičić, A. Radonjić, D. Pejić, V. Vujičić, „Stochastic Measurement of Reactive Power Using a Two-Bit A/D Converter“, 21st IMEKO TC4 International Symposium and 19th International Workshop on ADC Modelling and Testing Understanding the World through Electrical and Electronic Measurement Budapest, Hungary, September 7-9, 2016.
- [18] M. Urekar et al., “Accuracy Improvement of the Stochastic Digital Electrical Energy Meter“, Measurement, vol. 98, pp. 139-150, Feb. 2017.

Kratka biografija



Atila Juhas rođen je u Novom Sadu 1971. godine. Diplomirao je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, na Katedri za električna merenja 2016. godine. Master rad iz oblasti merno-informacionih sistema, odbranio je 2017. godine.

**IMPLEMENTACIJA PORTALA ZA PRETRAGU ODREĐENOG INTERNET DOMENA
KORIŠĆENJEM APACHE NUTCH I ELASTICSEARCH****IMPLEMENTATION OF PORTAL FOR SEARCHING OF SPECIFIC INTERNET
DOMAINS USING APACHE NUTCH AND ELASTICSEARCH**

Aleksandar Ilić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast - ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj - Cilj ovog rada je bio da se prikaže opis implementacije internet portala čija je funkcija pretraga određenog internet domena korišćenjem Apache Nutch-a i Elasticsearch-a. Sistem podržava pretragu i indeksiranje sadržaja određenih internet domena. Svim korisnicima je omogućena pretraga određenog internet domena. Prilikom korišćenja kao admin korisnik, moguće je dinamički dodavanje linkova u domen pretrage. Sam događaj dodavanja u indeks predstavljen je u redu poruka. Prezentovana je serverska aplikacija čija se implementacija fokusira na distributivnim, skalabilnim tehnologijama otvorenog koda i razdvajanju komponenti funkcionalnosti. Koristi se analizator srpskog jezika koji prepoznaje ćirilčno i latinično pismo. Implementirana je klijentska veb i android aplikacija.

Abstract - The paper describes implementation of portal for searching of specific internet domains using Apache Nutch and Elasticsearch. System implements search and indexing content of specific internet domains. All users are able to do the search of specific internet domains. As an admin user it is possible to dynamically add links in domain of the search. Event of the adding link in index is represented in a queue of messages. Implementation of presented server side application is focused on distributive, scalable open source technologies and separating components of functionality. Serbian analyzer is used which comprehends cyrillic and latin letters. There are web client application and also client android application.

Ključne reči: Elasticsearch, Apache Nutch, Information retrieval, AngularJS, Android

1. UVOD

Usled velikog broja podataka u digitlnoj dobu dolazi do potrebe za pronalaženjem informacija. Prilikom pronalaženja informacija, dolazi do procesiranja specifičnih sadržaja, takođe i specifičnosti jezika samog sadržaja. Sadržaj se može nalaziti na veb stranicama određenog domena, pa je potrebno prikupiti i indeksirati sadržaj. Fokus rada je na pretragama i prikupljanju podataka. U radu je prikazana implementacija portala za pretragu HTML dokumenata koji se nalaze na domenu koji pripadaju Novosadskom univerzitetu, sa fokusom na Fakultet tehničkih nauka i Prirodno-matematički fakultet. Moguće je pristupanje aplikaciji kao admin korisnik gde je moguće dodavanje linkova u domen za pretraživanje, podešavanje osvežavanja starih linkova.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Dragan Ivanović.

Podržano je specifično procesiranje teksta za srpski jezik koje uključuje pretvaranje ćirilice u latinicu. Podržan je korisnički interfejs kako bi korisnici mogli imati interakciju sa serverom. Server strana je implementirana kao REST servis koji omogućuje izvršavanje pretrage i prikupljanje dokumenata sa domena Univerziteta Novog Sada. Rad se sastoji, pored uvoda i zaključka, od više poglavlja gde su posebno diskutovane određene teme. U drugom poglavlju se opisuju teorijske osnove tehnologija prilikom implementacije. Prikazani su i opisani alati koji su korišćeni, kao i dobre i loše osobine tehnologija. Primeri sličnih rešenja prikazani su u sledećem poglavlju. U četvrtom poglavlju je prikazana specifikacija sistema, arhitektura, funkcionalni i nefunkcionalni zahtevi sistema. U petom poglavlju se govori o implementaciji samog sistema i korišćenju tehnologija u implementaciji. U zaključku se govori o prikazanoj implementaciji i budućim smernicama u nastavku razvoja.

2. TEORIJSKE OSNOVE

U ovom poglavlju opisane su i korišćene tehnologije i alati koji su bili upotrebljeni prilikom implementacije aplikacije u okviru ovog rada.

2.1. Apache Nutch

Apache Nutch je open source projekat web crawler-a. Napravljen je sa ciljem da bude skalabilan i proširiv. Posедуje mogućnosti za parsiranje, indeksiranje i filtriranje rezultata za prilagođene implementacije. Nutch omogućuje da se napravi pretraživač na osnovu Lucena a pisan je u Javi sa komponentama za pretragu i indeksiranje. Poseduje modularnu arhitekturu koja dozvoljava pravljenje dodatka za parsiranje, upite i klastering. Kao platforma za pretragu dozvoljava manja skaliranja dok fleksibilna arhitektura dozvoljava zajednici da je prilagodi po svome nahodjenju. Cilj je da se povećaju transparentnosti pri pretraživanju pošto je pretraga postala svakodnevni zadatak. Može da funkcioniše na različitim operativnim sistemima i različitim hardware-ima, a takođe je fleksibilan i skalabilan.

2.1.1 Crawling i indeksiranje

Za crawling je korišćena nutch arhitektura. Sistem je izgrađen od Nutch alata za crawling i više tipova struktura kao što je web baza, set segmenata i indeks. Web baza čuva dva tipa entiteta. Stranica (page) reprezentuje stranicu na Web-u, i indeksirana je URL-om strane i MD5 hash-om sadržaja stranice. Link reprezentuje vezu sa jedne stranice

ka drugoj. Segment je kolekcija stranica *fetch*-ovanih i indeksiranih od strane *crawler*-a u jednom krugu. *Fetch*-lista za segment je lista *URL*-ova za koje će *crawler* izvršiti prikupljanje i generiše se iz *WebDB*. Izlaz *fetcher*-a su podaci stranica iz *fetch* liste koji se dalje indeksira i indeks se čuva u segmentu. Indeks je invertovan indeks svih stranica koji su *fetch*-ovani i kreiran je spajanjem svih individualnih segmenata indeksa.

2.2. Elasticsearch

Podaci koji se vrlo brzo generišu u današnje doba su obimni i složeni. Sistemi koji ih procesiraju su neophodni. Zbog same činjenice da postoji širok raspon tipova fajlova u podacima izvučenim iz socijalnih medija postoji potreba za novim tehnologijama koji ih mogu lako podržavati. Sistemi za upravljanje relacionih modela podataka nisu projektovani za takve vrste podataka. Takav slučaj se ne dešava zbog nemogućnosti za razvijanje, već zbog fundamentalnijih činjenica. Oni podržavaju više transakcije i obrade koje imaju određenu šemu podataka, dok se podaci koji trebaju da se indeksiraju mogu biti nestrukturirani ili polustrukturirani. Otuda postoji potreba za tehnologijama koje podržavaju takav tip podataka. *Elasticsearch* je jedna od *NoSQL* *Big Data* tehnologija koja kao server pretrage rukuje velikom količinom i složenim podacima. Napravljen je za rukovanje velikim obimom podataka sa visokom dostupnošću. Distribuiira se na više mašina sa ciljem da bude skalabilan i otporan na greške. Posедуje jednostavan *API* koji omogućuje povezivanje aplikacije bilo kog jezika ili framework-a. Obezbeđuje sopstveni jezik za upite koji se zove *Query DSL* koji radi preko *JSON* notacije (*JavaScript Object Notations*).

2.3. Spring, Spring Security JWT token

Spring je *framework* koji omogućava obimnu infrastrukturu i podršku za razvoj Java aplikacije. Omogućava da se koristi gotova infrastruktura aplikacije i posveti samoj aplikaciji. Iako Java platforma nudi bogatu funkcionalnost za razvoj, nedostaje organizacija ovih gradivnih blokova u koherentnu celinu. Taj zadatak se ostavlja za projektanta. Iako se mogu dizajnirati razni softverski šabloni pomoću kojih se može sastaviti aplikacija, ovi šabloni daju formalni opis najbolje prakse za rešavanje datog problema.

JWT je skraćenica koja označava *JSON Web Token*. Kao i ostali tokeni, omogućava autentifikaciju korisnika sa karakteristikom da servis ne mora da koristi drugi sistem kako bi utvrdio role i permisije korisnika, već ih utvrđuje kroz token. Klijent se prijavljuje poslavši svoje kredencijale, i nakon verifikacije, dobija *JWT token* koji sadrži detalje korisnike o permisijama servisa i isticanja trajanja tokena.

2.4. SpringData Elasticsearch

Povezivanje *spring* projekta sa *Elasticsearch*-om je moguće na različite načine. *Elasticsearch* se može uvući kao maven dependency i koristiti kroz anotacije i repozitorijume. Moguće je povezati se kao klijent servisa i pozivati server kako bi dobili podatke. Klijent se prethodno konfiguriše kako bi gađao server na pravom portu. Klijent može zadavati zahteve indeksiranja ili

pretrage. Prilikom pretrage moguće je pozivati različite vrste upita. Mogu se praviti specifičirani upiti ili pozivati jednostavne metode pretrage po polju. Ukoliko se koristi kao repozitorijum, sve metode od brisanja, pretrage i čuvanja mogu se pretočiti na indeks *Elasticsearch*-a. Moguća je strukturirana pretraga sa podacima koji imaju precizan strukturiran format. Prilikom strukturirane pretrage odgovor je potvrđan ili odričan. Ne brine se o relevantnosti ili bodovanju dokumenta. Potpuna tekstualna pretraga ima dva aspekta:

- relevantnost - rang rezultata za dati upit određen nekim algoritmom
- analizu - procesuiranje teksta u tokene kako bi se napravio invertovani indeks i upit za invertovani indeks.

U radu se koristi dodatak *SerbianAnalyzerElasticsearch Plugin* za analizu i pripremu unosa teksta za indeksiranje i pretragu. Tok procesuiranja teksta se izvršava u sledećim koracima:

1. filter transformiše sve karaktere tokena u mala slova (engl. *lowercase*)
2. uzima reči i pretvara ih iz ćirlice u latinicu
3. filter koji otklanja stop reči
4. filter koji uzima samo koren reči
5. Filter zamenjuje određene karaktere njihovim parom npr. 'Đ' u 'D'

Ovaj dodatak je pisan za *ApacheLucene* V4.9 i *Elasticsearch* V1.3.2.

2.5. AngularJS

AngularJS je *framework* za razvoj dinamičke *web* aplikacije. Lako se koristi sa svim serverskim tehnologijama. Omogućuje korišćenje proširenja sintakse kao i šablona *HTML*. Podržava data povezivanja i dependency injection što eliminiše potrebu za pisanjem dodatnog koda. Sve se dešava na klijentskoj strani u pretraživaču što olakšava rad. *Angular* je pravljen sa idejom da koristi deklarativno programiranje tokom kreiranja korisničkog interfejsa i povezivanja softverskih komponenti. *AngularJS* omogućuje podršku za dvosmerni data binding koja dozvoljava sinhronizaciju modela i prikaza automatski.

2.6. MongoDB

MongoDb je jedna od vodećih *NoSQL* baza podataka. *NoSQL* baze podataka su nerelacione, distribuirane i horizontalno skalabilne baze. Čuva podatke kao *JSON* dokumente sa dinamičnim šemama. Integracija aplikacija sa *MongoDB* bazom su jednostavne i brze. Indeksiranje je moguće po bilo kom atributu. Čuvanje u *JSON* dokumentima omogućava lakše indeksiranje, brzo ažuriranje, *ad-hoc* upite. Skaliranje je automatski horizontalno i distribuiira sistem između više mašina.

2.7. RabbitMQ

RabbitMQ predstavlja broker kojim možemo objavljivati i primati poruke. Koristi se kao softver orijentisan za poruke sa klijentima za korišćenje. Predstavlja *open source* projekat i lako se dodaje kao klijent u *Nutch*. Pomoću njega se lako razmenjuju poruke između procesa i mogu se pratiti promene čitajući poruke.

3. SPECIFIKACIJA SISTEMA

Sistem se zasniva na klijent-server arhitekturi. Postoji serverska aplikacija koja koristi *Nutch crawler* za *crawling* i *Elasticsearch* za indeksiranje i pretragu. Pozivanje serverske aplikacije dolazi do pretrage određenih internet domena i fokus rada je na serverskoj strani. Implementirane su dve klijentske aplikacije-jedna za veb pretraživač a druga za *Android* operativni sistem. Funkcionalni zahtevi treba da omoguće pretragu korisnika (studenta) sa našeg portala na određenom domenu (skupu *uns, ftn, edu*). Nakon prikaza rezultata, korisnik može da otvara link iz skupa rezultata. Postoji i mogućnost da se korisnik uloguje kao admin i doda određeni url koji želi da doda u opseg linkova koji će se pretraživati.

3.1. Arhitektura sistema

Implementiran sistem ima *API* koji nudi funkcionalnost pretrage i zahteve za *crawling*. Klijentska aplikacija za veb *browser* nudi pristup tim funkcionalnostima pretrage i zahteve za *crawling*. Serverska aplikacija kao klijent koristi *Nutch crawler* za *crawling*, indeksiranje i pretraga u *Elasticsearch*-u. Dve klijentske aplikacije su *Android* za operativni sistem *Android* i veb za *web browser*. *Android* klijentska aplikacija nudi pristup funkcionalnostima pretrage. Postoje tri veće komponente s obzirom na funkcionalnosti:

1. *Crawler* komponenta- *Nutch crawler* sa konfiguracijom
2. Komponenta za indeksiranje- *Elasticsearch* klijent u *Nutch crawleru*
3. Komponenta za pretragu i indeksiranje- *Elasticsearch* sa konfiguracijom

4. IMPLEMENTACIJA SISTEMA

Serverska aplikacija je pisana u *Java* programskom jeziku, i ona je klasična veb aplikacija koju je moguće staviti na bilo koji veb server koji podržava *Java* veb aplikacije.

4.1 Spring Security

Kako bi implementirali *JWT* token prvo moramo dodati svoj filter u lanac *Spring Security*-ja. Zatim se deklariraju *bean*-ovi potrebni za bezbednost. Definišemo anotacije u *spring* kontekstu poput *@PreAuthorize*, koje ćemo koristiti. Kako bismo koristili prijavljivanje i registraciju moramo da registrujemo *endpoint*-e za date funkcionalnosti. Kako smo definisali filter u lancu, definišemo ulaznu tačku reference i podešavanja.

4.2 Rukovanje Nutch-om

Ideja sa kojom je pravljen dodatni zadatak *Nutch*-a je da se prilagodi dodavanju url-a preko admin strane koji će *Nutch* pokrenuti kroz ceo proces i ažurirati indeks pretrage u jednom zadatku iz više faza. *Ftn Crawler Job* (*ContinuousCrawlerJob*) obuhvata sve faze *Nutch*-a u jednom zadatku. Parametri koji se šalju zadatku: broj ciklusa, početna faza, url koji želite da dodate.

Čitav zadatak se pokreće individualno na *Nutch* serveru i dodat je na listi mogućih zadataka koje *Nutch* izvršava. U suštini predstavlja skup postojećih funkcija *Nutch*-a sa određenim podešavanjima i izmenama kako bi se

prilagodio. Kako se pokreće na *Nutch* Serveru kao jedan od zadataka, poseduje funkcionalnosti kao što su kreiranje novog zadatka, stopiranje zadataka, i dobavljanje informacije o statusu zadatka, po uzoru na ostale funkcionalnosti *Nutch*-a. Ciklus podrazumeva šest koraka : *InjectorJob*, *GeneratorJob*, *FetcherJob*, *ParserJob*, *DbUpdaterJob*, *IndexingJob*. Po uzoru na ostale zadatke *Nutch*-a, *ContinuousCrawlerJob* podržava paralelno pozivanje kroz *REST API*. To je omogućeno kroz korišćenje *ThreadPoolExecutor*-a, *Java* klasa koje su konkurentne, atomičnih promenljivih, zaključavanju zadataka. Kako bi se sačuvala paralelizacija procesa implementira se *Factory pattern* niti koje izvršavaju kontinuirani proces.

4.2.1 Nutch Dodatak za istoriju promena

Prilikom svake promene sadržaja stranica ili dodavanja novih stranica možemo pratiti promene kroz dodatak prilikom indeksiranja pri čemu se promene mogu čuvati u novoj kolekciji. Time možemo pratiti verzije sadržaja kroz istoriju u kojima se nalazila stranica. Dalje se događaj promene može objavljivati u redu poruka sa ciljem daljeg korišćenja.

4.3 Elasticsearch

Kako bismo koristili *Elasticsearch* moramo imati indeksirana dokumenta kako bi i dalje koristili u pretraživanju. *SerbianAnalyzerElasticsearchPlugin* je dodatak koji se koristi za analiziranje i pripremanja teksta za indeksiranje. Koristi se za *Elasticsearch* i napisan je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Prilikom faze parsiranja u *Nutch*-u se se prvobitno parsira kroz *Nutch*-ov *HTML* filter. Taj dodatak izdvaja sadržaj strane od elemenata *HTML*-a. Time tekst koji stiže u fazu analize *ElasticSearch*-a predstavlja tekst sadržaja. Moguće je koristiti *Java* klijenta *Elasticsearch*-a na više načina. On obavlja standardne indeksne operacije, brisanje i pretraživanje operacije na postojećem klasteru. Kao jedan od dodatak pri indeksiranju u *Apache Nutch*-u javlja se *Elasticsearch* indeks koji indeksira dokumente u *Elasticsearch*. Prilikom indeksiranja on otvara vezu kao klijent prema *Elasticsearch*-u koji je na podrazumevanom portu. Prilikom otvaranja konekcije čita se iz konfiguracije ime klastera i priprema se određen broj dokumenata. Pre nego što se indeksira dokument u *Elasticsearch*-u ne mora se poslati šema dokumenta već on po samom dokumentu može odrediti šemu. *Elasticsearch* daje punu podršku *QueryDSL* i na osnovu *JSON*-a definiše upite. Upit može biti definisan sa jednom klauzulom ili više klauzula zajedno. Može biti specificiran sa određenom vrednosti jednog polja, a moguće su kombinacije različitih klauzuli.

4.3 Klijentske aplikacije

Klijentska veb aplikacija je pisana koristeći *AngularJS* biblioteku, na *Javascript* programskom jeziku. Pri korišćenju klijentske aplikacije postoje dve komponente. Kao regularan korisnik postoji mogućnost pretrage dok drugu komponentu može koristiti admin korisnik, dinamički dodavajući novi url u oblast pretrage. Nakon događaja dodavanja same veb strane u indeks, dolazi do objavljivanja događaja u red *RabbitMQ*. Nakon

objavljivanja poruke u red, različiti konzumeri mogu primiti poruku. Korišćenje su biblioteke koje su omogućile potrebne funkcionalnosti za obavljanje i konzumiranje poruka kroz sam klijent. Prilikom konzumiranja poruke dolazi do dodavanja u kolekciju koja se prikazuje tabelom gde je spisak dosadašnjih poruka.

Klijentska *Android* aplikacija je prilagođena manjim ekranima. *Java* aplikacija koju pokreću *Android* operativni sistemi sa funkcionalnostima pretrage povezivanjem na naš *API*.

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu analize već postojećih sistema za pretragu određenih domena, određen je osnovni skup funkcionalnosti koja treba da bude implementirana da bi dobili jedan sistem koji vrši pretragu i indeksiranje specifičnih domena. Korišćene su *open source* tehnologije sa naglaskom na skalabilnosti i razdvajanju komponenti.

U ovom radu je prezentovana implementacija jednog takvog sistema. Implementiran sistem se sastoji od serverske aplikacije, koja vrši pretragu i indeksiranje sadržaja određenih Internet domena, i od dve klijentske aplikacije koje koriste servis serverske aplikacije – jedna aplikacija je namenjena za veb pretraživač, a druga aplikacija je namenjena za uređaje sa *Android* operativnim sistemom. Implementirana serverska aplikacija se dalje može unapređivati, tako da neki od budućih pravaca razvoja može da bude sledeći:

- dokerizacija pojedinačnih komponenti,
- pojedinačne komponente kao servis,
- Podizanje aplikacije u *cloud* tako da ne brinemo o serverima i mašinama. Korišćenje *DynamoDb* baze kao servisa, zatim podizanje *Elasticsearch* i *Nutch* kao servisa u *cloud* i njihovo pozivanje iz našeg *API*-ja. Time bi naš *API* postao *javan* i različite klijentske aplikacije bi ga mogle koristiti.

6. LITERATURA

- [1] D. Ivanović, B. Milosavljević. (2015). Upravljanje digitalnim dokumentima. Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka
- [2] ApacheNutch, <http://nutch.apache.org/>
- [3] Elastic Search, <http://elastic.co>
- [4] Spring Framework, <http://projects.spring.io/spring-framework/>
- [5] Spring Data JPA, <http://projects.spring.io/spring-data-jpa/>
- [6] Hatcher, E., & Gospodnetic, O. (2010). Lucene in Action (2nd ed.). Saintmpford: Manning Publications.
- [7] Elasticsearch Blueprints – Vineeth Mohan
- [8] ApacheNutch, <http://nutch.apache.org/>
- [9] Angular JS, <https://angularjs.org/>
- [10] Android developers guide, <https://developer.android.com/guide/index.html>
- [11] Android SDK, <http://developer.android.com/sdk/index.html>
- [12] Mastering RabbitMQ – Ayanoglu, Nahum, Aytas
- [13] Web Crawling and Data Mining with Apache Nutch - Laliwala, Zakir

Kratka biografija:

Aleksandar Ilić rođen je 09.09.1992. godine u Šapcu. Osnovnu školu "Laza K. Lazarević" završio je 2007. godine u Šapcu. Šabačku gimnaziju završio je 2011.godine i iste godine se upisao se na Fakultet tehničkih nauka, odsek Računarstvo i automatika. Osnovne bečelor studije je završio 2015.godine a iste godine se upisuje na master studije, usmerenje Primenjene računarske nauke i informatika. Položio je sve ispite predviđene planom i programom.

ISPITIVANJE KVALITETA ELEKTRIČNE ENERGIJE U KOMPRESORSKOJ STANICI FABRIKE PIONIR, SUBOTICA

POWER QUALITY MEASUREMENT IN COMPRESSOR DRIVE OF THE PIONIR, SUBOTICA FACTORY

Žolt Molnar, Vladimir Katić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je predstavljeno merenje i analiza kvaliteta električne energije u kompresorskoj stanici fabrike "Pionir", Subotica. Date su karakteristike vijčanih kompresora, kao i odgovarajući standardi vezani za kvalitet električne energije. Prikazani su rezultati merenja, njihova analiza i upoređivanje sa datim standardima. Na kraju su dati odgovarajući zaključci.

Abstract – The paper presents the measurement and analysis of the power quality in the compressor station of the factory "Pionir", Subotica. The characteristics of the screw compressors are given, as well as the corresponding standards related to the power quality. The measurement results, their analysis and comparison with the given standards are presented. In the end, appropriate conclusions are given.

Ključne reči: Kvalitet električne energije, Vijčani kompresori, Viši harmonici

1. UVOD

Viši harmonici predstavljaju komponente napona ili struje čije su frekvencije celobrojni umnošci osnovne frekvencije, (50 Hz). Njihova pojava može da dovede do brojnih negativnih efekata (pojava rezonancije u mreži, uticaj na zaštitne elemente, dodatni gubici u električnim mašinama, pregrevanje, smetnje u signalima i dr. [1]. Izražavaju se ukupnim i pojedinačnim harmonijskim izobličenjem (THD - Total Harmonic Distortion, HD - Harmonic Distortion), koji se za napon izračunavaju sa:

$$THD_U = \sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} \frac{U_n^2}{U_1^2}} \cdot 100 [\%] \quad HDU_n = \frac{U_n}{U_1} \cdot 100 [\%] \quad (1)$$

gde je U_n efektivna vrednost n-tog harmonika napona, a U_1 efektivna vrednost osnovnog harmonika napona.

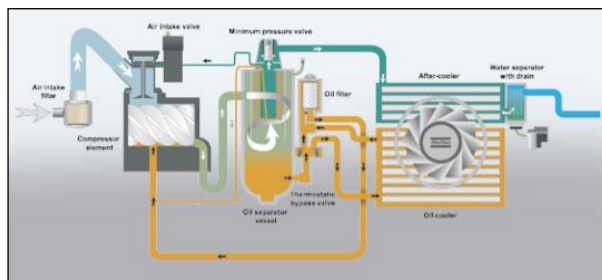
U industrijskim pogonima pojava viših harmonika može dovesti do dodatnih gubitaka pri radu električnih mašina ili oštećenja zbog rezonancije. Međutim, mada je prisustvo harmonika čest slučaj, njihovo prisustvo nije uvek poznato. U ovom radu će biti razmatran pogon vijčanih kompresora u sklopu kompresora GA 110 i GA 90 fabrike "Pionir" iz Subotice i biće predstavljeno ispitivanje i merenje parametara kvaliteta napona.

NAPOMENA:

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

2. OPŠTE KARAKTERISTIKE VIJČANIH KOMPRESORA GA 110 i GA 90

Vazduh je u gasovitom stanju tako da je rastojanje između molekula najveće, odnosno privlačne sile su veoma male. Iz tog razloga molekuli vazduha kreću se haotično i zauzimaju oblik zapremine u kojoj se nalaze. Od zapremine zavisi u velikoj meri temperatura i pritisak vazduha, pa je pogodan za prenos energije. Kompresor je električni agregat koji sabija vazduh i vazduh pod pritiskom šalje ka industrijskom pogonu. Kasnije, u radnoj mašini vazduh predaje svoju energiju dobijenu od kompresora i vrši se određeni rad [2]. Na slici 1 predstavljen je princip rada kompresora.



Slika 1. Princip rada kompresora [2]

Kompresor GA 110 je stabilni, jednostepeni, vijčani, vazduhom hlađeni kompresor sa ubrizgavanjem ulja i sa jednim parom vijaka [2]. Maksimalni radni pritisak koji može da ostvari je od 9,8 bar-a, kapacitet 18,7 m³/min, snage pogonskog motora od 110 kW koji se pokreće preklopom zvezda trougao. Rad kompresora se zasniva na otvaranju i zatvaranju usisne klapne koja se otvara i zatvara pomoću solenoida (rukovodi se pritiskom u sistemu). Pri zatvorenoj klapni kompresor radi rasterećen, jer nema dotoka svežeg vazduha u vijke.

Kompresor GA 90 VSD je frekventno regulisan, jednostepeni, vijčani, vazduhom hlađeni kompresor sa ubrizgavanjem ulja, sa jednim parom vijaka, maksimalnog radnog pritiska 9,8 bar-a, kapaciteta u opsegu od 2,9 do 15,4 m³/min, i snage pogonskog motora od 90 kW [2].

Elementi GA 90 VSD kompresora (slika 2):

- 1) Usis svežeg vazduha u kompresor.
- 2) Filtar vazduha gde se usisava vazduh u element kompresora.
- 3) Kompresorski element sa jednim parom vijaka.
- 4) Separator ulja.
- 5) Hladnjak ulja i hladnjak vazduha su postavljeni jedan pored drugog.
- 6) Ventilator za hlađenje hladnjaka.
- 7) Kanal za odvod toplog vazduha iz kompresora sa otvorom za grejanje kompresorske stanice.

VSD kompresori su savremeniji po konstrukciji, nemaju usisnu klapnu (samo usisni ventil), dok regulaciju vrše pomoću promene broja obrtaja na frekventnom regulatoru. Kod oba kompresora upravljanje se nalazi na *Elektricon* regulatoru, koji upravlja radom kompresora.



Slika 2. Kompresor GA 90 VSD.

3. DOZVOLJENI NIVOI VIŠIH HARMONIKA NAPONA PO STANDARDU SRPS EN 50160

Standard CENELEC - EN 50160 potiče iz 1995 god. sa dopunama u 2010. god. i primenjen je u zemljama Evropske Unije.

Takođe, prihvaćen je i u Srbiji od 2012. god. kao domaći standard SRPS EN 50160 [3]. koji je identičan standardu EN 50160. Sva merenja rađena su u skladu sa ovim standardom. U tabeli 1 su sumirane numeričke vrednosti parametara za NN mreže.

Tabela 1. Prikaz numeričkih vrednosti NN mreže [3].

Karakteristika	Granične vrednosti	Interval merenja	Period posmatranja	Procenat prihvatanja
Frekvencija	49,5Hz - 50,5Hz 47Hz - 52Hz	10 s	7 dana	95% 100%
Napon	230V ± 10%	10 min	7 dana	95%
Propadi napona (<1 min)	10-1000 puta god. < 85% Un	10 ms	1 godina	100%
Kratki prekidi (< 3 min)	10 - 100 puta god. < 1% Un	10 ms	1 godina	100%
Prekidi (> 3 min)	10 - 50 puta god. < 1% Un	10 ms	1 godina	100%
Povremeni prenaponi	U < 1,5 kV	10 ms	/	100%
Tranzijentni prenaponi	U < 6 kV	/	/	100%
Nesimetrija	2 % povremeno 3%	10 min	7 dana	95%
Viši harmonici	THD < 8%	10 min	7 dana	95%

Podaci o dozvoljenim nivoima za pojedine harmonike napona i ukupnu harmonijsku distorziju napona za niskonaponske mreže date su u tabeli 2.

Tabela 2. Maksimalne dozvoljene vrednosti pojedinih harmonika napona po standardu SRPS EN 50160 [3].

Red harmonika	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25
Relativna vrednost naponskih harmonika (%)	5	6	5	1,5	3,5	3	0,5	2	1,5	0,5	1,5	1,5

4. MERENJE KVALITETA ELEKTRIČNE ENERGIJE I MERNJA OPREMA

Za merenje parametara kvaliteta električne energije korišćen je trofazni mrežni analizator, model C.A 8332/8334 [4]. Od svih parametara, mereni su frekvencija, napon i struja sve tri faze, viši harmonici (THDU, THDI, HDU, HDI), snaga (aktivna, reaktivna i prividna), faktor snage PF i faktor pomeraja DPF.

U fabrici "Pionir" urađena su dva merenja kvaliteta električne energije. Prvo merenje je izvršeno na kompresoru GA110, a drugo na sabirnicama sa kojih se napajaju oba kompresora (GA110 i GA90VSD).

Prvo merenje je urađeno sa 5-to minutnim usrednjavanjem u kontinuitetu od 22.09.2017. do 29.09.2017. To znači da je uređaj neprestano merio vrednosti svake sekunde, a sve rezultate usrednjavao u 5 minutnim intervalima i zapamtio u internoj memoriji u formi excel fajla. Obrada rezultata se vrši na računaru analiziranjem podataka iz excel fajla.

Za dati period merenja proizvodnju je opsluživao kompresor GA 110 na kojem su vršena merenja. Kompresor GA 90 VSD nije bio uključen za vreme merenja!

Drugo merenje vršeno je na oba kompresora sa dva mrežna analizatora. Analizatori su podešeni na 2 minutno usrednjavanje. Kompresor GA 110 je pokrивao prvu smenu, jer tada je potreba za komprimovanim vazduhom veća, dok je GA 90 VSD pokrивao potrošnju druge i treće smene. Ovo merenje je bilo svobuhvatnije, pa će samo njegovi rezultati biti dalje predstavljeni u ovom radu.

5. OPIS MERNIH MESTA

Uređaj je postavljen u razvodni orman kompresora GA 110. Priključci - naponske štipaljke i Ampflex strujne sonde postavljene su na napojni kabel iz trafo stanice (slika 3). Ampflex strujne sonde imaju opseg merenja do 1000A. Potrebno je pravilno postaviti sonde da se strelica na njima poklopi sa smerom struje, odnosno tokom energije (od distributivne mreže ka potrošačima). U suprotnom dobijaju se netačni rezultati i merenje bi se moralo ponoviti.

Kompresor GA 90 VSD napaja se iz starog razvodnog ormara kompresorske stanice i tu se uređaj postavlja na sličan način (slika 4).

6. REZULTATI I ANALIZA MERENJA

6.1 Kompresor GA 110

Merenja su vršena u periodu od 9.10.2017 od 5 časova do 12.10.2017. do 11 časova. Izmerene su maksimalne vrednosti struje, aktivne, reaktivne i prividne snage za svaku fazu i date u tabeli 1. U tabeli 2 predstavljene su vrednosti pojedinačnih harmonika struje (u %), dok je na slici 5 prikazan njihov grafički prikaz. Vidi se da su peti i sedmi harmonik najizraženiji što je i očekivano za trofazni elektromotorni pogon.

Na slici 6 je prikazan talasni oblik napona i struje prve faze. Vidi se da je napon sinusnog oblika, dok je struja približno sinusnog oblika, odnosno ima određeno odstupanje od sinusoide, tj. sadrži manji niivo viših harmonika.



Slika 3. Postavka mernog uređaja CA 8332 u GA 110.



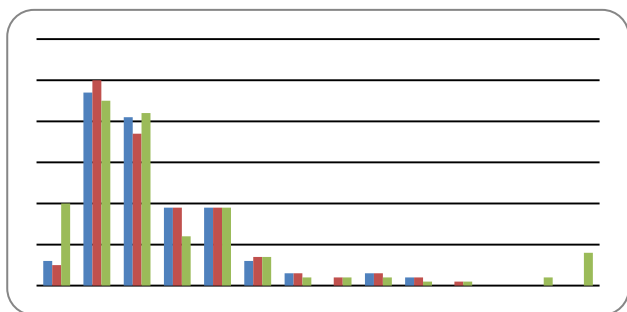
Slika 4. Postavka mernog uređaja CA 8332 u GA 90 VSD.

Tabela 1. Tabela snage kompresora

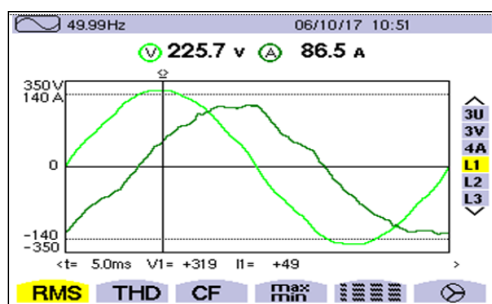
	Struja (A)	Aktivna snaga (W)	Reaktivna snaga (VAr)	Prividna snaga (VA)
Faza 1	225.2	42356	26698	49975
Faza 2	230.2	44306	25947	51161
Faza 3	232	44810	26934	51817
Ukupna		130847	79170	152395

Tabela 2. Tabela pojedinačnih viših harmonika struje

Struja	1	3	5	7	9	11	13	15	17
Faza 1	100	0.6	4.7	4.1	1.9	1.9	0.6	0.3	0
Faza 2	100	0.5	5	3.7	1.9	1.9	0.7	0.3	0.2
Faza 3	100	2	4.5	4.2	1.2	1.9	0.7	0.2	0.2



Slika 5. Harmonijski spektar struje GA 110.



Slika 6. Talasni oblik napona i struje prve faze GA 110.

6.2 Kompresor GA 90 VSD

Prikazane su vrednosti merenja u periodu od 9.10.2017. od 14:34h do 10.10.2017. do 05:00 časova. Tada je kompresor GA 90 VSD opsluživao proizvodnju, dok je kompresor GA 110 radio u praznom hodu (u tabeli 3 predstavljene su snage kompresora). Na slici 7 predstavljeni su talasni oblici napona i struje. Može se uočiti da je talasni oblik napona na priključcima kompresora sličan onom za GA 110 (slika 6), jer se oba kompresora napajaju sa iste sabirnice transformatora. Ipak, vidi se uticaj frekventnog pretvarača, kojim se reguliše rad ovog kompresora. Napon je izravnjen u vrhu (engl. *Flat top*), što je posledica diodnog ispravljača sa LC filtrom u jednosmernom međukolu. U tabeli 4 i na slici 8 predstavljene su vrednosti i harmonijski spektar napona. Mogu se uočiti izraženi 5-ti i 7-mi harmonik.

Tabela 3. Tabela snage kompresora

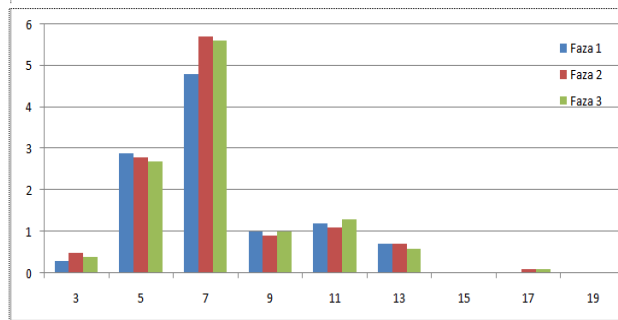
	Struja (A)	Aktivna snaga (W)	Reaktivna snaga (VAr)	Prividna snaga (VA)
Faza 1	178.3	38594	13570	40871
Faza 2	175	37927	13497	40258
Faza 3	179.5	38716	14024	41157
Ukupna		115238	40970	122286



Slika 7. Talasni oblik napona i struje prve faze GA 90.

Tabela 4. Tabela pojedinačnih viših harmonika napona

Napon	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
Faza 1	100	0.3	2.9	4.8	1	1.2	0.7	0	0	0
Faza 2	100	0.5	2.8	5.7	0.9	1.1	0.7	0	0.1	0
Faza 3	100	0.4	2.7	5.6	1	1.3	0.6	0	0.1	0

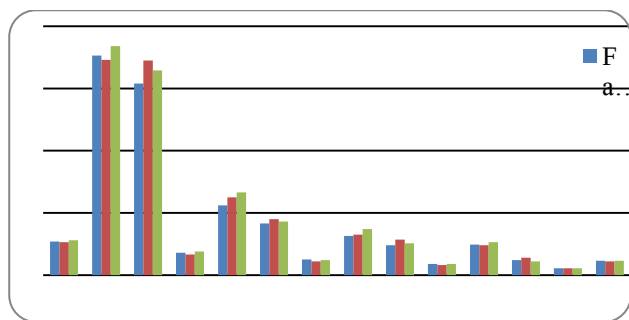


Slika 8. Harmonici napona GA 90.

Naponski harmonici direktna su posledica velikog izobličenja struje kompresora, što je uočljivo iz talasnog dijagrama datog na slici 7. U tabeli 5 i na slici 9 date su vrednosti i harmonijski spektar struje kompresora. Primeniti su viši harmonici 5-tog i 7-mog reda, koji su najzaslužniji za izobličenje talasnog oblika struje, a što je karakteristično za rad ulaznog sklopa frekventnog pretvarača (trofaznog ispravljača sa LC filtrom).

Tabela 5. Tabela pojedinačnih viših harmonika struje

Struja	1	3	5	7	9	11	13	15	17
Faza 1	100	5.4	35.3	30.8	3.6	11.2	8.3	2.5	6.3
Faza 2	100	5.3	34.6	34.5	3.3	12.5	9	2.2	6.5
Faza 3	100	5.6	36.8	32.9	3.8	13.3	8.6	2.4	7.4



Slika 9. Harmonici struje GA 90.

6.3 Poređenje rezultata merenja sa standardima

Veliko izobličenje talasnog oblika napona i struje, uočeno naročito kod analize rezultata merenja na kompresoru GA 90 nameće pitanje da li ovaj pogon može da bude izvor negativnih pojava, koje su posledica pojave viših harmonika u mreži [1].

Da bi se to utvrdilo, potrebno je uporediti rezultate sa vrednostima limita datim u standardu [3]. U tabeli 2 prikazane su granične vrednosti za više harmonika napona, s tim da je maksimalno dopuštena vrednost za ukupnu harmonijsku distorziju napona $THDU_{lim} = 8\%$.

Poređenje izmerenih vrednosti viših harmonika napona prilikom sve tri sesije merenja dato je u tabeli 5. Predstavljeni su harmonici napona za prvo merenje na kompresoru GA110, kao i za drugo merenje na GA110 i GA 90 VSD.

U tabeli 6 može se uočiti da su u paralelnom radu kompresora granične vrednosti pojedinih harmonika napona uglavnom ispod granice dozvoljenih vrednosti, osim za 7-mi dominantni harmonik, koji je nešto preko date granice.

Tabela 6. Poređenje viših harmonika

1mer 110	3	5	7	9	11	13	15	17	19
Faza 1	0.4	0.4	0.1	0.3	0.3	0	0	0.2	0
Faza 2	0.3	0.2	0.1	0.3	0.4	0	0	0.1	0
Faza 3	0.4	0.4	0.4	0.2	0.3	0	0	0.2	0.1
2mer 110	3	5	7	9	11	13	15	17	19
Faza 1	0.4	2.6	5.4	1	1.1	0.5	0	0.2	0
Faza 2	0.3	2.8	4.6	1	1	0.7	0	0.2	0
Faza 3	0.5	2.7	5.2	0.9	1	0.7	0	0.2	0.1
2mer 90	3	5	7	9	11	13	15	17	19
Faza 1	0.3	2.9	4.8	1	1.2	0.7	0	0	0
Faza 2	0.5	2.8	5.7	0.9	1.1	0.7	0	0.1	0
Faza 3	0.4	2.7	5.6	1	1.3	0.6	0	0.1	0
Gr.vr.	5	6	5	1.5	3.5	3	0.5	2	1.5

Rezultati za ukupnu harmonijsku distorziju napona dati su za sva tri slučaja u tabeli 7.

Može se uočiti da su sve vrednosti znatno manje od dozvoljenih $THDU_{lim}=8\%$, odnosno da su vrednosti iznosile između $THDU_{1mer110} = 0,63\%$ i $THDU_{1mer110} = 0,81\%$ za prvo merenje, između $THDU_{2mer110} = 5,62\%$ i $THDU_{2mer110} = 6,21\%$ za drugo merenje, odnosno između $THDU_{2mer90} = 5,87\%$ i $THDU_{2mer90} = 6,56\%$ za treće merenje.

Ovi rezultati ukazuju da je kvalitet električne energije dobar u pogonu kompresora GA110 i GA90 VSD, s tim da su vrednosti THDU blizu limita od 8%, a da su pojedini viši harmonici, odnosno 7-mi harmonik nešto iznad dozvoljene vrednosti.

Tabela 7. Poređenje THD napona

1mer 110	THDU [%]
Faza 1	0.74
Faza 2	0.63
Faza 3	0.81
2mer 110	THDU [%]
Faza 1	6.21
Faza 2	5.62
Faza 3	6.08
2mer 90	THDU [%]
Faza 1	5.87
Faza 2	6.56
Faza 3	6.47
Gr.vr. [%]	8

7. ZAKLJUČAK

Izvršena su merenja parametara kvaliteta električne energije u pogonu kompresora GA110 i GA90 VSD. Dobijeni rezultati su u skladu sa standardom propisanim limitima, odnosno ne zahtevaju dodatne intervencije na mreži napajanja kompresora. Ukoliko bi se kompresorska stanica proširila sa još jednim frekventno regulisanim kompresorom potrebno je ponoviti merenja i proveriti kvalitet električne energije.

8. LITERATURA

- [1] Vladimir Katić: "Kvalitet električne energije – viši harmonici", Monografija, Univerzitet u Novom Sadu - Fakultet tehničkih nauka, Edicija Tehničke nauke - Monografije, Br. 6, Novi Sad, 2002.
- [2] Atlas Copco: "Compressed air manual", Atlas Copco Air power NV, Belgium, 2015.
<https://www.atlascopco.com/en-uk/compressors/compressed-air-tips/compressed-air-manual>
- [3] SRPS EN 50160, "Karakteristike napona isporučene električne energije iz javnih električnih mreža", Institut za standardizaciju Srbije, beograd, 2012.
- [4] Three Phase Power Quality Analyser C.A 8332, C.A 8334, User's manual, Chauvin-Arnoux,
<http://www.chauvin-arnoux.com/en/produit/CA8332B>

Kratka biografija:



Žolt Molnar rođen je u Zrenjaninu 1992. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Energetska elektronika i električne mašine odbranio je 2017.god.



Vladimir Katić je rođen 1954. godine u Novom Sadu. Doktorirao je na Univerzitetu u Beogradu 1991. godine. Od 2002. godine je redovni profesor Univerziteta u Novom Sadu. Trenutno je i prodekan Fakulteta tehničkih nauka i šef Katedre za energetska elektroniku i pretvarače. Oblasti interesovanja su energetska elektronika, obnovljivi izvori električne energije, električna vozila i kvalitet električne energije.

БИБЛИОТЕКЕ ЗА МАШИНСКО УЧЕЊЕ У .NET-У MACHINE LEARNING LIBRARIES IN .NET

Сања Станковић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

Кратак садржај – У овом раду је представљен процес, алгоритми и врсте проблема машинског учења које ти алгоритми решавају. Презентоване су функције Accord.Net окружења као и начини решавања проблема помоћу тих функција.

Abstract – This work presents process, algorithms and types of machine learning problems that this algorithms solve. The functions of the Accord.Net Framework are presented as well as the ways of solving problems with these functions.

Кључне речи: Машинско учење; .NET; Accord.Net Framework.

1. УВОД

Машинско учење је присутно већ дуги низ година и постоји велики број области у којима се примењује као што је медицина, економија, лингвистика, итд.

У овом раду су описани неки од основних појмова везаних за машинско учење као што су појам модела и податка, као и детаљан опис самог процеса машинског учења. Да би могли да решимо одређени проблем, ослањајући се на машинско учење, прво што је неопходно знати јесте како категоризовати проблем односно којој категорији тај проблем припада. Ово се одређује на основу самих карактеристика проблема. Разврставање проблема у категорије помаже нам да знамо које врсте алгоритама треба да применимо да бисмо дошли до решења. Због тога су, у овом раду описани и типови проблема машинског учења подељени на основу типа учења, па тако постоји надгледано и ненадгледано учење. У врсту надгледаног учења спадају класификациони и регресиони проблеми док у врсту ненадгледаног учења спада метод кластеризације односно груписања. Описан је и појам вештачких неуронских мрежа који означава изузетно важан појам када је у питању машинско учење и *deep learning*.

У раду су представљене и функције које пружа Accord.Net библиотека и начини решавања проблема машинског учења помоћу тих функција. Accord.Net садржи велики број библиотека за машинско учење, статистичку анализу и обраду слике. Садржи опширну документацију и велики број примера па се сматра једном од најбољих окружења за .NET апликације које се односе на машинско учење.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из рада чији ментор је био др Александар Купусинац, ван. проф.

2. МАШИНСКО УЧЕЊЕ И ЊЕГОВА ПРИМЕНА

Машинско учење је једно од поља рачунарских наука које даје могућност рачунарима да уче без претходног програмирања. Представља грану вештачке интелигенције (AI) која се бави дизајном и развојем алгоритама који омогућавају рачунарима да развију понашања заснована на емпиријским подацима. Међутим, иако се сматра граном вештачке интелигенције, постоје значајне разлике између машинског учења и вештачке интелигенције. Док се вештачка интелигенција односи на машине које се понашају као људи, машинско учење је оно које управо то омогућава. Дакле, оно представља један начин да се постигне AI. Једна разлика је и та да се AI ослања искључиво на алгоритме засноване на људском понашању док код машинског учења то није увек случај. Заједничко им је то да користе алгоритме за учење и усредсређују се на аутоматизацију приликом закључивања и доношења одлука [1]. Као што је речено, машинско учење се бави истраживањем и конструкцијом алгоритама који, ради доношења одлука и предвиђања, формирају моделе на основу унетих података уместо на основу строгог праћења програмских инструкција. Заснива се на алгоритмима који уче и доносе одлуке на основу унетих података. У генеричке алгоритме се убацују подаци где алгоритми праве своју логику на основу тих података. Дакле, суштина имплементације машинског учења је развој генеричког алгорита који треба да реши одређени проблем.

2.1. Основни концепти и појмови

2.1.1. Процес машинског учења

У већини случајева неопходно је користити велику количину података. Што је већи број података, боље су шансе да се дође до шаблона који ће давати најбоље резултате. Када се пронађе најбољи шаблон, врши се имплементација односно генерише се програмски код који може да препозна шаблон. Процес почиње са необрађеним подацима. Од изузетне важности је да се изабере одговарајући подаци. Они треба да се бирају у зависности од тога коју врсту проблема решавамо. Тако добијени подаци треба да се обраде односно да се на њих примене модули за препроцесирање. Циљ саме примене модула за препроцесирање на необрађене податке је креирање готових података. То се постиже итеративним путем. Више различитих модула се примењује на податке у итеративном процесу. Када се добију готови подаци, следећи корак је проналажење најбољег начина да се реши проблем. То се постиже применом алгоритама за машинско учење. Ови алгоритми обично примењују статистичку анализу на податке. Под тим се подразумева регресија, класификација, оптимизација, итд. Оно чему се тежи јесте

проналажење најбоље комбинације алгорита и готових података који треба да дају најтачније и најкорисније резултате односно предвиђања. Резултат примене алгорита за машинско учење над готовим подацима представља модел. Модели дају одговоре на питања везана за проблем који се решава. У већини случајева, први добијени потенцијални модел није најбољи. Зато је неопходно извршити итерацију односно тражити најбољу комбинацију алгорита за машинско учење и готових података који ће дати најбољи модел. Када се пронађе прави модел потребно је извршити деплојмент модела. Извршење овог корака у процесу омогућава апликацијама да користе алгоритме које модел имплементира [2].

2.1.2. Припрема података

Припрема података обухвата две методе: *data preprocessing* и *data wrangling*. Прва метода омогућава да се необрађени подаци обраде и добију готови подаци спремни да се на њих примене алгоритми за машинско учење. Друга метода се користи за решавање проблема „цурења“ података. Метода препроцесирања служи да се прикупљени подаци форматирају односно буду у таквом формату да могу да се даље анализирају [3].

3. ВРСТЕ ПРОБЛЕМА И АЛГОРИТМИ ЗА МАШИНСКО УЧЕЊЕ

3.1 Типови проблема

Проблеми који се могу решити применом процеса машинског учења се могу поделити у неколико основних категорија изведених на основу типа учења па тако постоји:

- надгледано учење и
- ненадгледано учење.

Надгледано учење је такав задатак где је потребно извести функцију из надгледаних тренинг података. Тренинг подаци се састоје од скупа тренинг примера. Сваки пример представља пар који се састоји од улазног објекта односно вектора и жељене излазне вредности. Алгоритам за надгледано учење анализира тренинг податке и изводи функцију која се назива класификатор или изводи функцију регресије. Због тога се проблеми надгледаног учења могу поделити на класификационе проблеме и проблеме регресије.

Класификација представља начин проналажења технике груписања за одређени скуп података такав да, у зависности од вредности излазног атрибута, се цели скуп података може придружити одређеној класи. На овај начин се могу идентификовати различити обрасци понашања података. Она се односи на одређивање ком сету категорија припадају нова запажања, на основу тренинг сета података код којих је познато којој категорији припадају.

Регресија, предвиђање или прогнозирање се, као и класификација, односи на то како ће се ствари одвијати у будућности. Одговори на та питања се добијају на основу претходних искустава и знања.

Ненадгледано учење представља начин обучавања неког алгорита за машинско учење, такав где информације које се користе нису ни класификоване ни означене. Такав алгоритам треба да функционише без

било каквих смерница. Најзаступљенија је метода кластеризације. Кластер анализа или кластеризација представља груписање скупа објеката такво да су објекти у истој групи односно кластеру међусобно сличнији него са објектима из других кластера.

Када је реч о машинском учењу, неопходно је уз тај појам споменути и *deep learning* као једну од значајнијих метода овог учења. Због тога, важно је споменути појам вештачких неуронских мрежа (ANN). Ове мреже представљају математички модел који покушава да симулира понашање и функционалности биолошких неуронских мрежа. Основу ових мрежа чини вештачки неурон односно математички модел или функција. Комбиновањем више оваквих неурона добија се вештачка неуронска мрежа. Сваки неурон је повезан са осталим неуронима преко усмерених комуникационих веза, са придруженим тежинама, преко којих неурони шаљу сигнале. Оно што је важно споменути јесте чињеница да неурон може послати само један сигнал у тренутку. Тежине представљају информације које мрежа користи да би решила одређени проблем. Сваки од неурона има своје унутрашње стање које се назива активација или активацијски ниво. Активација неурона представља функцију примљених улаза тог неурона [4].

4. БИБЛИОТЕКЕ ЗА МАШИНСКО УЧЕЊЕ

4.1 Accord.Net Framework

Accord.Net Framework је окружење специјализовано за научно рачунарство у .NET-у и у потпуности написано у C# програмском језику. Подељен је у скупове библиотеке који су доступни у изворном коду као и путем NuGet пакета. *Accord.Net Framework* садржи методе за статистичку анализу, машинско учење и обраду слика и звука које могу да користе .NET апликације. Ово окружење је некада било проширење бившег *AForge.NET Framework*-а али сада је унапређен и укључује *AForge.NET* и оборађује га новим својствима чиме употпуњује окружење за рад у области научног рачунарства [5].

4.1.1. Једноставна линеарна регресија

Једноставна линеарна регресија је статистичка метода која представља везу између две квантитивне варијабле. Једна варијабла, означена са x , се назива предиктор или независна варијабла. Друга, означена са y , представља одговор, исход или зависну варијаблу. У *Accord.Net Framework*-у класа *SimpleLinearRegression* се налази унутар *Accord.Statistics.Models.Regression.Linear namespace*-а. Примена ове методе је приказана у програмском коду на слици 4.1.1.1. Приказ резултата у конзоли је дат на слици 4.1.1.2. Рецимо да имамо неки континуални сет улазних података и одговарајући континуални сет излазних података. *Ordinary Least Squares* алгоритам је коришћен као обучавајући алгоритам. Као што се може видети из датог примера, свака улазна варијабла има своју излазну варијаблу односно свака инстанца тренинг скупа има своју циљну варијаблу. На основу датог тренинг скупа података потребно је што тачније предвидети циљне варијабле за нове случајеве односно инстанце које нису присутне у тренинг скупу података. У задатку је даље употребљена метода

Learn која узима два параметра, први означава улазе а други излазе из модела. Оно што ова метода враћа јесте модел обучен на основу датих улаза са одговарајућим излазима. Помоћу методе *Transform*, извршиће се трансформација новог улазног податка који није дат у тренинг скупу података. На овај начин ће се добити одговарајући резултат који ће указати на то колико добро је обучен модел односно предвиђена циљна варијабла на основу нових инстанци.

```
double[] ulazi = { 80, 60, 10, 20, 30 };
double[] izlazi = { 20, 40, 30, 50, 60 };
OrdinaryLeastSquares najmanjikvadrati = new OrdinaryLeastSquares();
SimpleLinearRegression reg = najmanjikvadrati.Learn(ulazi, izlazi);
Console.WriteLine("Unesite zeljenu ulaznu vrednost:");
double u = Convert.ToDouble(Console.ReadLine());
double ulaz = reg.Transform(u);
double nagib = reg.Slope;
double presek = reg.Intercept;
int brojParametara = reg.NumberOfParameters;
int brojUlaza = reg.NumberOfInputs;
int brojIzlaza = reg.NumberOfOutputs;
Console.WriteLine("Rezultat za ulaz je>> {0}", ulaz);
Console.WriteLine("Nagib>>> {0}", nagib);
Console.WriteLine("Presek sa y osom>>> {0}", presek);
Console.WriteLine("Broj parametara u modelu>>> {0}", brojParametara);
Console.WriteLine("Broj ulaza u modelu>>> {0}", brojUlaza);
Console.WriteLine("Broj izlaza u modelu>>> {0}", brojIzlaza);
```

Слика 4.1.1.1. – имплементација једноставне линеарне регресије

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Unesite zeljenu ulaznu vrednost:
85
Rezultat za ulaz je>> 28,0882352941176
Nagib>>> -0,264705882352941
Presek sa y osom>>> 50,5882352941176
Broj parametara u modelu>>> 2
Broj ulaza u modelu>>> 1
Broj izlaza u modelu>>> 1
Press any key to continue . . .
```

Слика 4.1.1.2. – резултат примене једноставне линеарне регресије

4.1.2. K-means

K – means представља алгоритам кластеризације који уводи једну претпоставку. Та претпоставка означава растојање од центра кластера. Што је мање растојање то је боље. Кластери се дефинишу путем центра односно центроида и распростирања око центроида. Овај алгоритам се састоји из неколико корака а почиње се од доделе опсервација најближем центроиду. Ова додела се врши на основу дистанце. Постоје разне функције дистанце а једна од њих је Еуклидово растојање.

Затим следи ажурирање центроида такво да буду средња вредност додељених опсервација. *Accord.Net Framework* омогућава употребу *K-means* алгоритма. Класа *Kmeans* се налази унутар *Accord.MachineLearning namespace*-а. Примена ове методе је приказана у програмском коду на слици 4.1.2.1. Приказ резултата у конзоли је дат на слици 4.1.2.2. Из резултата се може видети да је параметар *k* постављен на три што значи да ће опсервације бити подељене у три различита кластера. Из тога следи да су прва два низа опсервација у матрици додељени кластеру са ознаком два, друга четири кластеру са ознаком нула и последња три кластеру са ознаком један.

```
double[][] opservacije =
{
    new double[] { -5, -2, -1 },
    new double[] { -5, -5, -6 },
    new double[] { 2, 1, 1 },
    new double[] { 1, 1, 2 },
    new double[] { 1, 2, 2 },
    new double[] { 3, 1, 2 },
    new double[] { 11, 5, 4 },
    new double[] { 15, 5, 6 },
    new double[] { 10, 5, 6 },
};

KMeans kmeans = new KMeans(k: 3);
var klaster = kmeans.Learn(opservacije);
int[] oznake = klaster.Decide(opservacije);
Console.WriteLine(string.Join("/", oznake));
```

Слика 4.1.2.1. – имплементација K-means методе

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
2/2/0/0/0/0/1/1/1
Press any key to continue . . .
```

Слика 4.1.2.2. – резултат примене K-means методе

4.1.3. Ограничене Болцманове машине

Стохастичке неуронске мреже које су изграђене помоћу стохастичких функција активације се називају Болцманове машине. Ограничена Болцманова машина представља алгоритам који се користи за смањење димензија, класификацију, регресију и многе друге врсте проблема. Класа *RestrictedBoltzmannMachine* се налази унутар *Accord.Neuro.Networks namespace*-а. Примена ове методе је приказана у програмском коду на слици 4.1.3.1. Приказ резултата у конзоли је дат на слици 4.1.3.2. Креирани су одређени улази. Машина треба да предвиди одговарајуће излазе на основу датих улаза. Као што се може видети из приложеног програмског кода, креирана је матрица улаза. Може се приметити да прва три вектора матрице акумулирају јединице на почетку док остала три на крају. То значи да би прва три вектора требала да припадају једној класи а преостала три другој класи. Затим, неопходно је било креирати функцију активације. У овом случају, коришћена је Бернулијева функција. Следећи корак представља креирање ограничене Болцманове машине. После завршеног креирања машине, неопходно је изабрати алгоритам за обучавање исте. Употребљен је *contrastive divergence* алгоритам. У примеру се види коришћење методе *RunEpoch* која се налази унутар *for* петље где је број итерација постављен на пет хиљада. Ова метода враћа суму грешака које се јављају приликом учења. Што је већи број итерација сума грешака ће бити мања. Метода *ComputeError* исто враћа суму грешака. Затим, следеће што је неопходно јесте израчунати шта је машина научила на основу датих улаза. То се може постићи коришћењем методе *Compute*. Помоћу методе *GenerateInput*, можемо генерисати улазне векторе за прослеђене класе. Метода *Reconstruct* враћа улазни вектор од којег су можда настали дати излазни вектори.


```

double[][] ulazi =
{ new double[] { 1,1,1, 0,0,0 }, new double[] { 1,0,1, 0,0,0 },
  new double[] { 1,1,1, 0,0,0 }, new double[] { 0,0,1, 1,1,0 },
  new double[] { 0,0,1, 1,0,0 }, new double[] { 0,0,1, 1,1,0 },
};
var funkcija = new BernoulliFunction();
var rbm = new RestrictedBoltzmannMachine(funkcija, inputsCount: 6, hiddenNeurons: 2);
var cdl = new ContrastiveDivergenceLearning(rbm)
{
    Momentum = 0,
    LearningRate = 0.1,
    Decay = 0
};
for (int i = 0; i < 5000; i++)
    cdl.RunEpoch(ulazi);
double[] a = rbm.Compute(new double[] { 1, 1, 1, 0, 0, 0 });
double[] b = rbm.Compute(new double[] { 0, 0, 0, 1, 1, 1 });
double sumaGreske = cdl.ComputeError(ulazi);
double[] xa = rbm.GenerateInput(new double[] { 1, 0 });
double[] xb = rbm.GenerateInput(new double[] { 0, 1 });
double[] prvaRec = rbm.Reconstruct(new double[] { 1, 0 });
double[] drugaRec = rbm.Reconstruct(new double[] { 0, 1 });
Console.WriteLine("Izracunati izlazi:"); Console.WriteLine(string.Join("/", a));
Console.WriteLine(string.Join("/", b));
Console.WriteLine("Generisani ulazni vektori na osnovu datih izlaza:");
Console.WriteLine(string.Join("/", xa)); Console.WriteLine(string.Join("/", xb));
Console.WriteLine("Upotreba Reconstruct metode:");
Console.WriteLine(string.Join("/", prvaRec)); Console.WriteLine(string.Join("/", drugaRec));
Console.WriteLine("Suma greske pri rekonstrukciji: {0}", sumaGreske);

```

Слика 4.1.3.1. – имплементација ограничено Болцманове машине

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Izracunati izlazi:
0,999941029017154/0,000216941779187087
4,75047692904033E-05/0,996092628035336

Generisani ulazni vektori na osnovu datih izlaza:
1/1/1/0/0/0
0/0/1/1/1/0

Upotreba Reconstruct metode:
0,983354022119875/0,661776852778955/0,998817797964778/0,021253851325977/0,00358791348241243/0,00293895857382146
0,00236255748362057/0,00402444901896351/0,996766735899106/0,996519574508185/0,797989336593006/0,00257465151045334
Suma greske pri rekonstrukciji: 1,3875508618645
Press any key to continue . . .

```

Слика 4.1.3.2. – резултат примене ограничено Болцманове машине

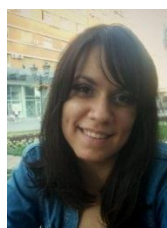
5. ЗАКЉУЧАК

У оквиру овог рада је објашњен појам машинског учења које се заснива на алгоритмима који уче и доносе одлуке на основу унетих података. Исто тако су описани и неки од најважнијих појмова машинског учења као што је појам податка и модела. Описани су и типови учења који се деле на надгледано и ненадгледано учење. Објашњен је појам вештачких неуронских мрежа. Пошто је рад фокусиран на библиотеке за машинско учење у *.NET Framework*-у, споменуте су неке од важнијих метода *Accord.Net* окружења.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] S. Gollapudi, “*Practical Machine Learning*”, Packt Publishing Ltd. Livery Place 35 Livery Street Birmingham B3 2PB, UK, 2016.
- [2] David Chappell, “*Introducing Azure Machine Learning*”, Chappell & Associates, 2015.
- [3] <https://www.xenonstack.com/blog/data-preprocessing-data-wrangling-in-machine-learning-deep-learning>, новембар 2017
- [4] L. V. Fausett, “*Fundamentals of Neural Networks: Architectures, Algorithms And Applications*”, Pearson International, 1993.
- [5] http://accord-framework.net/docs/html/-R_Project_Accord.NET.htm, новембар 2017.

Кратка биографија:



Сања Станковић рођена је у Горњем Милановцу 1992. године. Школске 2011/2012. године уписала се на Факултет Техничких Наука у Новом Саду. Дипломирала на основним студијама 2016. године. Исте године уписала мастер Примењено софтверско инжењерство.

NETEHNIČKI GUBICI U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA NON-TEHNICAL LOSSES IN DISTRIBUTIVE NETWORKS

Nikola Mladenović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu se razmatra problem neovlašćene potrošnje električne energije (najznačajniji oblik netehničkih gubitaka). U tu svrhu opisana je arhitektura pametnih mreža i mogućnosti primene pametnih brojlara. Softver korišćen za verifikaciju prikazanog modela realizovan je u programskom jeziku Fortran 90.

Abstract – In this paper, simulation of non-technical losses is presented. Calculation is simulated in some consumer nodes and influences upon distributive network state are presented. Some of the characteristics of smart grid networks are as well part of the paper. The software tool has been implemented in the Visual Studio FORTRAN software package.

Ključne reči: Netehnički gubici, AMI, proračun tokova snaga, distributivne mreže (DM)

1. UVOD

Gubici energije predstavljaju razliku između energije injektiranja u sistem i energije isporučene potrošačima. Za prenosnu mrežu gubici energije su razlika između energije preuzete od proizvodnje i energije koja je prodana distributivnim kompanijama. U distributivnoj mreži (DM) ti gubici predstavljaju razliku između električne energije preuzete od strane prenosa i ukupne energije naplaćene od krajnjih potrošača. U zavisnosti od uzroka njihovog nastanka klasifikacija gubitaka energije može da se izvrši na više načina. Najčešće, gubici se dele na tehničke i netehničke gubitke. Tehnički gubici nastaju pri uključenju postrojenja pod napon i zbog proticanja električne energije kroz mrežu. Netehnički gubici sadrže električnu energiju koja je isporučena kupcima, ali nije naplaćena i nije fakturisana [4].

2. GUBICI ELEKTRIČNE ENERGIJE U DM

Gubici električne energije u prenosnim i DM predstavljaju znatan deo od ukupnih gubitaka u elektroenergetskom sistemu. Smanjenje gubitaka predstavlja značajan doprinos povećanju energetske efikasnosti elektroenergetskog sektora. Posledica povećanja gubitaka je znatno povećanje troškova u elektroenergetskim preduzećima. U mnogim državama gubici u prenosnoj i distributivnoj mreži dostižu vrednosti od 10% do 15% ukupno proizvedene električne energije. Nastale troškove snose kupci električne energije. Gubici električne energije imaju i negativni uticaj na životnu sredinu. Prema tome, pojam gubitaka električne energije treba sagledati sa dva aspekta

- s jedne strane zaštita interesa kupaca električne energije, a sa druge strane, povećanju ukupne energetske efikasnosti elektroenergetskog sistema [1].

2.1. Tehnički gubici

Tehnički gubici nastaju kao posledica stavljanja postrojenja pod napon i proticanje struje kroz električnu mrežu. Veličina ovih gubitaka zavisi od električnih karakteristika elemenata instaliranih u mrežu i režima proticanja struje kroz sva postrojenja koja se nalaze između proizvođača i potrošača električne energije. Zbog veoma velikog broja elemenata mreže i različitih intenziteta struja koje protiču kroz mnoštvo elemenata, gubici u jednom elektroenergetskom sistemu ne mogu se sasvim tačno utvrditi, čak ni primenom savremenih računarskih aparata. Tehnički gubici sa stanovišta uzroka nastanka mogu se podeliti na [2]:

- gubitke nezavisne od opterećenja i
- gubitke zavisne od opterećenja.

2.2. Netehnički gubici

Drugu vrstu gubitaka električne energije u DM predstavljaju netehnički (komercijalni) gubici električne energije. Oni se javljaju kao posledica nesavršenosti organizacije eksploatacije sistema. U ove gubitke spadaju gubici koji nastaju na osnovu razlike veličina nabavljene i prodane električne energije. Te razlike nastaju zbog [2]:

- neovlašćena potrošnja električne energije,
- vlastita potrošnja operatora DM,
- neizmerena potrošnja (javna rasveta),
- greške u sinhronizaciji,
- razlike u registrovanju potrošnje zbog tolerancijeernih uređaja,
- potrošnje električne energije pri kvarovima u postrojenjima.

2.3. Proračun tokova snaga

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. Ova funkcija predstavlja jednu od najznačajnijih i najšire korišćenih energetske funkcije u upravljanju distributivnim mrežama funkcija [3].

Obraden je postupak koji se sastoji od procedure sumiranja struja i procedure korekcija napona za proračun režima sekcija vodova i transformatora u nesimetričnim režimima. Na te dve procedure se zasniva postupak sumiranja struja i korekcija napona za proračun distributivnih mreža (postupak SSKN). Procedure kompenzacije za tretman petlji i distributivnih generatora tipa PV u distributivnim mrežama inherentne su postupku SSKN [4].

NAPOMENA:

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

3. SISTEM PAMETNOG MERENJA

Pametno merenje je ključni deo infrastrukture pametnih mreža. Njega čine umrežen sistem senzora koji se protežu od kuća i zgrada do kontrolnih centara distributivnih preduzeća. Pametno merenje obezbeđuje dvosmeran protok informacija između pametnih brojila i definisanih učesnika na tržištu. Pružaju komunikaciju i kontrolnu funkciju koja je neophodna za obavljanje različitih funkcija u elektroenergetskom sistemu [5].

3.1. Arhitektura pametnog merenja

AMI (*Advanced Metering Infrastructure*) je sistem pametnih brojila, koncentratora podataka, dvosmernih komunikacionih mreža i sistema upravljanja podacima kojim se omogućava razmena mernih podataka i drugih informacija između distributivnih preduzeća i njihovih kupaca [6].

AMI zamenjuje sistem analognih brojila sa kompjuterizovanim sistemom. Oni razmenjuju podatke preko dvosmernih digitalnih komunikacionih kanala.

Ovaj sistem pruža neophodne komunikacione i kontrolne funkcije za upravljanje elektroenergetskim sistemom, kao na primer: automatsko očitavanje brojila, upravljanje kvalitetom električne energije, odgovor na potražnju električne energije [5].

3.2. Neovlašćeno korišćenje električne energije

Kako bi bolje razumeli tehniku neovlašćenog korišćenja električne energije u sistemima pametnog merenja u ovom poglavlju koristimo model „stablo napada”. Jedini način neovlašćenog korišćenja električne energije u sistemima pametnog merenja je manipulisanje podacima. Kada dođe do napada sistema pametnog merenja „stablo napada” se rekurzivno deli u podgrupe dok se ne utvrdi mesto i strategija napada. Specifičan slučaj napada je manipulisanje podacima u čvoru korena stabla, a on se bazira na falsifikovanju potražnje električne energije. Ispod korenitog čvora nalaze se ostali pod čvorovi na kojima se mogu dogoditi neovlašćeni pristup podacima. Put do korena stabla se sastoji od logičkih operatora I i ILI koji određuju da li su jedan ili svi pod čvorovi pod uticajem panda [5].

4. DETEKCIJA NETEHNIČKIH GUBITAKA

Postoji više aktivnosti koje distributivne kompanije mogu preduzeti u cilju detekcije netehničkih gubitaka. Neovlašćeno korišćenje električne energije se može smanjiti primenom različitih tehničkih rešenja. Klasičan pristup ovom problemu podrazumeva izvođenje terenskih inspekcija od strane obučenog osoblja [7]. Ovakav pristup se uglavnom nije pokazao kao najbolji, pa se u poslednjih nekoliko decenija sve više težilo na otkrivanju novih metoda detekcije netehničkih gubitaka.

Sa stanovišta organizacije, metode za detekciju netehničkih gubitaka se mogu podeliti u dve grupe:

- tradicionalne metode detekcije i
- nove metode detekcije netehničkih gubitaka.

4.1. Tradicionalne metode detekcije

Metodologija tradicionalne metode je detekcija struje. U početku, sumnjiva oblast se posmatra. Potom, na osnovu dodatnog merenja struje otkriva se lokacija potrošača koji

neovlašćeno koristi električnu energiju. Tipičan takav potrošač u DM je onaj kod koga se meri velika snaga u nekoj fazi u periodičnim intervalima. Prema tome, periodična uključenja velikog opterećenja su karakteristika mreža u kojima je došlo do neovlašćenog korišćenja električne energije [8].

4.2. Nove metode detekcije

U ovom delu su opisana dva metoda za detekciju neovlašćene potrošnje, koja u osnovi koristi podatke iz pametnih brojila. To su:

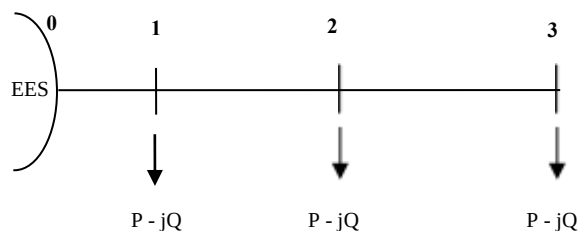
- Metode detekcije pomoću pametnih brojila i PLC komunikacionih sistema,
- Metode detekcije koje koriste samo pametna brojila.

5. VERIFIKACIJA MODELA

U ovom poglavlju predstavljena je verifikacija modela za analizu uticaja neovlašćene upotrebe električne energije na stanje sistema.

5.1. Opis test distributivne mreže

Razmatra se jednostavna trofazna, radialna distributivna mreža, naponskog nivoa 10 kV, koju čine četiri čvora i tri deonice, slika 1. Numeracija čvorova počinje od 0 i on predstavlja izvor napajanja, tj. koren razmatrane mreže. U čvorovima 1, 2 i 3 nalaze se trofazni potrošači. Generalno, njihova potrošnja može biti nesimetrična (različita po fazama), ako je to tako tada se razmatra nesimetrični režim jednostavne test mreže.



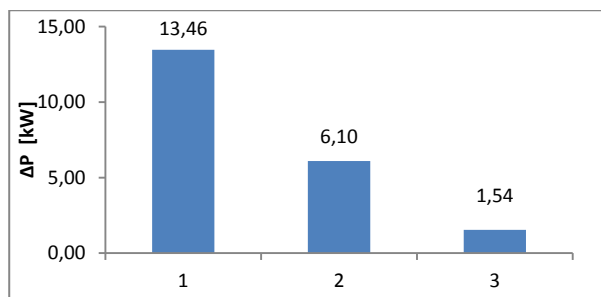
Slika 1 – Test distributivna mreža

Deonice su vazdušni vodovi tipa ALC 3x50/10. Dužina svih deonica je jednaka i iznosi 3 km. Parametri voda prikazani su u tabeli 1.

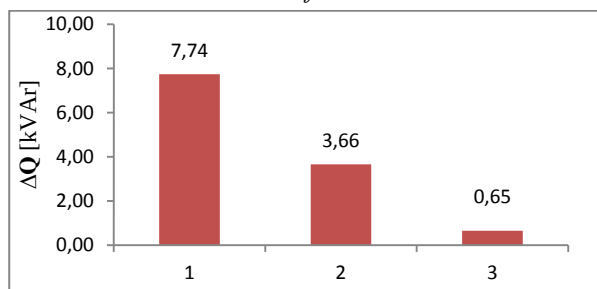
Tabela 1 – Parametri voda tipa ALC 3x50/10

r [Ω/km]	r_0 [Ω/km]	x [Ω/km]	x_0 [Ω/km]
0.595	0.756	0.355	1.136
g [μS/km]	g_0 [μS/km]	b [μS/km]	b_0 [μS/km]
0	0	2.9	1.38

Ostali čvorovi su potrošačkog tipa. Potrošači su tipa konstantne snage. Vrednosti snage svih potrošača u normalnom radu su jednake i iznose 100 kW i 97.5 kVar. Proračunom tokova snaga, određen je režim razmatrane distributivne test mreže bez uticaja netehničkih gubitaka električne energije. Na slikama 2 i 3 su prikazani gubici aktivne i reaktivne snage po deonicama distributivne mreže, respektivno. Vrednosti prikazane na graficima su vrednosti gubitaka aktivne, odnosno reaktivne, snage na početku svake od tri deonice. Kako je mreža sačinjena od simetričnih deonica i kako su snage svakog potrošača jednake po fazama ovi grafici su isti za sve tri faze.

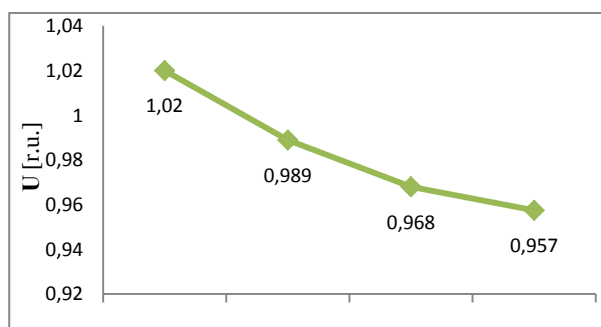


Slika 2 – Gubici aktivne snage po deonicama distributivne mreže za referentni režim



Slika 3 – Gubici reaktivne snage po deonicama distributivne mreže za referentni režim

Na slici 4 su prikazane vrednosti modula napona tri faze, za čvorove duž razmatrane mreže. Za razmatrani primer u svakom od trofaznih čvorova jednake su vrednosti opterećenja po fazama tako da su međusobno jednaki i grafici vrednosti modula napona za sve tri faze. Najveći pad napona je na kraju voda, u trećem čvoru i iznosi 0.2426 r.j. u odnosu na nulti čvor.



Slika 4 – Moduli napona čvorova [r.u.] – referentni režim

5.2. Simulacija dodatnog opterećenja u mreži

Predstavljen je rezultat simulacije tokova snaga sa dodatnim opterećenjem u trećem čvoru u fazi a. U ovom poglavlju će biti prikazan nivo dodatne aktivne snage koje pametno brojilo klase tačnosti 1% može da registruje.

$$dP_{3a} = 31.2 \text{ [kW]} \quad \cos\varphi_{3a} = 0.8 \text{ (ind.)}$$

$$dp_{3a} = 8.0 \text{ [%]}$$

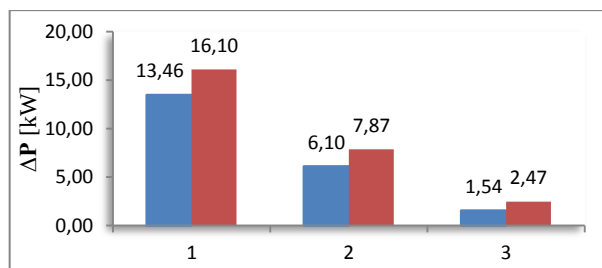
U fazi a, čvor 3, simulirano je dodatno opterećenje od $P_{3a}=31.2 \text{ kW}$, $\cos\varphi=0.8 \text{ (ind.)}$. Ovo dodatno opterećenje predstavlja:

- 8% opterećenja faze a, u čvoru 3 (sa 130 na 161.2 kW), odnosno
- 8% ukupnog opterećenja svih potrošača faze a (zbir snaga svih potrošača faze a je 421.2 kW) u odnosu na njihovo osnovno opterećenje.

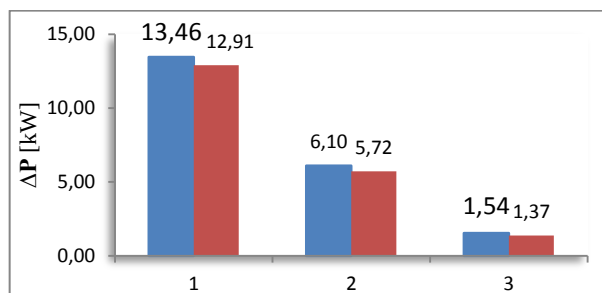
Dodatno opterećenje od 31.2 kW faze a u čvoru 3 rezultuje u:

- fazu a: povećanjem ukupnih tehničkih gubitaka aktivne snage u mreži za 5.34 kW (sa 21.10 kW na 26.44 kW);
- fazu b: smanjenje ukupnih tehničkih gubitaka aktivne snage u mreži za 1.1 kW (sa 21.10 kW na 20.00 kW), zbog promene vrednosti struja i međusobnih induktivnosti vodova u trofaznim vodovima.
- fazu c: povećanjem ukupnih tehničkih gubitaka aktivne snage u mreži za 0.82 kW (sa 21.10 kW na 21.92 kW).

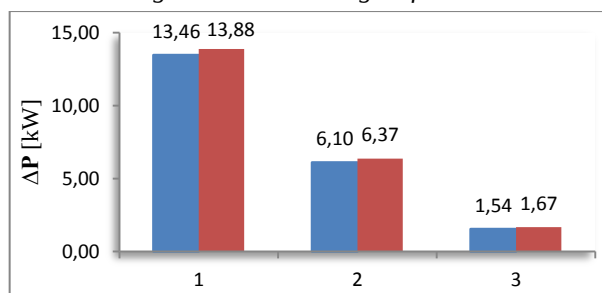
Na slikama 5, 6 i 7 su prikazani uticaji dodatnog opterećenja od 31.2 kW na gubitke aktivne snage po deonicama u fazama a, b i c, retrospektivno.



Slika 5 – Uticaj dodatnog opterećenja od 31.2 kW na gubitke aktivne snage u fazi a

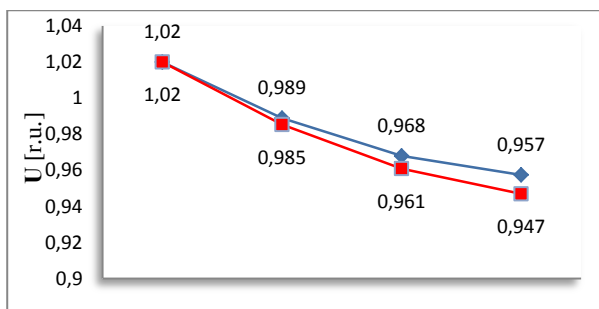


Slika 6 – Uticaj dodatnog opterećenja od 31.2 kW na gubitke aktivne snage u fazi b

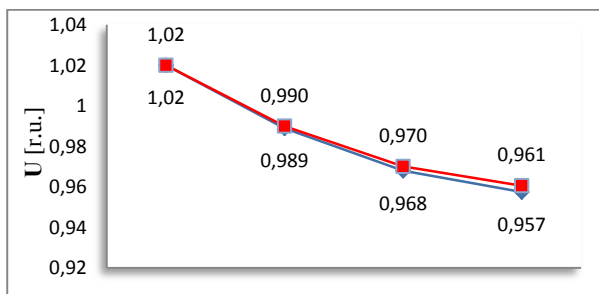


Slika 7 – Uticaj dodatnog opterećenja od 31.2 kW na gubitke aktivne snage u fazi c

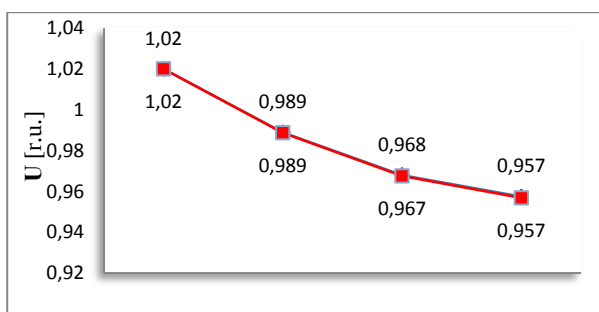
Uticaj dodatnog opterećenja na promenu modula napona čvorova je prikazan na slikama 8, 9 i 10. Sa slike 10 se vidi da postoje razlike modula napona u fazi a u dva režima. Sa slike 11 se vidi da je pad napona manji u fazi b u odnosu na referentni režim. Razlog ovog manjeg pada napona, je smanjenje gubitaka aktivne snage u ovoj fazi pri ovom dodatnom opterećenju. Sa slike 12 se vidi da u fazi b postoje neznatne, skoro neprimetne razlike modula napona u dva režima.



Slika 8 – Promena modula napona [r.u.] u fazi a pod uticajem dodatnog opterećenja od 31.2 kW



Slika 9 – Promena modula napona [r.u.] u fazi b pod uticajem dodatnog opterećenja od 31.2 kW



Slika 10 – Promena modula napona [r.u.] u fazi c pod uticajem dodatnog opterećenja od 31.2 kW

S obzirom da se ovde ispituje osetljivost pametnih brojila koja mogu da registruju promenu modula napona koja je veća ili jednaka promeni od 1%, minimalno dodatno opterećenje koje je moguće detektovati pomoću brojila je 31.2 kW.

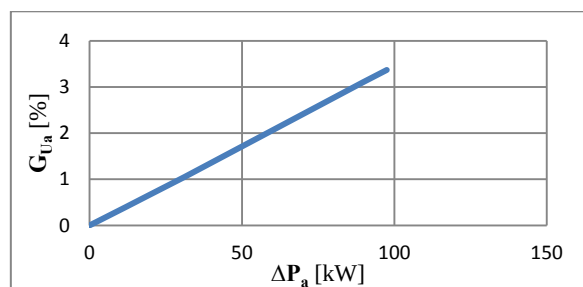
5.3. Rezultati analize

Nakon izloženih rezultata ponovljena je simulacija tokova snaga pri dodatnom opterećenju u trećem čvoru u fazi a za različite količine aktivne snage. Razlog tome je detaljnija analiza zavisnosti osetljivosti pametnih brojila različitih klasa od dodatnog opterećenja na datom mestu u distributivnoj mreži za sve tri faze.

Zavisnost osetljivosti pametnih brojila različitih klasa u fazi a od dodatnog opterećenja prikazani su na slici 11. Osetljivost pametnih brojila u fazi a izražena je u %, što zapravo predstavlja njihovu klasu tačnosti.

Rezultati su pokazali koji nivo dodatne aktivne snage mogu da detektuju brojila različitih klasa tačnosti za opisanu test mrežu. Kako je dodatno opterećenje

simulirano u fazi a, brojila u fazi a mogu imati veću klasu tačnosti, brojila u fazi b nešto manju, dok brojila u fazi c najmanju klasu tačnosti.



Slika 5.29 – Zavisnost osetljivosti pametnih brojila različitih klasa u fazi a od dodatnog opterećenja

6. ZAKLJUČAK

Netehnički gubici su realan i značajan problem za distributivne kompanije širom sveta. Posledice netehničkih gubitaka su pre svega ekonomske, jer rezultuju značajnim gubicima profita. Porast netehničkih gubitaka rezultuje nedostatkom sredstava za održavanje mreže i povećanje mrežnih kapaciteta. U najlošijoj situaciji, kada su gubici tako veliki da kompanije posluju sa gubitkom, nedostatak prihoda se nadoknađuje velikim povećanjem cene električne energije.

7. LITERATURA

- [1] S.Žutobradić, Ž.Rajić, L.Wagmann, H.Miličić: *Analiza problematike gubitaka električne energije u distribucijskim mrežama članica EU*, Umag, 2010.
- [2] D.Stojković: *Tehnički i komercijalni gubici u distributivnim mrežama*, FTN, master rad, 2015.
- [3] D.Popović, D.Bekut, V.Treskanica: *Specijalizovani DMS algoritmi*, 2004.
- [4] P.Vidović: *Proračuni tokova snaga neuravnoteženih distributivnih mreža*, FTN, doktorski rad, 2015.
- [5] S.McLaughlin, D.Podkuiko, P.McDaniel: *Energy Theft in the AMI*, CRITIS, 2010.
- [6] Funkcionalni zahtevi i tehničke specifikacije AMI/MDM sistema, JP „Elektroprivreda Srbije“, 2014.
- [7] D.Radojčić: *Netehnički gubici*, FTN, master rad, 2015.
- [8] P.Kadurek, J.Blom, J.F.G.Cobben, W.L.Kling: *Theft detection and smart metering practice and expectation in the Netherlands*, ISGT 2010.

Kratka biografija:



Nikola Mladenović rođen je u Vranju (Republika Srbija), 03.12.1993. god. Gimnaziju "Bora Stanković", prirodno-matematički smer, završio 2012. god. u Vranju. Diplomski rad na Elektronskom fakultetu u Nišu iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetika odbranio je 2014. god. Iste godine upisao master studije na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu.

FOTONAPONSKE ELEKTRANE: UTICAJ PROMENE "FEED IN" TARIFE I KAPITALNIH INVESTICIJA NA EKONOMSKE POKAZATELJE**PHOTOVOLTAIC POWER PLANTS: THE INFLUENCE OF "FEED IN" TARIFFS AND CAPITAL INVESTMENTS CHANGE ON ECONOMIC INDICATORS**

Miloš Stolica, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je prikazan model za procenu isplativosti izgradnje fotonaponskih elektrana. Na osnovu modela izvršena je ekonomska analiza za fotonaponsku elektranu na krovu jednog objekta u Novom Sadu. Analiza je zasnovana na proceni ekonomskih pokazatelja neto sadašnje vrednosti (NPV), diskontovanog vremena povraćaja (DPP) i interne stope profitabilnosti (IRR). Ispitan je uticaj promene feed in tarife i kapitalnih investicija na njihovu vrednost.

Abstract – This paper presents a model for economic analysis related to photovoltaic power plants. Economic feasibility study for rooftop photovoltaic power plant in Novi Sad was carried out. Analysis encompasses three economic indicators: Net Present Value (NPV), Discounted Payback Period (DPP) and Internal Rate of Return (IRR). The effect of feed in tariffs and capital investments change on their values was examined.

Ključne reči: fotonaponske elektrane, ekonomski pokazatelji, analiza osetljivosti

1. UVOD

Brz razvoj solarne industrije i u početku veliki pravno-ekonomski podsticaji imali su za posledicu brz i kontinuiran porast instalirane snage fotonaponskih elektrana (FNE). U zadnje vreme smanjeni troškovi za instaliranje FNE, usled razvoja solarne industrije, imaju za posledicu da se smanjuju podsticajne tarife (definisane od strane vlade u okviru države). Tako je npr. u Nemačkoj prosečna cena FNE instaliranih na objektu opala sa 5 €/W koliko je bila 2006. godine na 1.27 €/W u 2015. godini [1]. Takođe, u istom periodu feed in tarifa (podsticajna otkupna cena po proizvedenom kW) je sa 0.52 €/kWh pala na 0.1231 €/kWh [1]. Kad je u pitanju Srbija, 2013. godine feed in tarifa je za FNE na objektu snage do 30 kW iznosila 0.2066 €/kWh, a od juna 2016. godine iznosi maksimalno 0.146 €/kWh i minimalno 0.122 €/kWh, u zavisnosti od snage elektrane (0÷30kW) [2,3]. Dakle, generalno u svetu uočljiv je trend pada cena opreme za FNE i feed in tarife, što direktno utiče na ekonomsku isplativost ulaganja u FNE. Usled nesklada cena opreme i feed in tarife, moguće je da se u kratkom vremenskom periodu ekonomski pokazatelji značajno promene. Zbog toga, procena ekonomskih pokazatelja postaje stalno otvoren problem.

NAPOMENA:

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

2. FINANSIJSKA ANALIZA

Za analizu finansijske isplativosti ulaganja izabrane su metode zasnovane na proceni ekonomskih pokazatelja [4]: neto sadašnje vrednosti (NPV), diskontovanog vremena povraćaja (DPP) i interne stope profitabilnosti (IRR).

2.1 Procena ekonomskih pokazatelja

Ekonomski pokazatelj (NPV) zasniva se na diskontovanim novčanim tokovima [4]:

$$NPV = \sum_{n=0}^N \frac{CF_n}{(1 + DR)^n}, \quad (1)$$

gde je:

NVP – neto sadašnja vrednost,

N – broj godina trajanja projekta,

CF_n – novčani tokovi u n-toj godini projekta,

DR – diskontna stopa.

Ako je vrednost NPV pozitivna, projekat treba prihvatiti, a ako je negativna projekat se odbacuje [4]. Interna stopa povrata je ona diskontna stopa za koju važi NPV = 0 i računa se na osnovu sledeće relacije [4]:

$$\sum_{n=0}^N \frac{CF_n}{(1 + IRR)^n} = 0, \quad (2)$$

gde je sa IRR naznačena vrednost interne stope profitabilnosti. Vrednost IRR se poredi sa diskontnom stopom, odnosno cenom kapitala kojim se finansira projekat i ako je veća od te vrednosti projekat je prihvatljiv.

Diskontovano vreme povraćaja (DPP) predstavlja očekivani niz godina koji je potreban da bi se iz diskontovanih novčanih tokova koje projekat stvara pokrila kapitalna investicija [4].

Ekonomski pokazatelj NPV se smatra najboljom merom profitabilnosti jer daje meru koristi koju projekat donosi i izražen je u novčanim jedinicama [4]. Pokazatelj IRR je takođe mera profitabilnosti, ali je izražen kao procentualna stopa doprinosa. Pokazatelj DPP ukazuje na rizičnost i likvidnost projekta. Dug period povraćaja znači da će novčani iznos koji se inicijalno ulaže u projekat dugo godina biti "blokirani" u njemu [4].

2.2 Novčani tokovi

Proračunu vrednosti NPV, DPP i IRR prethodi proračun očekivanih godišnjih novčanih tokova [5,6]:

$$CF_n = \text{NovčaniPrihodi}_n - \text{NovčaniTroškovi}_n, \quad (3)$$

gde indeks n ukazuje da se radi o n-toj godini eksploatacionog veka FNE.

Različite kombinacije eksportovanja energije u mrežu i

njenog korišćenja za sopstvenu potrošnju, u toku podsticajnog perioda prikazani su u [5,6]. Pritom, za proračun prihoda, energija koja se injektira u mrežu množi se sa podsticajnom tarifom, a energija iskorišćena za sopstvenu potrošnju sa cenom električne energije na tržištu električne energije. Nakon isteka podsticajnog perioda razmatra se samo korišćenje energije za sopstvenu potrošnju. Za razliku od [5,6] u svrhu određivanja prihoda u ovom radu usvaja se pretpostavka da se sva električna energija koju FNE proizvede za vreme podsticajnog perioda eksportuje u mrežu po podsticajnoj tarifi, a nakon isteka podsticajnog perioda sva proizvedena energija se koristi za sopstvenu potrošnju kao i u [5,6]. Na bazi uvedene pretpostavke i načina proračuna u radovima [5,6] prihodi se određuju na sledeći način:

$$\text{NovčaniPrihodi}_n = P_{n\text{Year}} \cdot FiT, \quad \text{za } n \leq GP, \quad (4)$$

$$\text{NovčaniPrihodi}_n = P_{n\text{Year}} \cdot CE, \quad \text{za } n > GP, \quad (5)$$

gde je:

$P_{n\text{Year}}$ – proizvodnja FNE u n -toj godini u kWh,

FiT – feed in tarifa u €/kWh,

GP – broj godina podsticajnog perioda,

CE – cena električne energije na tržištu u €/kWh.

Pretpostavka na osnovu koje je napisana relacija za proračun prihoda je u skladu sa uredbom u Srbiji [2]. Iako od juna 2016. godine postoji ograničenje za količinu energije koja može biti otkupljena po podsticajnoj ceni, ta granica je dovoljno visoka, što je prikazano kroz primere. Ukupni troškovi, pored kapitalne investicije, obuhvataju troškove koji nastaju u eksploatacionom veku FNE, a potrebno je uvažiti troškove održavanja, troškove zamene invertora, iznajmljivanje zemljišta (ukoliko se razmatraju FNE na iznajmljenom zemljištu) i osiguranje [7]. Dodatno, potrebno je godišnje troškove uvećati za određeni procenat ($1 \div 5\%$ od kapitalne investicije) da bi se uvažili neplanirani troškovi [7]. Troškovi održavanja su obično $1 \div 3\%$ godišnje od kapitalne investicije [5,6]. Troškovi osiguranja zavise od veličine FNE i cene osiguranja po kW [7]. Konačno, može se pretpostaviti da je inverter jedini element koji je potrebno zameniti u životnom veku FNE. Njegov životni vek uz dobro održavanje može da bude i do 15 godina [7]. U radu je usvojeno da je životni vek FNE 25 godina [5,6], a trošak za zamenu invertora se uzima u petnaestoj godini eksploatacionog veka FNE.

2.3 Diskontna stopa

Metode NPV i DPP zahtevaju poznavanje diskontne stope. Diskontna stopa je kamatna stopa sa kojom se obavlja diskontni račun i pod uticajem je velikog broja faktora [8]. Može se reći da je ona za projekte finansirane isključivo sopstvenim kapitalom približno jednaka trošku sopstvenog kapitala, a kod preduzeća koja se zadužuju jednaka prosečnoj ponderisanoj ceni kapitala [8].

U radovima [5,6] se koristi diskontna stopa sa tržišta kapitala i to njena prosečna vrednost za određeni broj prethodnih godina, a isti pristup usvaja se i u ovom radu.

3. PROCENA PROIZVODNJE

Za procenu godišnjih prihoda FNE neophodno je proceniti ukupnu godišnju proizvodnju. U ovom radu ukupna godišnja proizvodnja se računa kao suma satnih proizvodnji za svaki sat u okviru godine. Satna proizvodnja FNE se računa

na osnovu izraza [9,10]:

$$P_{\text{hour}} = P_{\text{STC}} \cdot \frac{I_T}{1000} \cdot [1 - \alpha \cdot (T_p - 25)], \quad (6)$$

gde je:

P_{hour} – satna proizvodnja FNE,

P_{STC} – nominalna snaga FNE,

I_T – ukupna satna insolacija na površini panela,

α – temperaturni koeficijent snage,

T_p – temperatura panela.

Procena proizvodnje solarnih sistema u budućnosti može biti zasnovana na istorijskim merenjima insolacije na lokaciji od interesa, ili nekoj bliskoj lokaciji [11]. Ukupna satna insolacija I_T na površini panela se može izračunati na osnovu različitih izotropskih i anizotropskih modela. Usvaja se korišćenje Perez-ovog anizotropskog modela kojim se modeluje direktna, tri komponente difuzne i reflektovana komponenta insolacije [11]. Temperatura panela T_p se određuje na osnovu insolacije na površini panela I_T i temperature vazduha T_a [10,12]:

$$T_p = T_a + \frac{NOCT - 20}{800} \cdot I_T, \quad (7)$$

gde je sa $NOCT$ naznačena normalna radna temperatura panela. Kada su poznate vrednosti proizvodnje FNE za svaki sat u godini, ukupna godišnja proizvodnja P_{year} se dobija agregacijom satnih proizvodnji kao i u [9]. Za jednu godinu, sa 8760 sati:

$$P_{\text{year}} = \sum_{i=1}^{8760} P_{\text{hour},i}, \quad (8)$$

gde $P_{\text{hour},i}$ predstavlja proizvodnju elektrane za i -ti sat u godini. Relacijama (6) i (8) nisu uvaženi spoljašnji gubici kao što su senčenje, pokrivenost panela snegom, ledom ili injem, zaprljanje, refleksija usled vlage i slično. Takođe, nisu usvojeni ni gubici u postrojenju (gubici u AC i DC kablovima, invertoru, transformatoru ako postoji i slično). Spoljašnji gubici i gubici u postrojenju ne bi trebali da godišnje iznose više od 8% i 14%, respektivno [10]. Dakle, da bi se dobila vrednost električne energije koja se može iskoristiti za injektiranje u mrežu ili za sopstvenu potrošnju, vrednost dobijena izrazom (8) treba da se umanji za pomenute gubitke. Pored gubitaka, ono što dodatno smanjuje proizvodnju FNE jeste degradacija panela tokom vremena. Može se usvojiti da je prosečna degradacija efikasnosti panela 0.7% godišnje [5, 6].

4. VERIFIKACIJA POSTUPKA

Na osnovu modela iz prethodne glave napisan je program za procenu proizvodnje FNE (PZPPFNE). Njegova verifikacija izvršena je na bazi poređenja rezultata sa rezultatima dobijenim korišćenjem softvera PVWatts [9]. Za verifikaciju su odabrana tri američka grada i to: Feniks, Dalas i Ferbanks. Prilikom proračuna korišćeni su istorijski satni podaci o vremenskom profilu preuzeti iz TMY3 baze podataka koja je opisana u [13]. Proračun je izvršen nad fiksno montiranom FNE snage 10 kW sa usvojenim gubicima od 22%. U PVWatts softveru, s obzirom da su gubici na invertoru posebno modelovani, vrednost gubitaka je postavljena na 21.5%, a efikasnost invertora na 99.5%. Za $NOCT$ je usvojena vrednost od 47°C, a temperaturni koeficijent snage je $-0.47\%/^{\circ}\text{C}$. Simulacija je izvršena za nagibni ugao jednak geografskoj širini grada i vrednosti

manje i veće za po 20°. Azimutni ugao u svakom slučaju je 0°. Rezultati simulacija i odstupanje vrednosti od vrednosti dobijenih korišćenjem PVWatts softvera date su u tabelama 1, 2 i 3. Na osnovu tabela 1, 2 i 3 može se primetiti da se najveće odstupanje ima za FNE u Dalasu čiji su paneli postavljeni pod nagibnim uglom od 12.8° i iznosi 3.73%, što je s aspekta proračuna kojim se ovaj rad bavi zanemarljivo.

Tabela 1. Rezultati proizvodnje za Feniks

Nagibni ugao [°]	Azimutni ugao [°]	Procena proizvodnje [kWh]		Odstupanje [%]
		PVWatts	PZPPFNE	
33.5	0	16.460	15.942	3.25
13.5	0	15.733	15.224	3.35
53.5	0	15.549	15.255	1.92

Tabela 2. Rezultati proizvodnje za Dalas

Nagibni ugao [°]	Azimutni ugao [°]	Procena proizvodnje [kWh]		Odstupanje [%]
		PVWatts	PZPPFNE	
32.8	0	13.872	13.383	3.65
12.8	0	13.380	12.899	3.73
52.8	0	13.004	12.701	2.39

Tabela 3. Rezultati proizvodnje za Ferbanks

Nagibni ugao [°]	Azimutni ugao [°]	Procena proizvodnje [kWh]		Odstupanje [%]
		PVWatts	PZPPFNE	
64.8	0	9.428	9.458	-0.32
44.8	0	9.648	9.608	0.41
84.8	0	8.348	8.522	-2.05

5. ANALIZA OSETLJIVOSTI POKAZATELJA

Analiziran je uticaj promene *feed in* tarife i kapitalnih investicija na ekonomske pokazatelje. Procena ekonomskih pokazatelja vrši se na primeru FNE realnih karakteristika u Novom Sadu. Vlada Republike Srbije je definisala vrednosti *feed in* tarifa u zavisnosti od tipa i veličine FNE [2]. Uredbom vlade iz januara 2013. usvojen je sistem *feed in* tarifa prikazan u tabeli 4. Podsticajni period je određen na 12 godina uz garanciju otkupa celokupne proizvedene energije u tom periodu po podsticajnoj tarifi [3]. Nakon isteka podsticajnog perioda, povlašćeni proizvođač ima pravo da potpiše ugovor o otkupu ukupnog iznosa proizvedene električne energije po tržišnim uslovima na organizovanom tržištu električne energije u Republici Srbiji [3]. Vrednost *feed in* tarifa definisanih u januaru 2013. ostala je ista do juna 2016, kada su uredbom vlade definisane nove vrednosti prikazane u tabeli 5. Podsticajni period je ostao isti, međutim definisana je maksimalna količina energije koja u toku jedne godine može da se otkupi po *feed in* tarifi [2], što nije bio slučaj do tada. Oznaka *P* u tabelama odnosi se na naznačenu snagu elektrane u kW. Proizvodnja FNE je procenjena korišćenjem PZPPFNE. Karakteristike elektrane su sledeće: nazivna snaga 10.4 kW, nagibni ugao 36°, azimutni ugao 0°, NOCT 47°C, temperaturni koeficijent snage -0.47%/°C, gubici 22%, godišnja proizvodnja za prvu godinu eksploatacionog veka 11.474 MWh¹, životni vek 25 g. i degradacija efikasnosti 0.7%/g. Ekonomski

parametri su: kapitalna investicija 14976 €, *feed in* tarifa za maj 2016. g. 0.2066 €/kWh, *feed in* tarifa za jul 2016. g. 0.13768 €/kWh, tržišna cena el. energije 0.0645 €/kWh (preuzeta iz rada [6]), diskontna stopa 3.19% (rad [6]), cena invertora 1498 €, troškovi održavanja i neplanirani troškovi po 150 €/g. Ostali troškovi su zanemareni.

Tabela 4. *Feed in* tarifa za solarne elektrane u Srbiji od januara 2013. do juna 2016. [3]

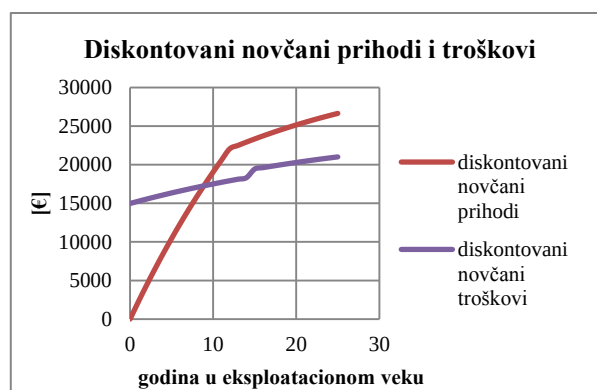
Tip elektrane	<i>Feed in</i> tarifa (€/kWh)
Na objektu do 30 kW	0.2066
Na objektu od 30 do 500 kW	0.20941 – 0.9383· <i>P</i>
Na zemlji	0.1625

Tabela 5. *Feed in* tarifa za solarne elektrane u Srbiji od juna 2016. do danas [2]

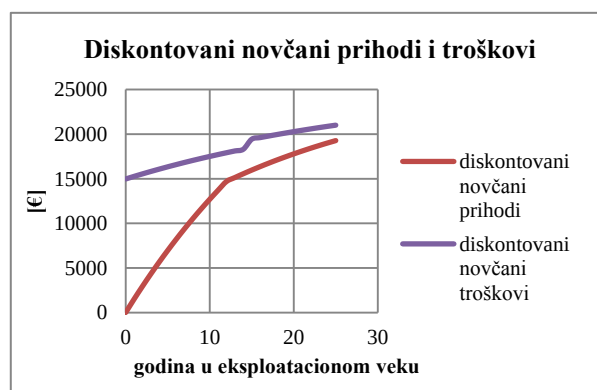
Tip elektrane	<i>Feed in</i> tarifa (€/kWh)
Na objektu do 30 kW	0.146 – 0.8· <i>P</i>
Na objektu od 30 do 500 kW	0.12404 – 0.6809· <i>P</i>
Na zemlji	0.09

5.1 Primer 1

Razmatra se uticaj promene *feed in* tarife u junu 2016. na ekonomske pokazatelje. Na slikama 1 i 2 su prikazane vrednosti diskontovanih novčanih tokova za primere da je elektrana puštena u rad u maju, odnosno u julu 2016. (pre i nakon promene *feed in* tarife).



Slika 1. FNE puštena u rad u maju 2016. godine



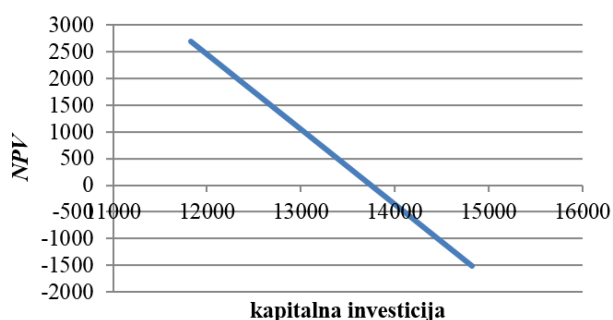
Slika 2. FNE puštena u rad u julu 2016. godine

Na osnovu slika može se zaključiti da se pre promene *feed in* tarife investicija otplate u devetoj godini, dok se nakon njene promene investicija nikad ne bi otplatila (nema preseka krivih prihoda i troškova). Vrednost NPV pre promene *feed in* tarife je 5631 €, a IRR 8.4%. Nakon promene *feed in* tarife vrednost NPV je negativna i iznosi -1728 €.

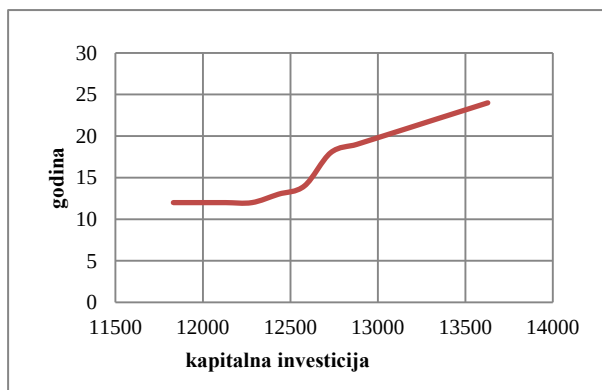
¹ Prema referenci [2], maksimalna količina energije koja može da se otkupi po podsticajnoj ceni za razmatranu elektranu je 14.56 MWh.

5.2 Primer 2

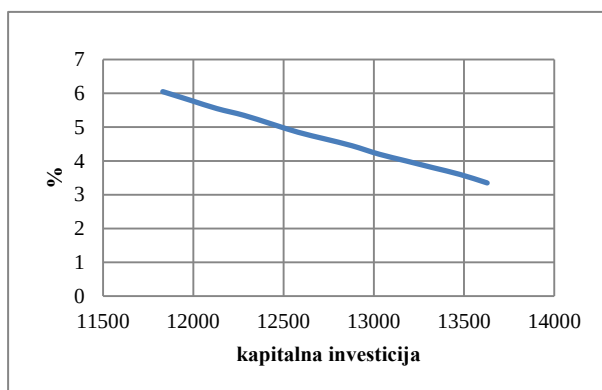
Razmatra se uticaj redukcije kapitalne investicije sa 14976 € na 11831 €. Na slikama 3, 4 i 5 prikazane su zavisnosti vrednosti ekonomskih pokazatelja *NPV*, *DPP* i *IRR* od vrednosti kapitalne investicije. Prema vrednosti *NPV*, projekat je na granici isplativosti kada se kapitalna investicija redukuje za 8.2%, odnosno sa početnih 14976 € pada na 13745 €. Za investiciju od 13745 € vrednost *IRR* je jednaka vrednosti diskontne stope. Međutim, za ovu vrednost investicije, *DPP* bi se desio u dvadeset petoj godini eksploatacionog veka FNE. S obzirom da je dug period povraćaja indikator rizičnosti projekta, u cilju smanjenja rizika, kapitalna investicija treba dodatno da se redukuje. Nakon redukcije kapitalne investicije na vrednost 12280 €, odnosno za 18% u odnosu na 14976 €, *DPP* će se desiti u dvanaestoj godini veka elektrane što smanjuje rizik. Za ovu vrednost kapitalne investicije vrednost *NPV* iznosi 2056 €, a vrednost *IRR* je 5.35%.



Slika 3. Zavisnost NPV od kapitalne investicije



Slika 4. Zavisnost DPP od kapitalne investicije



Slika 5. Zavisnost IRR od kapitalne investicije

6. ZAKLJUČAK

Pad *feed in* tarife u junu 2016. godine u Srbiji ima krajnje destimulirajući karakter, čime se odbijaju potencijalni investitori. Za trenutno stanje *feed in* tarife, maksimalna opravdana kapitalna investicija za FNE snage 10.4 kW je 13745 €, odnosno 1.32 €/W. Pod takvim uslovima vreme povraćaja investicije je 25 godina, što ukazuje na njen veliki rizik. Da bi se investicija otplatila bar u poslednjoj godini podsticajnog perioda, potrebno je da kapitalna investicija iznosi maksimalno 12280 €, odnosno 1.18 €/W.

7. LITERATURA

- [1] H.Wirth: *Recent Facts about Photovoltaics in Germany*; Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, Freiburg, January 2017.
- [2] Vlada Republike Srbije: Uredba o podsticajnim merama za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora i iz visokoeфикаsne kombinovane proizvodnje električne i toplotne energije; *Službeni glasnik RS*, broj 56/2016
- [3] Vlada Republike Srbije: Uredba o merama podsticaja za povlašćene proizvođače električne energije; *Službeni glasnik RS*, broj 8/2013
- [4] B.Žiravac: *Ocjena isplativosti investicija*, magistarski rad, Univerzitet za poslovni inženjering i menadžment, Banja Luka, 2015.
- [5] S.Rodrigues, R.Torabikalaki, F.Faria, N.Cafôfo, X.Chen, A.Ramezani Ivaki, H.Mata-Lima, F.Morgado-Dias: Economic feasibility analysis of small scale PV systems in different countries; *Solar Energy*, Vol. 131, June 2016, pp. 81-95
- [6] R.Torabi, N.Šahović, S.Rodrigues, H.Mata-Lima, F.Morgado-Dias: Cost-effectiveness analysis of roof-top PV systems in Montenegro and Serbia; *IEEE 4th International Symposium on Environment Friendly Energies and Applications (EFEA)*, 21 November 2016.
- [7] M.Chirila: *Selection of Operational Solar Photovoltaic Power Plant Investment Projects Based on Different Approaches to Value*, Master Thesis, Department of Finance and International Business, Aarhus, January 2014.
- [8] Institut za pravo i finansije: Diskontna stopa, 2015. Available On-line:
- [9] <http://ipf.rs/diskontna-stopaj>
- [10] A.P.Dobos: PVWatts Version 5 Manual; Technical Report NREL/TP-6A20-6241, September 2014.
- [11] Z.Čorba: *Fotonaponske elektrane*; skripta, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, Novi Sad, 2013.
- [12] J.A.Duffie, W.A.Beckman: *Solar Engineering of Thermal Processes*, 4th edition; John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2013.
- [13] Gail-Angee Migan: Study of the operating temperature of a PV module; Project Report, 2013 MVK160 Heat and Mass Transfer, Lund, Sweden, 16 May 2013.
- [14] S.Wilcox, W.Marion: User's Manual for TMY3 Data Sets; Technical Report NREL/TP-581-43156, May 2008.

Kratka biografija:



Miloš Stolica rođen je u Trebinju 12.07.1993. god. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetski sistemi odbranio je 2016. god. Iste godine upisao se na master studije.

**REGULACIJA PRITISKA PRIRODNOG GASA POMOĆU PID I FUZZY REGULATORA:
UPOREDNA ANALIZA****REGULATION OF NATURAL GAS PRESSURE USING PID AND FUZZY
CONTROLLER: A COMPARATIVE REVIEW**

Vladimir Dangubić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu modelovan je sistem regulacije pritiska prirodnog gasa. Projektovani su PID i Fuzzy regulatori za modelovan sistem. Upoređeni su rezultati simulacija za oba tipa regulatora, izvedeni su zaključci i date smernice za buduća istraživanja.

Abstract – This paper shows how natural gas pressure control system is modelled. PID and Fuzzy controllers are developed for system model. Eventually, simulation results for both controller types are summarized, conclusions are drawn and further exploration guidelines are proposed.

Ključne reči: PID, Fuzzy, Regulacija pritiska, Prirodni gas

1. UVOD

U modernim industrijskim procesima postoji težnja za što preciznijom regulacijom procesnih veličina. Zbog pada cena i smanjenja investicija, naftna industrija je pred izazovom da optimizuje i prilagodi svoje poslovanje, da bi ostala profitabilna i sposobna da opravda dugoročne investicije. Rezultat ovoga je potreba za optimizacijom performansi i troškova proizvodnje.

U ovom radu analizirana je regulacija pritiska prirodnog gasa pomoću elektro-pneumatskog regulacionog ventila, standardnom metodom PID kontrolne petlje i pomoću kontrolera koji funkcioniše na principu rasplinute (Fuzzy) tehnike upravljanja, koja se temelji na ljudskom načinu razmišljanja. Realan sistem je modelovan i upravljao pomoću klasičnog PID i Fuzzy regulatora. Rezultati su upoređeni i razmotrena je mogućnost za upotrebu nove tehnologije.

2. PID REGULACIJA

Postoji veliki broj različitih tipova regulatora, ali ako se razmatraju regulatori u kontinualnim linearnim sistemima, onda se njihova klasifikacija najčešće vrši na osnovu vrste zakona upravljanja. PID regulacija je daleko najrasprostranjeniji algoritam upravljanja. Karl Johan Astrom je u [1] naveo: „Nakon pregleda više od 11 hiljada regulatora u rafinerijama, hemijskoj i papirnoj industriji, 97% regulatora koristi PID sa povratnom spregom“.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Vladimir Bugarski, docent.

3. RASPLINUTA (FUZZY) LOGIKA

Koncept fazi (engl. Fuzzy) logike osmislio je Lotfi Zadeh, profesor na Univerzitetu Berkli u Kaliforniji i predstavio ga, ne kao kontrolnu metodologiju, već kao način obrade podataka tako što se dozvoljava delimična pripadnost nekome skupu umesto jasne pripadnosti ili nepripadnosti [2]. Tri osnovne razlike između fazi i konvencionalnih sistema su sledeće [3]:

1. Koriste se lingvističke promenljive čije su vrednosti definisane govornim jezikom.
2. Fazi uslovne tvrdnje su izrazi tipa „ako A onda je B“ gde A i B imaju fazi značenje.
3. Fazi algoritam je uređen redosled instrukcija koje sadrže fazi dodeljivanje i uslovna stanja.

4. OPIS I MODELOVANJE SISTEMA**4.1. Opis sistema**

U okviru sabirne gasne stanice, na koju je priključeno 5 gasnih eruptivnih bušotina koje rade na pritisku 25-30 bara, postoji kolektorski sistem, zatim separatorski sistem, regulacioni most (koji je predmet ovog istraživanja), kompresorske jedinice niskog i visokog pritiska, adsorber i otpremno mesto.

Obradena je regulacija sistemskog pritiska gasa ispred regulacionog ventila. Glavni cilj ove regulacije je optimalni režim proizvodnje, tj. optimalna vrednost ležišnog pritiska.

4.2. Protok gasa kroz regulacioni ventil i model regulacionog ventila

U regulacionim ventilima dolazi do interne promene gradijenata brzine i pritiska, koji na kraju rezultuju stalnim padom pritiska ΔP od ulaza ka izlazu ventila. Bernulijeva teorema je najkorisniji alat u razmatranju dešavanja unutar regulacionog ventila, tj. gradijenata brzine i pritiska.

Protok kroz regulacioni ventil koji je korišćen u ovom istraživanju se dobija iz određivanja parametara regulacionog ventila [4]:

$$C_v = \frac{\dot{Q}}{N_7 F_P P_1 Y} \sqrt{\frac{s_g T_1 Z_1}{X}} \quad (1)$$

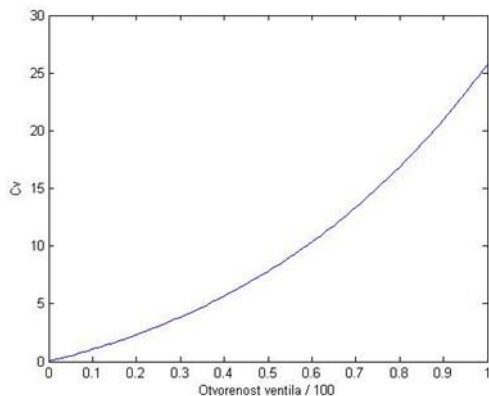
- $\dot{Q}$ – volumetrijski protok,
- C_v – koeficijent protoka ventila za imperijalni merni sistem,
- Z_1 – faktor kompresibilnosti,
- T_1 – apsolutna temperatura,
- s_g – specifična gravitaciona konstanta za gas,

- N_7 – korelaciona konstanta za imperijalni merni sistem,
- F_p – geometrijski faktor,
- Y – faktor ekspanzije,
- P_1 – uzstrujni apsolutni pritisak,
- X – odnos pada pritiska.

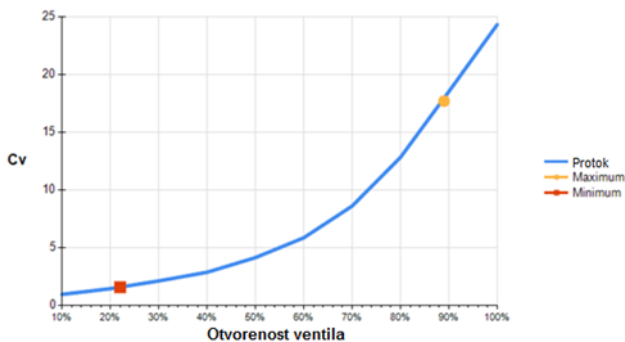
Iz (1) se može izraziti protok u metrima kubnim na sat, $\dot{Q}$. Jedine promenljive u (1) su protok, otvorenost ventila i pritisak.

Pritisak se modeluje povratnom spregom sa izlaza modela sistema, otvorenost ventila diktira regulator, dok se protok računa na osnovu parametara iz (1).

Zavisnost koeficijenta modelovanog ventila c_v u odnosu na otvorenost ventila prikazana je na slici 1, dok je na slici 2 prikazan dijagram ventila koji je ugrađen na stvarnom objektu.



Slika 1. Koeficijent protoka modelovanog ventila



Slika 2. Koeficijent protoka realnog ventila

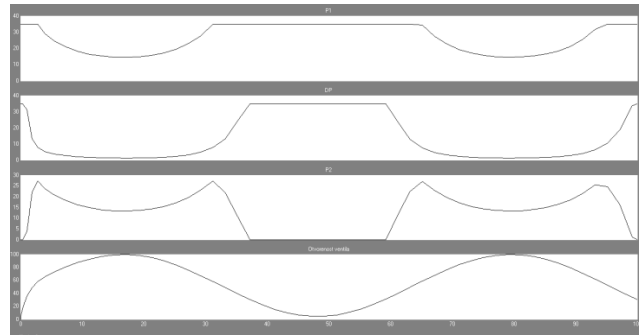
4.3. Modelovanje sistema

Prilikom modelovanja sistema, gas je posmatran kao nestišljiv fluid [5], dok je preko proračuna koeficijenta k_v , izražena razlika pritisaka Δp [6]:

$$k_v = Q \sqrt{\frac{\rho}{1000 \Delta p}} \quad (2)$$

- Q – volumetrijski protok,
- k_v – koeficijent protoka ventila za metrički merni sistem,
- ρ – gustina fluida,
- Δp – pad pritiska.

Izlazni parametri modela sistema predstavljeni su dijagramom prikazanim na slici 3.



Slika 3. Izlazni parametri modela sistema

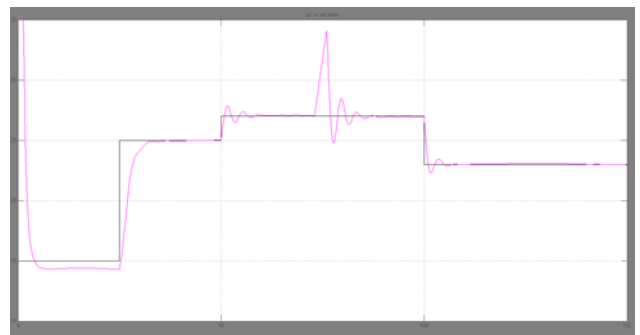
Na prvom grafiku prikazana je vrednost pritiska uzstrujno od ventila, na drugom je prikazan pad pritiska, trećem pritisak nizstrujno, sve u funkciji otvorenosti ventila što je prikazano na poslednjem grafiku.

5. IMPLEMENTACIJA REGULATORA I REZULTATI

5.1. PID regulator podešen Ziegler-Nichols metodom

Za ranije predstavljeni model sistema, izabrana je Ziegler-Nichols metoda podešavanja sa eksperimentom u zatvorenoj sprezi, gde je sistem pobuđen odskočnim signalom u vrednosti 10% željene vrednosti, nakon čega je posmatran odziv sistema i povećavana vrednost proporcionalnog pojačanja dok sistem nije počeo da osciluje u stacionarnom stanju [7].

Nakon izračunavanja parametara PID regulatora, na sistem su povezani željeni signal zajedno sa svim poremećajima i promenama, gde su parametri PID regulatora dodatno podešavani posmatrajući izlazni signal. Sa slike 4 jasno je vidljivo da je brzina odziva zadovoljavajuća, greška u stacionarnom stanju praktično ne postoji, preskok je mali, a vreme smirenja od oko 15s je takođe zadovoljavajuće. Dodat je poremećaj u količini fluida, i to u 75-oj sekundi simulacije i ponašanje sistema na nenadani poremećaj i njegova eliminacija je zadovoljavajuća, što se takođe vidi sa slike 4.



Slika 4. Odziv sistema sa PID regulatorom

5.2 Fuzzy regulator

Prilikom podešavanja fuzzy regulatora potrebno je najpre odrediti koje promenljive će figurisati kao ulazni i izlazni parametri. Za konkretan problem kao ulazni parametri se posmatraju greška između zadate i ostvarene vrednosti, kao i prvi izvod regulisane veličine dP_1 , dok je upravljačka promenljiva definisana kao promena otvorenosti ventila $dvOpen$, koja se sumira sa trenutnom vrednošću i na taj način daje komandu pozicioneru ventila.

Funkcije pripadnosti za svaku od promenljivih su određene eksperimentalno, posmatrajući rezultate za razne kombinacije vrednosti. Korišćene su trougaona, trapezoidna i Gausova funkcija pripadnosti. Lingvističke promenljive su definisane kao što je prikazano u tabeli 1.

Tabela 1. Definisanje lingvističkih promenljivih

Ulazne promenljive					
dP_1	NV	NM	OP	PM	PV
E	NV	NM	OP	MP	VP
Izlazna promenljiva					
$dvOpen$	VZ	MZ	OP	MO	MV

Značenje lingvističkih promenljivih i njihovih vrednosti definisano je na sledeći način:

- dP_1 – promena pritiska
- E – greška između ostvarene i zadate vrednosti pritiska, $E = P_{sp} - P_1$
- $dvOpen$ – promena otvorenosti ventila
- NV – negativna velika vrednost
- NM – negativna mala vrednost
- OP – optimalna vrednost promenljive
- MP, PM – pozitivna mala vrednost
- VP, PV – pozitivna velika vrednost
- VZ – veliko zatvaranje
- MZ – malo zatvaranje
- MO – malo otvaranje
- VO – veliko otvaranje

Korišćena su tri skupa Fuzzy pravila. Prilikom kreiranja skupa pravila autor se vodio pravilom da pritisak ispred ventila raste srazmerno zatvaranju ventila, i opada kako se ventil otvara. Najbolji rezultati dobijeni su za skup pravila definisan u tabeli 2:

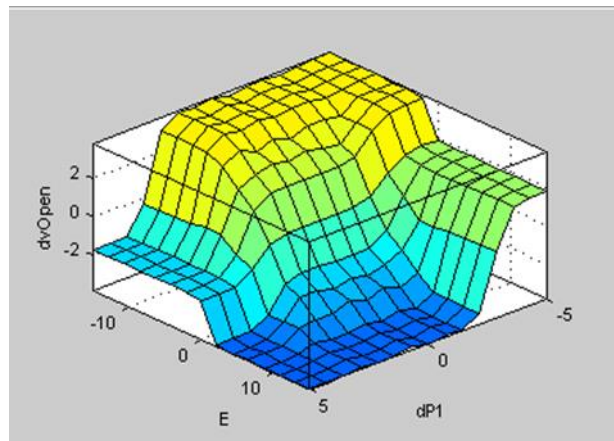
Tabela 2. Fuzzy pravila

Verzija 1		Greška - E				
		NV	NM	OP	PM	PV
Promena pritiska – dP_1	NV	VO	VO	MO	MO	MO
	NM	VO	MO	OP	MZ	VZ
	OP	VO	MO	OP	MZ	VZ
	PM	VO	MO	OP	MZ	VZ
	PV	MZ	MZ	MZ	VZ	VZ

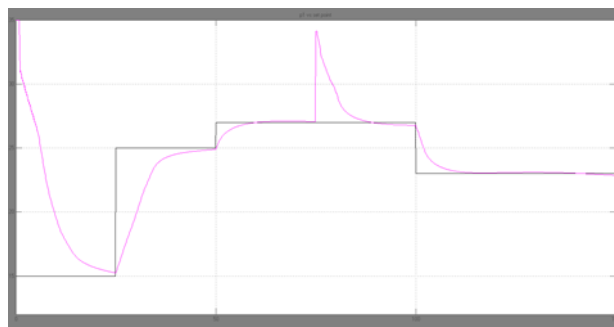
Upravljačka površina dobijena uz pomoć pravila iz tabele 2 prikazana je na slici 5.

Kao što je razmatrano i u slučaju analize rada PID regulatora, tako su na slici 6 prikazane promene željene vrednosti upravljačke promenljive i reakcija sistema na te promene u slučaju upravljanja sa fuzzy regulatorom.

U tabeli 3 su upoređeni procesni parametri za najbolje slučajeve sa PID i Fuzzy regulacijom. Primetno je da su karakteristične veličine odziva sistema koji je upravljan PID regulatorom podešenim Ziegler-Nichols-ovom metodom neuporedivo bolje od najboljih rezultata Fuzzy regulatora. Sve performanse sistema osim preskoka su znatno bolje u slučaju PID regulacije nego u slučaju Fuzzy regulacije. Ukoliko na to dodamo da je mnogo manje vremena potrebno za implementaciju i podešavanje PID regulatora, dolazimo do zaključka da je “isplativije” rešenje sa PID regulatorom.



Slika 5 - Upravljačka površina fuzzy regulatora



Slika 6 - Odziv sistema sa fuzzy regulatorom

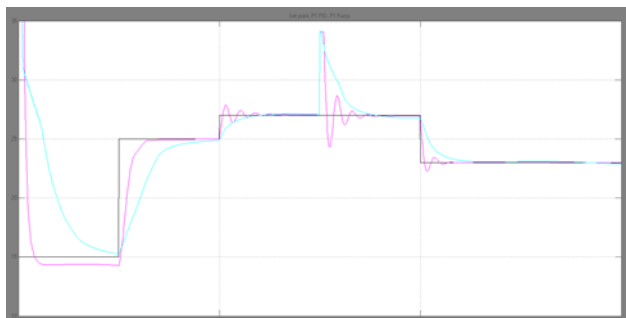
Tabela 3. Uporedni prikaz performansi sistema sa PID i Fuzzy regulacijom

Parametar	Promena +67%		Promena +10%		Promena -15%		Promena protoka +27%	
Regulator	PID	Fuzzy	PID	Fuzzy	PID	Fuzzy	PID	Fuzzy
Vreme uspona [s]	13	28	3	10	3	15	4	13
Preskok A_1 [%]	2	0	37,5	0,74	15	0,74	-	-
Preskok A_2 [%]	0	0	20	0,74	10	0,74	-	-
Odnos prigušenja $\frac{A_2}{A_1}$	0	-	0,53	1	0,66	1	-	-
Vreme smirenja [s]	5	30	7	10	8	15	10	13
Greška u SS* nakon 15s [%]	0	0.4	0	0.4	0	0.4	0,5	0.4
Greška u SS* nakon 30s [%]	0	0.4	0	0.4	0	0.4	0	0.4

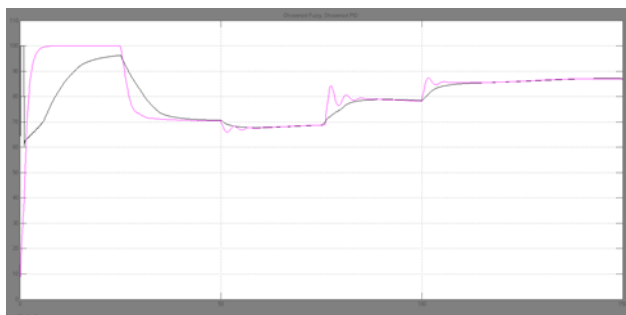
*SS – stacionarno stanje

Na slici 7 roze bojom prikazan je izlazni signal sistema sa PID regulatorom, dok je tirkiznom bojom prikazan izlazni signal sistema sa Fuzzy regulatorom. Ovi odzivi prikazuju rezultate prezentovane u tabeli 3.

Kao jednu od prednosti *Fuzzy* regulatora možemo posmatrati smanjenu aktivnost upravljačkog signala što može dovesti do dužeg radnog veka regulacionog ventila. Na slici 8 roze bojom prikazan je upravljački signal PID regulatora dok je crnom prikazan isti parametar *Fuzzy* regulatora.



Slika 7 - Uporedni prikaz upravljanja i željene vrednosti pritiska sa PID i Fuzzy regulatorom



Slika 8 - Upravljački signal PID i Fuzzy regulatora

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu je analizirano ponašanje sistema za regulaciju pritiska prirodnog gasa koji je upravljao tradicionalnim PID regulatorom i regulatorom baziranim na *Fuzzy* tehnologiji.

Zaključak je da je potrebno mnogo više znanja o samom procesu, dinamici procesa, uticaju raznih veličina na proces kako bi se omogućilo makar približno dobro podešavanje *Fuzzy* regulatora.

Sledeći korak je posmatranje složenijeg *Fuzzy* regulatora i moguća upotreba neuronskih mreža radi određivanja vrednosti funkcija pripadnosti kako bi se olakšalo, tj. automatizovalo, podešavanje *Fuzzy* regulatora. Do tada, PID regulatori ostaju neprikosnoveni u naftnoj i gasnoj industriji, zbog svoje jednostavnosti, robusnosti i ostalih prednosti koje ovom tipu regulatora omogućuju dug vek trajanja u procesnoj industriji.

7. LITERATURA

- [1] K.J. Astrom, R.M. Murray, "Feedback systems", Princeton university press, 2009.
- [2] V. Bugarski, "Ekspertski sistem za upravljanje brodskom prevodnicom zasnovan na računarskoj inteligenciji", doktorska disertacija, Novi Sad, Fakultet tehničkih nauka, 2015.
- [3] L. Zadeh "Probability Measures of Fuzzy Sets", *International Journal of General Systems*, Vol. 17, 1990.
- [4] Cashco, "Fluid flow, Basics of throttling valves", Ellsworth, 1999.
- [5] B. Lautrup, "Physics of Continuous Matter: Exotic and Everyday Phenomena in the Macroscopic World", London, IOP Publishing Ltd, 2005.
- [6] Mankenberg, "Calculation of Pressure Regulators", https://www.mankenberg.de/en/77/upload/pdf/UPLOAD/pdf/s33_1.pdf
- [7] F. Haugen, "Ziegler-Nichols' Closed-Loop Method", TechTeach, 2010.

Kratka biografija:



Vladimir Dangubić rođen je u Novom Sadu 1988. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva odbranio je 2017. god. Trenutno je zaposlen u NIS Gazpromneft, gde je zadužen za vođenje projekata iz oblasti merenja, regulacije i automatizacije.

ANALIZA OSETLJIVOSTI NETEHNIČKIH GUBITAKA U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA**SENSITIVITY ANALYSIS OF NON-TECHNICAL LOSSES IN DISTRIBUTION NETWORKS**

Lea Cer, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA

Kratak sadržaj – Ovaj rad ima za cilj da detaljnije istraži mogućnost detekcije netehničkih gubitaka u DM. Rad predstavlja jednu hipotetičku situaciju u kojoj je na različitim mestima u mreži došlo do dodatne potrošnje električne energije (do nedozvoljenih priključenja neprijavljenih potrošača). U tu svrhu opisana je arhitektura naprednih mreža i mogućnosti primene naprednih brojlara. Softver korišćen za verifikaciju prikazanog modela realizovan je u programskom jeziku Fortran 90.

Abstract – In this paper, the possibilities of detection of simulated non-technical losses are presented. Calculation is simulated in multiple consumer nodes and influences upon distribution network state are presented. Some of the characteristics of smart grid networks are as well a part of this paper. The software tool has been implemented in the Visual Studio FORTRAN software package.

Cljučne reči: netehnički gubici, AMI, proračun tokova snaga, distributivne mreže.

1. UVOD

Savremena civilizacija se u potpunosti bazira na upotrebi električne energije, i sa razvojem modernog društva, raste i potreba za svim raspoloživim oblicima energije, a posebno električnom energijom. Modernom društvu je neophodna pouzdana i kvalitetna isporuka električne energije, i imajući to u vidu, koncept budućih električnih mreža ima za cilj da poveća pouzdanost, kvalitet i sigurnost sistema. Da bi se ti ciljevi ostvarili potrebno je imati više informacija o aktivnostima i stanju u distributivnim mrežama [1].

Gubici električne energije su neizbežni bez obzira na to kako je sistem dizajniran, ali se realizacijom efikasnih elektroenergetskih sistema mogu svesti na minimalni mogući nivo [2]. Postoje dve najosnovnije vrste gubitaka električne energije [3]:

- Tehnički: nastaju pri uključenju postrojenja pod napon i zbog proticanja električne energije kroz mrežu.
- Netehnički: nenaplaćena potrošnja, bez obzira da li su nastali kao posledica brojila koje je u kvaru, grešaka u računima za naplatu, ili manipulacije brojilima (neovlašćena potrošnja električne energije), koja predstavlja najčešći uzrok netehničkih gubitaka [4].

Od interesa za razmatranje u ovom radu su netehnički gubici nastali usled neovlašćene potrošnje.

NAPOMENA:

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

U radu je prikazan model dela distributivne mreže koja napaja 10 potrošačkih čvorova sa jednog izvoda. U svaki potrošački čvor ugrađeno je napredno brojilo sa kog se dobijaju podaci u realnom vremenu. Da bi se pokazao uticaj neovlašćene potrošnje na promenu modula napona i tehničkih gubitaka, dodatno opterećenje je simulirano u jednom od potrošačkih čvorova.

Rad se sastoji od sedam celina. Nakon uvoda, u drugoj celini predstavljena je podela gubitaka u elektroenergetskim sistemima. Arhitektura napredne infrastrukture merenja opisana je u trećoj, a metode za detekciju netehničkih gubitaka u četvrtoj glavi. Matematički model proračuna tokova snaga i detekcije netehničkih gubitaka predstavljen je u petoj glavi. U šestoj glavi predstavljen je zaključak, dok je u sedmoj glavi referentno navedena korišćena literatura.

2. VRSTE GUBITAKA U ELEKTROENERGETSKIM SISTEMIMA

Vrednost gubitaka jedan je od direktnih pokazatelja efikasnosti prenosa energije od proizvođača do potrošača.

2.1 Tehnički gubici

Tehnički gubici nastaju kao posledica stavljanja postrojenja pod napon i proticanja struje kroz električnu mrežu. Veličina ovih gubitaka zavisi od električnih karakteristika elemenata mreže i uspostavljenog režima. Njihove vrednosti ne mogu apsolutno tačno da se odrede [5].

Tehnički gubici sa stanovišta uzroka nastanka mogu se podeliti na [5]:

- gubici nezavisni od opterećenja,
- gubici zavisni od opterećenja.

Gubici nezavisni od opterećenja (gubici praznog hoda) se pojavljuju bez obzira da li potrošači koriste električnu energiju ili ne. Gubici zavisni od opterećenja su direktna posledica potražnje električne energije od strane potrošača (njihov intenzitet se menja sa kvadratom opterećenja).

2.2 Netehnički gubici

Netehnički (komercijalni) gubici predstavljaju razliku evidentirane nabavljene i isporučene prodane električne energije [5]. Ovi gubici se javljaju kao posledica nesavršenosti organizacije eksploatacije sistema, nesavršenosti uređaja za registraciju protoka električne energije, kvarova na postrojenjima, kao i neovlašćenog korišćenja električne energije. U netehničke gubitke spadaju neregistrovana potrošnja električne energije, razlike u registrovanju potrošnje zbog tolerancije mernih uređaja i potrošnja električne energije pri kvarovima u postrojenjima.

Kada se rezimira analiza komercijalnih gubitaka može se konstatovati da ovi gubici egzistiraju u obliku veoma varijabilnih veličina, da ih je teško odrediti računskim putem i da mogu biti pozitivni i negativni [5].

Dva velika izvora netehničkih gubitaka (NG) su: kvarovi opreme (oni su retki i mogu nastati kao posledica stradanja opreme posle neвремена, dotrajnosti i neodržavanja opreme) i neovlašćena potrošnja (krađa) električne energije (koji čine najveći udeo u NG, i uglavnom su koncentrisani u NN mreži) [6]. Negativan uticaj NG na celokupan energetska bilans zahteva da se oni što tačnije procene. Cilj ovog rada je detektovanje i identifikacija aktivnosti u NN mreži koje dovode do povećanja NG [5].

3. NAPREDNA BROJILA

Napredno merenje obezbeđuje dvosmerni protok informacija između naprednih brojila i definisanih učesnika na tržištu [7].

3.1 Arhitektura naprednog merenja

Advanced Metering Infrastructure (AMI) je sistem naprednih brojila, koncentratora podataka, dvosmernih komunikacionih mreža i sistema upravljanja podacima. Njihovom primenom omogućena je razmena mernih podataka i drugih informacija između distributivnih preduzeća i njihovih kupaca [7].

Napredna brojila komuniciraju koristeći Power Line Communications (PLC) i radio frekvenciju (RF) sa koncentratorima u okviru Neighbour Area Network (NAN). Ova mreža je uobičajeno ograničena na određeno geografsko područje (obično na nivou transformatorske stanice).

3.2 Načini manipulacije naprednim brojilima

Strategija neovlašćene upotrebe električne energije pomoću AMI uređaja [8] bazira se na modelu „stabla napada”.

Jedini uslov za neovlašćenu upotrebu električne energije je manipulacija podacima:

- prilikom snimanja podataka (elektromehanička manipulacija),
- dok su podaci još uvek u brojilu,
- prilikom slanja podataka kroz mrežu.

4. METODE ZA DETEKCIJU NETEHNČKIH GUBITAKA

Neovlašćeno korišćenje električne energije se može smanjiti primenom različitih tehničkih rešenja.

Sa stanovišta organizacije, metode za detekciju netehničkih gubitaka se mogu podeliti u dve grupe:

- tradicionalne metode detekcije i
- nove metode detekcije netehničkih gubitaka.

4.1 Tradicionalne metode detekcije

Trenutna praksa otkrivanja neovlašćene upotrebe električne energije podrazumeva očitavanja potrošnje na sumnjivim lokacijama, naknadnu analizu i procenu na osnovu izmerenih podataka, i potom se na osnovu kvaliteta izmerenih podataka određuju lokacije sa neovlašćenom upotrebom energije [1].

4.2 Nove metode detekcije

Nove metode koje se najčešće koriste za detekciju neovlašćene potrošnje su statističke metode, metode bazirane na tehnikama veštačke inteligencije i tehnike

pretrage podataka. Alternativno, ove metode mogu se podeliti u dve velike kategorije [6]:

- statističke metode [6]
- metode bazirane na veštačkim neuronskim mrežama [6].

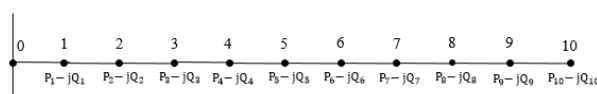
5. MATEMATIČKI MODEL I DETEKCIJA NETEHNČKIH GUBITAKA

5.1 Proračun tokova snaga

Proračun tokova snaga se sastoji u proračunu promenljivih stanja (odnosno, kompletnog režima) distributivne mreže (DM), na bazi poznatog napona izvora napajanja mreže (korena) i poznatih potrošnji u svim čvorovima mreže. Metod sumiranja struja, predstavlja iterativni postupak za proračun tokova snaga radijalnih DM [9].

5.2 Opis test distributivne mreže

Test DM sastoji se od Tr 20/0,4 kV/kV preko koje se napaja NN mreža sa ukupno 10 potrošača, slika 1.



Slika 1. Test distributivna mreža

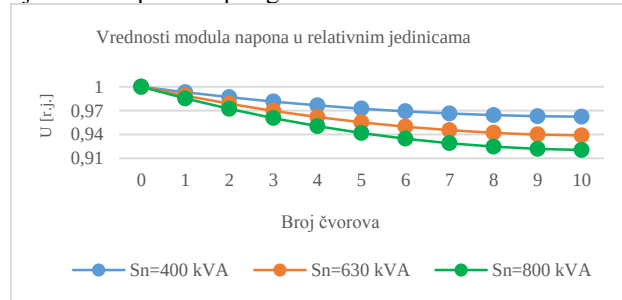
Parametri vodova su dati u tabeli 1, a dužine deonica su sve jednake i iznose 40m..

Tabela 1 – Vrednosti parametara vodova

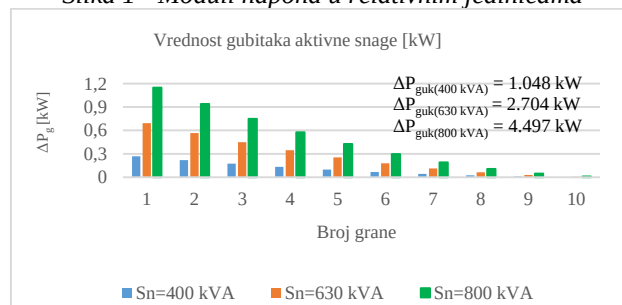
r [Ω/km]	x [Ω/km]	g [S/km]	b [S/km]
0.035	0,130	0,000	0.000205

Proračunom tokova snaga, određen je režim razmatrane distributivne test mreže bez uticaja netehničkih gubitaka električne energije u slučajevima kada je $S_n=400$ kVA, $S_n=630$ kVA i $S_n=800$ kVA. Naponske prilike u svim čvorovima izvoda za referentni režim (režim bez dodatnog opterećenja) prikazane su na slici 2.

Na slici 3 prikazani su ukupni gubici aktivne snage i njihova raspodela po granama za tri osnovna režima.



Slika 1 - Moduli napona u relativnim jedinicama



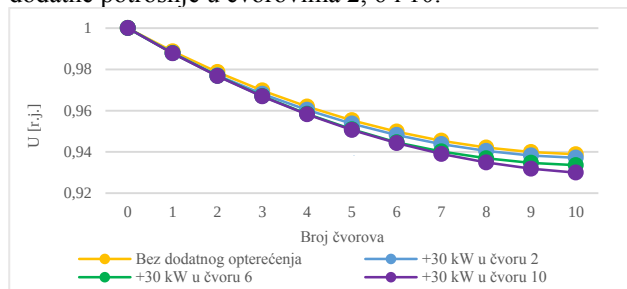
Slika 2 - Vrednosti gubitaka aktivne snage za referentne režime

U daljem toku rada razmatraće se mogućnosti detekcije dodatnog opterećenja simuliranog na različitim mestima u mreži (u čvorovima 2, 6 i 10), pri čemu je faktor snage konstantan ($\cos\varphi=0.9$ (ind)). Jedan od ciljeva rada je da se pokaže za koje će vrednosti dodatnog opterećenja promena modula napona biti veća ili jednaka 0,5%, 1% i 1,5%. Takođe, još jedan od ciljeva rada je da se pokaže na kom mestu u mreži će se određena dodatna potrošnja moći detektovati primenom naprednih brojila, a na kom mestu ta promena neće moći biti detektovana, i kolika mora biti vrednost dodatne potrošnje u svakom čvoru da bi se ona mogla detektovati primenom naprednih brojila.

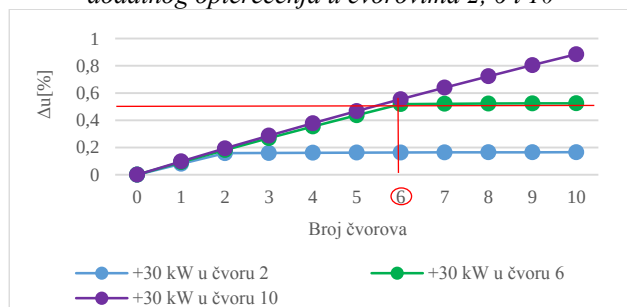
5.3 Simulacija dodatnog opterećenja u NN mreži

Za primer kada je ukupna snaga potrošača 630 kVA, svi čvorovi su opterećeni sa po 42 kW i 20.33 kVar. U nastavku se razmatraju tri primera za koje je pojedinačno u čvorovima 2, 6 i 10 simulirano dodatno opterećenje aktivne snage od $P=30$ kW.

Na slici 4 prikazan je uticaj dodatnog opterećenja u čvorovima 2, 6 i 10 na promenu modula napona čvorova (u relativnim jedinicama), dok su na slici 5 prikazane su vrednosti promene napona u procentima, kao posledica dodatne potrošnje u čvorovima 2, 6 i 10.



Slika 3 - Promena modula napona nakon simulacije dodatnog opterećenja u čvorovima 2, 6 i 10



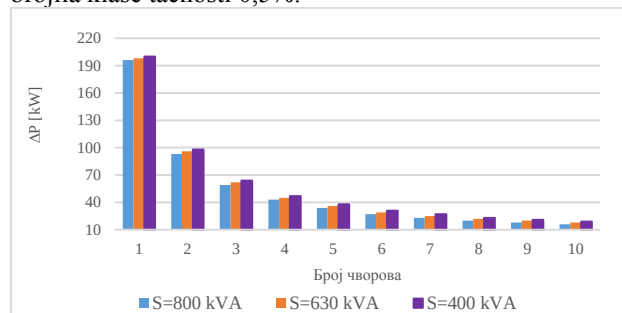
Sl. 4. Promena vrednosti napona čvorova usled dodatnog opterećenja u iznosu od 30 kW u čvorovima 2, 6 i 10 [%]

Za razmatrani primer, kada se dodatna potrošnja simulira u čvoru 2, u svim čvorovima promena modula napona je manja od 0,5%, tako da se primenom naprednih brojila klase tačnosti 0,5, promene vrednosti napona ne mogu pouzdano detektovati. U drugom primeru u čvoru 6 simulirano je dodatno opterećenje i u tom slučaju maksimalna promena napona je u čvoru 10 i iznosi 0,524% promene modula napona, dok je promena napona u čvoru 6 0,518% i napredna brojila mogu detektovati ove vrednosti. U trećem primeru u čvoru 10 je simulirano dodatno opterećenje. Maksimalna promena napona je upravo u čvoru 10 i iznosi 0,805% promene modula napona i napredno brojilo može detektovati ovu vrednost. U čvorovima 1, 2, 3, 4 i 5 promena modula napona je

manja od 0,5% i nije moguće detektovati krađu električne energije u ovim mestima na mreži

5.4 Rezultati analize

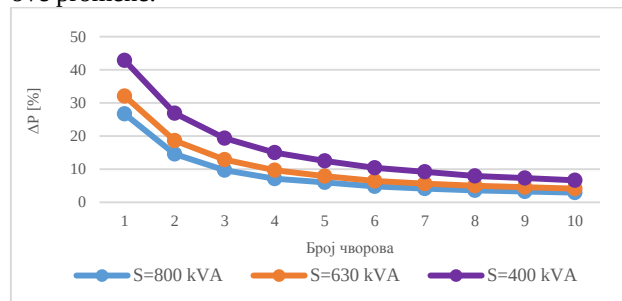
U ovom delu prikazani su rezultati analize ispitivanja osetljivosti mogućnosti primene pametnih brojila različitih klasa za opisanu test mrežu. Ponovljene su simulacije dodatnih opterećenja u svakom čvoru na test mreži za tri različite vrednosti snage potrošača u cilju određivanja minimalne vrednosti dodatne potrošnje koja može da se detektuje primenom naprednih brojila klase tačnosti 0,5%, 1% i 1,5%. Na slici 6 prikazane su minimalne vrednosti dodatne potrošnje u svakom čvoru mreže, koje mogu da se detektuju primenom naprednih brojila klase tačnosti 0,5%.



Slika 5 - Vrednosti minimalne dodatne potrošnje koju je moguće detektovati na različitim mestima na mreži naprednim brojilom klase tačnosti 0,5%

Na slici 7 prikazane su vrednosti minimalne dodatne potrošnje (izražene u procentima, u odnosu na osnovno opterećenje) koja se može detektovati od strane naprednih brojila klase tačnosti 0,5% u svakom čvoru na mreži.

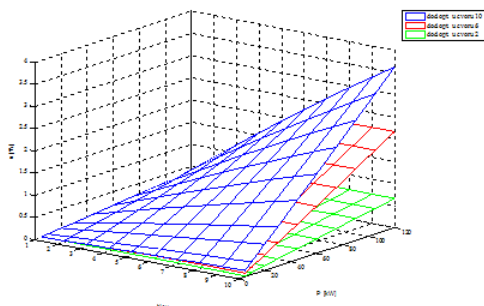
Sa slika 6 i 7 se može uočiti da se, u razmatranoj mreži, primenom pametnih brojila klase tačnosti 0,5%, krađa električne energije veća od 19 kW u čvoru 10, može uvek registrovati, i to bez obzira na ukupnu snagu potrošnje mreže. Takođe, sa slika se vidi da sa porastom vrednosti snage potrošača, raste i potrebna minimalna vrednost dodatnog opterećenja koju je moguće detektovati od strane naprednih brojila, što je, naravno, očekivana pojava. Bilo koji od čvorova u drugoj polovini voda (6, 7, 8, 9 i 10) dovoljno je dodatno opteretiti sa do 10,41% snage od ukupne snage mreže (bez obzira na ukupnu snagu potrošnje) i napredna brojila će moći detektovati ove promene.



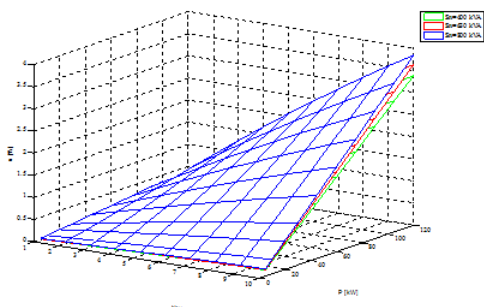
Slika 6 - Vrednosti minimalne dodatne potrošnje u %, koja se može detektovati naprednim brojilima klase tačnosti 0,5 [%]

Na osnovu višestrukih ponovljenih proračuna tokova snaga za različite vrednosti dodatne potrošnje u čvorovima 2, 6 i 10, za različite snage potrošnje, mogu se

izvesti zavisnosti prikazane na slikama 8 i 9. Grafici su urađeni u Matlabu.



Slika 7 - Zavisnost dodatnog opterećenja u različitim čvorovima na mreži (ΔP [kW]), vrednosti promene napona usled dodatnog opterećenja (Δu [%]), i broja čvorova u mreži ($N_{čv}$), za primer kada je $S_n=630$ kVA



Slika 8 - Zavisnost dodatnog opterećenja u čvoru 10 (ΔP [kW]), vrednosti promene napona usled dodatnog opterećenja (Δu [%]), i broja čvorova u mreži ($N_{čv}$)

Na osnovu ovih rezultata dolazi se do zaključka da opterećenost mreže pri analizi uticaja neovlašćene potrošnje ne utiče u velikoj meri na naponske prilike u mreži. Mesto dodatne potrošnje u mreži, pak, u velikoj meri utiče na mogućnost detekcije promene napona.

U drugoj polovini mreže je mogućnost detekcije dodatne potrošnje realna i izvesna, dok bi na početku mreže vrednost dodatne potrošnje morala biti nerealno velika da bi se mogla detektovati primenom naprednih brojlara.

6. ZAKLJUČAK

Smanjenje svih gubitaka u DM, a na prvom mestu netehničkih gubitaka, jedan je od prioritarnijih zadataka u distributivnim kompanijama u cilju poboljšanja efikasnosti poslovanja i prihoda preduzeća.

Gubici, kako tehnički, tako i netehnički, jesu neizbežni, ali se do određene mere mogu smanjiti i svesti na nužni minimum ulaganjem resursa u modernizaciju DM. Izgradnjom AMI sistema dobija se bolji uvid i stiče bolja kontrola nad količinom i kvalitetom električne energije koja se distribuira.

U radu je prikazan uticaj neovlašćene upotrebe električne energije na početku, na sredini i na kraju test mreže na ostatak mreže. Rezultati pokazuju da se prilikom neovlašćene upotrebe električne energije uspešno mogu detektovati, pre svega, promene vrednosti modula napona čvorova sa dodatnom potrošnjom koje se nalaze u drugoj polovini test mreže, tj. da mesto dodatne potrošnje u test mreži u velikoj meri utiče na mogućnost detekcije dodatne potrošnje.

Na početku mreže dodatna potrošnja u realnosti ne može biti detektovana jer bi vrednosti minimalne dodatke potrošnje koju bi napredno brojilo moglo da detektuje nerealno visoka.

Takođe, pokazano je da ukupna snaga potrošnje ne igra veliku ulogu u procesu detekcije dodatne potrošnje.

7. LITERATURA

- [1] P. Kadurek, J. Blom, J.F.G. Cobben, W.L. Kling, Theft detection and smart metering practice and expectations in the Netherlands, ISGT 2010.
- [2] Union of the Electricity Industry: Comments on the ERGEG Position Paper for Public Consultation on Treatment of Losses by Network Operators, 2008. <http://www.EURELECTRIC.org>
- [3] I. Monedero, Detection of frauds and other non-technical losses in a power utility using Pearson coefficient, Bayesian networks and decision trees, Elsevier, 2011
- [4] J. P. Kosut, Abnormal consumption analysis for fraud detection, ISGT LATAM, 2015
- [5] J. Samardžija, Netehnički gubici u distributivnim mrežama, FTN, 2016, master rad
- [6] J. Nagi, An Intelligent System for Detection of Non-Technical Losses in Tenaga Nasional Berhad, 2009.
- [7] Funkcionalni zahtevi i tehničke specifikacije AMI/MDM sistema, JP "Elektroprivreda Srbije", 2014.
- [8] S. McLaughlin, D. Podkuiko, P. McDaniel, Energy Theft in the AMI, CRITIS, 2010.
- [9] D. Popović, D. Bekut, V. Treskanica, Specijalizovani DMS algoritmi, 2004.

Kratka biografija:



Lea Cer rođena je u Novom Sadu 1990. god. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Energetska elektronika i električne mašine odbranila je 2015. god. Iste godine upisala se na master studije.

УПОРЕДНА АНАЛИЗА ОБЕЗБЕЂЕЊА ГРАЂЕВИНСКЕ ЈАМЕ ПРИМЕНОМ МЕТОДА „БЕРЛИНСКЕ” ПОДГРАДЕ И „ЛАРСЕН” ТАЛПИ**COMPARATIVE ANALYSIS OF SECURING OF CONSTRUCTION PIT BY “BERLIN WALL” AND “LARSEN” SECTIONS METHOD**

Душко Ђук, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО

Кратак садржај – Мастер рад кроз упоредну анализу обухвата обезбеђење грађевинске јаме објекта Научно техношког парка у Новом Саду применом метода “Берлинске” подграде и “Ларсен” талпи.

Abstract – This Master thesis through comparative analysis includes securing of construction pit of the object Scientific technological park in Novi Sad by “Berlin Wall” and “Larssen” sections method.

Кључне речи: metoda берлинске подграде, ларсен талпе, ископ, обезбеђење грађевинске јаме

1. УВОД

Грађевинском јамом називамо простор унутар којег се изводи темељење. Тај простор мора бити сигуран за рад и доступан људима и механизацији. Избор најбољег решења извођења грађевинске јаме зависи од грађевине, карактеристика терена, присутности воде у тлу или подземне воде и од других околности. Овај мастер рад обухвата заштиту грађевинске јаме објекта Научно техношког парка у Новом Саду, израдом “берлинске” подграде и побијањем “ларсен” талпи. За осигурање грађевинске јаме од обрушавања предметног објекта употребљен је тип “берлинске” подграде са префабрикованим армиранобетонским елементима типа “Градитељ НС” и нормални профил челичних талпи типа “Larssen 605”.

2. ОБЕЗБЕЂЕЊЕ ИСКОПА

Грађевинској јами генерално прете два проблема. Први проблем је проблем стабилности ископаних страница а други ништа мање битан, проблем воде у грађевинским јамама, стога је потребно грађевинску јаму на адекватан начин осигурати од: атмосферске воде која директно пада у ископ, од спољашње атмосферске воде (индиректне) и од подземне воде снижавањем њеног нивоа. Вертикалне дренажне системе који се користе за црпљење великих количина подземне воде зовемо бунарима. На предметном објекту изведено је осам депресионих бунара. Пречник бунара је 20 cm а дубина бунара 12 метара. Кота терена је 77,50 мнм, док је НПВ на 74,00 мнм.

НАПОМЕНА:

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је био др Игор Пешко, доцент.

Поред тога што је ископ потребно обезбедити од подземних, површинских и атмосферских вода ископ је неопходно заштити и од обрушавања. У литератури се могу наћи препоруке за углове косина за поједине врсте тла који гарантују безбедност темељне јаме као што је представљено у табели 1.

Табела 1. Препоручени нагиби косине ископа за поједине врсте тла

ВРСТА ТЛА	НАГИБ ИСКОПА $\tan \beta$
глиновити песак и глиновити шљунак	2:1
крупан шљунак	1,3:1
песковити шљунак	1:1,25
глиновито-песковити шљунак	1:1,25
крупан песак	1:1,50
ситан песак	1:1,75
песак у текућој води	1:3

У најчешће методе за осигурање ископа спадају:

- заштита “берлинском” подградом,
- заштита “ларсен” талпама,
- заштита дијафрагмама,
- заштита шиповима,
- заштита методом млазног ињектирања - “Jet grouting”,
- заштита замрзавањем тла.

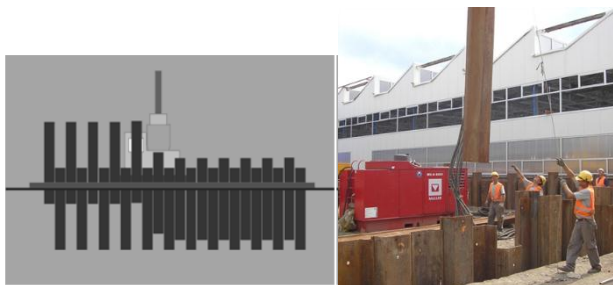
„Берлинска подграда” је систем подграђивања тла масовно примењиван при изградњи подземне железнице у Берлину, одакле је добио име (нем. Berliner verbau, сл. 1). Користи се најчешће у некохерентном, песковитом тлу у којима нема опасности од појаве подземне воде.



Слика 1. Berliner Verbau, Hirschberg, Germany

„Ларсен” талпе формирају заштиту са потпуним заптивањем од продора течних материјала.

Подграда од „ларсен“ талпи саставља се од појединачних елемената, који су међусобно тако спојени да код забијања не дође до одступања од замишљене равнине зида.



Слика 2. Извођење потпорне конструкције од челичних талпи

3. ОБЕЗБЕЂЕЊЕ ГРАЂЕВИНСКЕ ЈАМЕ ОБЈЕКТА НАУЧНО ТЕХНОЛОШКОГ ПАРКА ПРИМЕНОМ „БЕРЛИНСКЕ” МЕТОДЕ

Концепција пројектног решења заснива се на осигурању бокова грађевинске јаме између суседних објеката конструкцијом типа „Градитељ НС“.

Заштитна конструкција се састоји од АБ стубова „Л“ облика, попречног „Т“ пресека и АБ талпи које се монтирају између стубова. Стубови су по врху повезани АБ гредом димензија 40x40 см, или више у зависности од услова на терену.

Са коте 75.00мнм приступа се извођењу заштитне конструкције. Прво се врши ископ јама за контрафоре на осовинском растојању од 3.0м. У ископану јаму у свеж лако армирани бетон уграђују се монтажни АБ стубови.

Након очвршћавања бетона стопе контрафора, приступа се ископу између контрафора под заштитом АБ талпи које се постепено монтирају и спуштају како ископ напредује.

Након монтаже једног поља АБ талпи (платана) врши се његово затрпавање. Када се измонтирају све АБ талпе, у свим пољима или једном делу конструкције, приступа се монтажи оплате и арматуре везне АБ греде и њеном бетонирању.

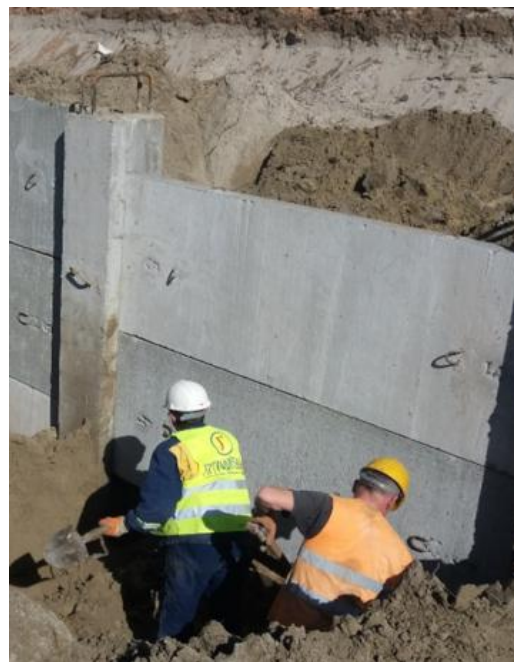
Након очвршћивања бетона АБ греде креће се са ископом до предвиђене коте ископа темељне плоче 72.94 мнм, односно 72.64 мнм и 72.34 мнм на местима контра-капитела, у зависности од дела објекта. Паралелно са ископом врши се насипање и збијање тампон слоја шљунка и бетонирање подложног бетона дебљине 10 см.

Након монтаже два контрафора приступа се монтажи АБ талпи. Након спуштања талпе 1 врши се монтажа талпе 2, након чега се наставља са поткопавањем и спуштањем талпи, по истом принципу ископа спуштају се талпе на пројектовану коту.

После завршетка тог поља може се приступити ископу и осигурању следећег поља по истом принципу, паралелно се може вршити ископ и монтажа талпи на више поља, с тим да нису два суседна поља.



Слике 3 и 4. Ископ и монтажа контрафора



Слика 5. Ручно поткопавање испод талпе 1

Након постављања пар поља подграде врши се израда наглавне АБ греде. Када се уради једна страна подграде креће се ископом на коту темељне плоче.

Ископ се врши до коте 72.34 мнм, односно 72.94 мнм уз продубљења на местима контра капитела. Паралелно са ископом, на пројектовану коту, врши се насипање шљунчаног тампона, дебљине 20 см, по завршетку збијања тампон слоја на захтевану збијеност (30 МПа) врши се бетонирање подложног бетона.



Слика 6. Израда подложног бетона

Пошто је овај тип подграде предвиђен као трајни елемент објекта, извршено је зидање, односно попуњавање простора између „Т” носача како би се омогућило лакше постављање хидроизолације.

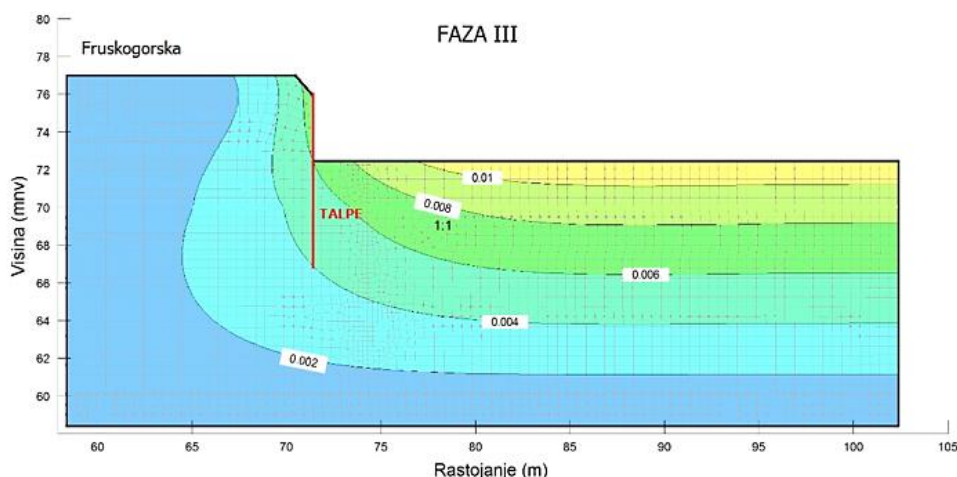


Слика 7. Изглед „озиданог“ дела грађевинске јаме

Зидање се обавља опеком 25x12x6 cm која својом бочном страном налаже на армиранобетонске талпе.



Слика 8. Побијање талпе вибрационим чекићем



Слика 9. Трећа фаза – ископ на пројектовану коту (геотехнички модел- Геостудио 2012)

4. ОБЕЗБЕЂЕЊЕ ГРАЂЕВИНСКЕ ЈАМЕ ОБЈЕКТА НАУЧНО ТЕХНОЛОШКОГ ПАРКА ПОБИЈАЊЕМ „ЛАРСЕН” ТАЛПИ

Обезбеђење грађевинске јаме предметног објекта се врши побијањем „ларсен” талпи типа „Larssen 605”.

ПРВА ФАЗА обухвата ископ са коте 77,50 мнм. до коте 75,00 мнм. у нагибу 1:1. Овај нагиб је одређен из услова карактеристика тла на основу геомеханичког елабората и у потпуности задовољава услове стабилности косина.

ДРУГА ФАЗА обухвата извођење заштитне конструкције од челичних талпи. Талпе се вертикално забијају у тло с дужином забијања 8,0м и оне се изводе као привремена конструкција. Конструкција од талпи изводи се континуално по целом ободу грађевинске јаме, 334,0м, што значи да је потребно поставити укупно 557 талпи.

ТРЕЋА ФАЗА представља ископ земље темељне јаме на пројектовану коту. Кота дна ископа темељне плоче је 72,94 мнм, односно 72,64 мнм и 72,34 мнм на мес-

тима контра-капитела. После завршених радова на темељима, талпе се уклањају.

5. УПОРЕДНА АНАЛИЗА ПРИМЕЊЕНИХ МЕТОДА НА ЗАШТИТИ ГРАЂЕВИНСКЕ ЈАМЕ НАУЧНО ТЕХНОЛОШКОГ ПАРКА

Може се закључити да код извођења заштите грађевинске јаме „берлинском” методом типа „Градитељ НС”, постоји много више трошкова приликом извођења подграде, у виду ангажоване радне снаге и механизације него што је то случај код извођења подграде од „ларсен” талпи.

Комплетан завршетак радова на заштити грађевинске јаме применом „берлинске” методе за предметни објекат може се очекивати за око 80 дана.

Процес побијања талпи се може завршити много раније него што се заврши ископ темељне јаме. Ово је предност ове методе.

6. ЗАКЉУЧАК

Предност прве методе јесте та (узевши у обзир да она постаје део грађевине) да се са завршеним процесом обезбеђења грађевинске јама упоредо стигло до завршене комплетне хидроизолације објекта.

Предност друге методе у односу на прву да се обезбеђење саме грађевинске јаме може duplo брже завршити побијањем талпи.

Узевши о обзир све наведено, као ефикасније решење на заштити грађевинске јаме предметног објекта показала се конструкција „берлинске” подграде типа „Градитељ НС”.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Пешко И.: „Технологија извођења грубих грађевинских радова”, Факултет техничких наука у Новом Саду, Србија, 2016.
- [2] Ћирић Г., Митровић С.: „Технологија грађења”, треће измењено и допуњено издање, Висока грађевинско-геодетска школа, Београд, Србија, 2014.
- [3] Стевановић С.: „Фундирање”, Факултет техничких наука у Новом Саду, Србија, 1976.
- [4] Станић М.: Предавање: „Дренажни системи у фази градње објеката”, Грађевински факултет, Универзитет у Београду, Београд, Србија, 2013.
- [5] Roje-Bonacci T.: Potporne građevine i građevne jame, Građevinsko-Arhitektonski fakultet Sveučilišta u Splitu, Split, Hrvatska, 2015.
- [6] Васић М., Ђого М.: „Елаборат о геомеханичким условима изградње објекта Технолошког парка Факултета техничких наука у Фрушкогорској улици у Новом Саду”, Департман за грађевинарство, Нови Сад, Србија 2016.
- [7] ГП „Градитељ НС” доо : „Пројекат припремних радова (заштита грађевинске јаме) Научно технолошког парка Универзитета у Новом Саду”, Нови Сад, Србија 2016.

[8] „Нормативи и стандарди у грађевинарству”, Грађевинска књига, Београд, Србија, 1999.

[9] Интернет:

<http://www.susa.rs/>
<http://www.novkol.co.rs/>
<http://www.geosonda.org/>
<http://butmir.ba/>
<http://graditelj-ns.co.rs/>
<http://www.georad.hr>
<http://www.hs-grundbau.de>
<https://www.häring-bau.de>
<http://www.pilingcontractors.com.au>
<http://www.baueraustralia.com.au>

Кратка биографија:



Душко Ћук рођен је у Босанској Крупи 1988. год. Основне студије завршио на Факултету техничких наука у Новом Саду 2016. године., смер Грађевинарство – модул Конструкције. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Грађевинарство - модул Организација и технологија грађења одбранио је 2017. године.

**ANALIZA KOLIČINA MULJA I POTENCIJALNIH TEHNOLOGIJA IZMULJENJA
KANALA BEGEJ****ANALYSIS OF THE AMOUNT OF SLUDGE AND POTENTIAL SLUDGE REMOVAL
TECHNOLOGY IN BEGEJ CHANNEL**

Saška Vujić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – TEHNOLOGIJA I ORGANIZACIJA
GRADENJA**

Kratak sadržaj – Predmet ovog rada je planiranje i organizovanje izmuljenja Kanala Begej na teritoriji Republike Srbije. Projekat će odrediti ukupne količine mulja za deoniciu od 28+800km do 1+000km, zatim odabir tehnologije i organizacije mehanizacije pri likom procesa izmuljenja skladno količinama nanosa, njihovim pozicijama kao i uslovima okolnog terena. Ovo podrazumeva planiranje procesa izmuljenja Kanala kao i izbor odgovarajuće mehanizacije.

Abstract – This thesis describes planning and organization of sludge removal in Begej Channel, on the territory of Republic of Serbia. The project will determine the total amount of sludge for the substrate of 28 + 800km to 1 + 000km, then the choice of technology and organization of mechanization during the process of dilution with the harmonious amounts of impacts, their positions as well as the conditions of the surrounding terrain. This involves planning soaking process, as well choosing the appropriate mechanization.

Ključne reči: Tehnologija i organizacija građenja, Kanal Begej

1. UVOD

U prošlosti je Kanal Begej predstavljao važan plovni put, ali je bio zatvoren za plovidbu iz političkih razloga, što je dovelo do značajnog pogoršanja stanja životne sredine.

Cilj je vraćanje Kanala u prvobitno stanje, uklanjanje kontaminiranog mulja sa dna Kanala radi obezbeđenja svih uslova zdrave životne sredine, kao i odabir tehnologije i organizacije mehanizacije prilikom procesa izmuljenja skladno odgovarajućim količinama nanosa, njihovim pozicijama i zavisno od uslova okolnog terena.

2. ISTORIJAT KANALA BEGEJ

Begej je postao važan plovni put za brodove nosivosti do 500 tona tokom prve polovine 20-og veka. Međutim, 1958. godine iz političkih i ekonomskih razloga obustavljena je plovidba na jugoslovensko-rumunskoj granici.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Igor Peško.

3. OPŠTI DEO

Kanal Begej predstavljao je važan plovni put između reke Dunav u Vojvodini, u severo-istočnom delu Srbije i grada Temišvara u okrugu Tamiš u Rumuniju. On i dalje vrši važnu funkciju u vodnom sistemu Begej-Tamiš koji pokriva veliki deo Banata.

3.1. Lokacija i opis područja

Kanal Begej i reka Begej nalaze se u Banatu, koji se proteže od istočnog dela Panonske nizije do jugo-zapadnih padina Karpata sve do reke Tise, prelazeći granice Srbije, Rumunije i Mađarske. Ukupna dužina kanala Begej i reke Begej je 240 km. Kanal je dug 120 km, od čega se nalaze 45 km u Rumuniji, a preostalih 75 km u Srbiji. Njegova prosečna dubina je 2,5 m, širina oko 30 m i prosečan protok/proticaj od 10 do 25 m³/s. Sam kanal čini granicu između Srbije i Rumunije u dužini od 2,10 km.

**4. TRENUTNO STANJE KANALA BEGEJ I
OBJEKATA**

Trenutno su voda i sediment u Kanalu zagađeni, što je najvećim delom posledica naglog razvoja industrije i poljoprivrede u rumunskom delu Banata.

Postoji znatan zaostatak u održavanju objekata na Kanalu te su potrebne znatne popravke delova brodskih prevodnica, mostova, kao i ostalih pratećih objekata.

Nasipi su u dosta dobrom stanju, iako je potrebno ukloniti znatne količine vegetacije (usled nedovoljnog održavanja) sa i u okolini severnog nasipa. Usled nedovoljnog održavanja drveće i visoko žbunje raste duž obale. Neki od ovih obala su zasađeni kao zaštita od vetra. Međutim, većina stabala i žbunja treba da se ukloni zbog toga što smanjuju plovni poprečni presek kanala tako što stvaraju uslove pogodne za taloženje suspendovanih materija kroz stvaranje plicaka duž obala.

Plovni objekti (pristaništa, utovarne stanice itd.) duž kanala su mali, zapušteni i treba ih osavremeniti. Oznake za km duž kanala su uglavnom uništene ili su prekrivene rastinjem. Bazeni okretnice za brodove su premali i treba ih produžiti.

5. REVITALIZACIJA KANALA BEGEJ

Radovi na revitalizaciji podrazumijevaju realizaciju radova na izmuljenju kanala kao i sanacija kosina. Primarni cilj na izmuljenju je uklanjanje kontaminiranog mulja sa dna Kanala radi obezbeđenja uslova zdrave životne sredine. Drugi cilj je da se „novim” profilom Kanala omogući slobodan i bezbedan prolaz brodova (transportnog kapaciteta do 500t).

5.1. Zapremina za izmuljenje

Zapremina za izmuljenje je određena izračunavanjem razlike između predloženih profila kanala (originalan poprečni presjek kanala Begej u Rumuniji) i konačnog plovnog poprečnog profila za Begej („zatečeno” i snimljeno stanje iz 2009.godine). Na ovaj način jasno se uočava položaj mulja (leva, desna obala, dno) kao i terenski uslovi koji predstavljaju bitan faktor prilikom određivanja tehnologije izmuljenja za datu deonicu. Stacionaža kanala je podeljena na deonice od po 100m. Površina mulja je izmerena sa datih profila, a zapremina mulja za datu deonicu je izračunata kao aritmetička sredina dva susedna profila na dužini od 100m. Zbirno, na desnoj obali se nalazi veća količina mulja $148\,534,3061\text{ m}^3$, a na levoj obali $136\,906,8663\text{ m}^3$ za analiziranu deonicu kanala, $1+000\text{ km}$ do $28+800\text{ km}$. Na pomenutoj deonici na dnu kanala nalazi se $157\,274,7871\text{ m}^3$ mulja koji je potrebno izmuljiti. Ukupna zapremina mulja koji treba odstraniti iz Kanala iznosi $442\,715,96\text{ m}^3$.

6. TEHNOLOGIJA I ORGANIZACIJA RADOVA NA IZMULJENJU KANALA

Uobičajeni raspored izvođenja radova na izmuljivanju je sledeći:

- uklanjanje drveća i drugog rastinja sa obala (pojas pored korita, nasipi i branjena zona uz nasipe),
- vađenje trske iz korita reke i deponovanje na mestima predviđenim za deponovanje kontaminiranog/zagađenog materijala,
- uklanjanje čvrste faze nanosa sa dna Kanala,
- postavljanje opreme za refulisanje, transport materijala (cevovodi, barže, itd.).

Veoma je važno da se uklanjanje i deponovanje kontaminiranog materijala vrši na način da prioritet bude na zaštiti životne sredine, uz minimalno razastiranje kontaminiranog materijala na okolne terene.

6.1. Mehanizacija za izvođenje radova

Za izvršenje radova na izmuljenju Kanala usvojene su sledeće mašine:

- za obradu kosina Kanala koristiće se hidraulični bageri,
- za obradu kosina i dna Kanala koristiće se plovni bageri,
- za izmuljenje dna Kanala koristiće se bager refuler sa frezom.

Hidraulični bager

Prednost rada ovih bagera ogleda se u njihovoj fleksibilnosti zbog moguće obrade kako dna tako kosina kanala iz iste pozicije, sa plovila, a ukoliko je potrebno, što često jeste slučaj, napuštanje pontona i izlazak na teren radi obrade elemenata kanala koji su nepristupačni sa pontona. Kao što je prikazano na slici, rad hidrauličkog bagera vrši se u kombinaciji sa „senkerom” ili šlepom, tj. sa baržom koja omogućava transport iskopanog materijala na predviđenu lokaciju deponovanja. Ova kombinacija odgovara uslovima rada na terenu i za lokacije kasete koje su u određenim slučajevima udaljene od lokacije izmuljenja za 10 km [1]. Prednost rada bagera u kombinaciji sa senkerom ogleda se u mogućnosti realizacije radova na teško pristupačnim lokacijama kao i lokacijama gdje je teškoj

mehanizaciji zabranjen prolaz kakav je slučaj sa nasipom Kanala Begej gdje je dozvoljeno maksimalno opterećenje od 5 tona po osovini što prevazilazi opterećenje kamiona čiji bi učinak bio zadovoljavajuć za potrebe održavanja.

Preporučuju se bageri na gusenicama što odgovara radu na terenu loših karakteristika a koji sa druge strane zadovoljavaju potrebe rada na pontonu. Korištenjem ovih bagera, uklanjanje velike količine otpadnog materijala koji se nalaze u Kanalu nije problematično. Ovim mašinama se uglavnom zahvata mulj. To znači da će u samoj deponiji biti manje vode čije prisustvo smanjuje veličinu deponije i istovremeno će biti skraćeno vreme potrebno za isušivanje deponije. Zbog relativno uske širine kanala, hidraulički bager sa dugačkom strelom se može koristiti i sa nasipa ali ne celom dužinom kanala. Time se postižu značajne uštede u vremenu jer nije potrebno stalno menjanje položaja pontona.

Za potrebe rada ovih mašina potrebno je koristiti barže za šlep izmuljenog materijala što povećava troškove izmuljenja jer je potrebno dodatno premeštati iz šlepa do deponije, za razliku od upotrebe bagera refulera.

Opis rada plovnog bagera

Plovni bageri su mašine kod kojih je strela bagera povezana sa plovilom, pri čemu su motor bagera kao i upravljačka kabina takođe sastavni deo plovila. Obično imaju 3 ili 4 pomoćna oslonca za oslanjanje na dno i stabilizuju mašine prilikom rada. Imaju sopstveni pogon i veoma su fleksibilne, smanjuju troškove kao i vreme potrebno za premeštanje.

Za upotrebu ove mašine u procesu izmuljenja Kanala neophodno je planirati rad bagera sa grafičkom i standardnom kašikom u kombinaciji sa šlepom za prevoz mulja duž kanala do mesta deponovanja. Ovaj rad podrazumeva angažovanje teglača pored šlepa koji će izvršiti prevoz mulja.

Korištenjem ovih bagera, uklanjanje velike količine otpadnog materijala koje se nalaze u Kanalu nije problematično. Ovim mašinama se uglavnom zahvata mulj. To znači da će u samoj deponiji biti manje vode čije prisustvo smanjuje veličinu deponije i istovremeno će biti skraćeno vreme potrebno za isušivanje deponije. Za potrebe rada ovih mašina potrebno je koristiti barže za šlep izmuljenog materijala što povećava troškove izmuljenja jer je potrebno dodatno premeštati iz šlepa do deponije, za razliku od upotrebe bagera refulera. Nije neophodna pomoć pri pomjeranju barže kao u slučaju hidrauličkog bagera što ubrzava radove.

Bager refuler sa frezom

Produktivnost ovih bagera je nekoliko puta veća od plovnog i hidrauličkog bagera, te je zato njihovo korišćenje ekonomski isplativije. Ovim bagerom iskopani materijal može da se prepumpava direktno na deponiju. Malim bagerom može se zahvatati nanos na udaljenosti do 4 km (bez pomoćnih pumpi), a korišćenjem pomoćnih pumpi povećava se razdaljina zahvatanja. Kada se iskopavanje vrši ovim bagerom, u svaka $3 - 4\text{ m}^3$ iskopanog materijala nalazi se 1 m^3 zemlje jer se mulj meša sa vodom tokom procesa refuliranja u odnosu 1:4. U Vojvodini se za izmuljenje koriste refuleri bager kapaciteta 150 do 200 m^3 suve materije na čas. Sastav

suspenzije koja se transportuje cevovodom zavisi od vrste materijala, a u proseku je 1:8. Moguća dužina cevovoda kojom se suspenzija transportuje zavisi od sastava i kreće se maksimalno 5 km.

Pored toga potrebno je izraditi i posebne instalacije za odvodnjavanje suvišne vode, a sam process trajao duže nego u slučaju deponovanja „suvljeg” iskopanog materijala. Ako se koriste barže, troškovi transporta izmuljenog materijala će biti mnogo viši od transporta cevovodima.

Osnovni problem u radu ovog bagera ogleda se u maksimalnim transportnim dužinama izmuljenog materijala, te iz tog razloga ove mašine delimično zadovoljavaju tehničko-organizacione uslove kanala i njihova upotreba iziskuje dodatna ulaganja u nabavku cjevovoda i pomoćnih pumpi za pomoć pri transportu mulja kroz cjevovod. Izvađeni sediment se cevovodom transportuje do kasete predviđene da primi suhu materiju i refulernu vodu na čiji kapacitet se kasetna proračunava. Mulj iz suspenzije se taloži u kaseti a na najudaljenijem kraju nalazi se preliv za povraćaj vode u recipijent.

6.2. Organizacija radova na izmuljenju kanala

Organizacija radova na izmuljenju Kanala Begej podrazumeva sa građevinskog aspekta iskop kontaminiranog i nekontaminiranog nanosa po prikazanim deonicama kanala. Važno je da se uklanjanje i deponovanje kontaminiranog materijala vrši tako da prioritet bude zaštita životne sredine, uz minimalno razastiranje materijala na okolne terene. Debljina sloja koji se planira izmuljiti je u proseku od 0,1m-2m (na pojedinim mestima), prosečna je oko 0,5m dok je maksimalna dubina na kojoj se vrši izmuljenje oko 5m. Date su dve opcije kao rešenje.

U prvoj opciji izvršena je podela kanala na 3 deonice i izabrane je mehanizacija skladno uslovima terena i položajima nanosa.

Tabela 1. Odabir mehanizacije i položaj pozicija na izmuljenju Kanala, opcija 1

Br. Pozicije	Mehanizacija	Stacionaža (km)	Količina izmuljenja po stacionažama (m ³)
1.	Hidraulički bager na gusenicama sa dugačkom strelom	1+000 do 3+3000	9 175,845
2.	Plovni bager	3+400 do 21+800	228 642,600
3.	Bager refuler sa frezom	21+900 do 28+800 km	204 554,100

U drugoj opciji zadržana je 1. i 3. pozicija prve opcije, dok se druga pozicija deli na dva dela. Na ovaj način ubrzano je vreme potrebno za izmuljenje ovog dela kanala shodno tome da je zbog veće količine nanosa u drugom delu druge pozicije potrebno angažovati mašine većih kapaciteta. Ukupna deonica je podeljena prema uslovima

koje je potrebno ostvariti na tom delu, dobijenim na osnovu preklapanja stvarnog i projektovanog stanja, kao i odabira mehanizacije na osnovu položaja Kanala.

Uočava se da teren kao i poprečni presek Kanala nije kontinualan, te je otežan pristup kanalu. Samim tim podrebnije je uzeti u obzir da se javlja i disbalans količina nanosa na levoj i desnoj obali, kao i po dnu kanala, što dodatno dovodi do otežanog odabira mehanizacije povoljne za rad u tim uslovima. Iz ovog razloga pozicija 2 je podeljena na dva dela. U prvom delu druge pozicije zadržana je mehanizacija iz prve opcije dok se u preostalom delu angažuje mehanizacija većeg kapaciteta zbog veće količine nanosa, kako bi se ubrzao postupak izmuljenja.

Tabela 2. Odabir mehanizacije i položaj pozicija na izmuljenju Kanala, opcija 2

Br. Pozicije	Mehanizacija	Stacionaža (km)	Količina izmuljenja po stacionažama (m ³)
1.	Hidraulički bager na gusenicama sa dugačkom strelom	1+000 do 3+3000	9 175,845
2.1	Plovni bager	3+400 do 9+700	45 971,9941
2.2	Bager refuler sa frezom	9+800 do 21+800	183 093,426
3.	Bager refuler sa frezom	21+900 do 28+800km	204 554,100

Odabirom opcije dva, količine nanosa bi bile usklađene sa odabirom mehanizacije, područja sa većom pokrivenosti nanosa bi dobila mehanizaciju većeg kapaciteta što bi znatno uticalo na smanjenje perioda izmuljenja.

7. ODLAGANJE IZMULJENOG MATERIJALA

Iskopani kontaminirani mulj se ne može samo tako razastirati po okolini jer će kontaminirati zemljište i rizičan je po zdravlje ptica i stoke. Prečišćavanje mulja je skup i težak proces, te je najbolje rešenje formiranje izolovanih deponija da bi se sprečilo širenje zagađenja u životnu sredinu kroz vazduh, vodu i zemlju.

Ove deponije treba da budu locirane dalje od naseljenih mesta i prekrivene čistom zemljom da divlje životinje a i ljudi ne mogu da dopru do kontaminiranog sloja.

Teren pored kanala je glinovit, debljine od nekoliko metara čime se sprečava prodor zagađujućih materija u podzemne vode [1].

7.1. Lokacije za deponovanje materijala

Postoje četiri potencijalne lokacije za deponije na teritoriji opštine Žitište:

1. parcela 10834 je površine 4,73 ha i u vlasništvu je JVP „Vode Vojvodine“,

2. parcela 7572 je površine 4,20 ha i u vlasništvu je opštine Žitište,
3. parcela 8731/1 je površine 3,64 ha i u vlasništvu je Mesne zajednice Srpski Itebej,
4. parcela 8731/2 je površine 1,03 ha i u vlasništvu je Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srbije [1].

7.2. Objekti za odlaganje mulja

Objekti za odlaganje su projektovane konstrukcije za „skladištenje” refulisanog materijala da bi se uticaj na ljudsko zdravlje i životnu sredinu sveo na minimum. Koncept objekata za odlaganje je dosta jednostavan, ali je njegova izgradnja složena i podrazumeva znanje iz različitih oblasti poput građevinarstva, hemije, uređenja zelenih površina itd.

Prilikom odabira situacije potrebno je razmotriti sledeće karakteristike: osobine zemljišta, nivo i tok podzemnih voda, meteorološke karakteristike kao i vizuelni aspekt. Sve potencijalne lokacije su birane na osnovu niske vrednosti korišćenja zemljišta. To je neplodno zemljište tako da se izgradnjom objekata za odlaganje neće negativno uticati na ekologiju ispod gornjeg sloja. Veličina i dizajn objekta za odlaganje osim što je uslovljena lokacijom, vrsti tla, zavisi i od količine nanosa koji treba da se deponije i kako će objekat da se koristi ili funkcioniše kada se jednom skroz napuni i kada se u njega više ne bude odlagao izmuljen materijal.

Na osnovu karakteristika podtla, mogu se razlikovati dva tipa objekata:

1. Objekat za odlaganje mulja na prirodno glinovitom sloju (bez obloge)

Glina- ilovača je veoma dobar vodonepropustan materijal koji garantuje prirodnu izolaciju i sprečava procurivanje kontaminirane vode u podzemne vode. Ista glina se može koristiti i kao pokrivač deponije.

2. Objekat za odlaganje mulja sa veštačkim odlaganjem

Ukoliko ne postoji prirodna izolacija sa glinom, jedno od alternativnih rešenja je postavljanje veštačkog izolacionog sloja po dnu objekta za odlaganje da bi se sprečila infiltracija atmosfere vode u podtlo ispod objekta. Ovakav objekat je viši i dosta skuplji od objekta na prirodnom glinovitom tlu, te se preporučuje da se povećanje kapaciteta skladištenja postiže povećavanjem visine skladišnog objekta.

Preko veštačke obloge mora da se postavi sloj peska ili drugog propusnog materijala debljine 30 – 50 cm za dreniranje, da bi se smanjio pritisak vode. Zatim se postavljaju cevi za odvodnjavanje u koje se skuplja suvišna voda, koja se zatim ispumpava i odvodi ili preko postrojenja za prečišćavanje ili direktno u Kanal Begej.

Objekat za odlaganje deponovanog mulja može da bude prekriven čistom prirodnom zemljom, ali se mogu koristiti i HDPE obloge. Preporučuje se oprez jer postoji mogućnost stvaranja gasova unutar objekta koji će se akumulirati ispod gornje obloge. To znači da uvek postoji rizik od oštećenja podloge objekta. Drugi nedostatak je što je mnogo teže otkriti procurivanje u gornjem sloju [1].

8. ZAKLJUČAK

Izmuljenje je neophodna aktivnost kojom se održavaju vodotoci i kanalske mreže, odnosno uklanjanjem sedimenta se povećava proticajni profil. Stvaranje mulja je pojava koja nastaje usled taloženja čestica kada erozioni tok nije dovoljno jak da transportuje nanos i zamuljenje što je najčešće slučaj u ravninama gde su tokovi spori.

Trenutno su voda i sediment/mulj u Kanalu Begej zagađeni. Zagađujuće materije su uglavnom posledica naglog razvoja industrije i poljoprivrede u Temišvaru i rumunskom delu Banata. Zajedno sa nedovoljnom izgradnjom adekvatnih postrojenja za preradu otpadnih voda ovaj razvoj je doveo do pogoršanja kvaliteta vode i porasta količine zagađenog sedimenta/mulja što je ozbiljno uticalo na stanje životne sredine u Rumuniji i Srbiji, odnosno oblasti kroz koju protiče Kanal Begej. Taloženje sedimenta se najbolje može zapaziti duž obala gde je proticaj sporiji nego u sredini Kanala. Opadanje dubine stvara dobre uslove za bujanje rastinja.

Povećanje kapaciteta kanala će se postići dovođenjem profila kanala u projektovano stanje, uklanjanjem nataloženog sedimenta kao i iskopom materijala po dnu korita i stranama kanala. Ukupna zapremina 442.715,96 m³ dobijena je kao realna vrednost čime se profil kanala dovodi u projektovano stanje. Urađen je izbor mehanizacije prema odgovarajućim delovima kanala, podeljen na deonice koje odgovaraju njihovim uslovima rada. Priloženom organizacijom rada postiže se da revitalizacija Kanala bude izvedena kvalitetno i završena u što kraćem roku.

9. LITERATURA

- [1] Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad; Centar za hidrotehniku i geodeziju; „*Studija izvodljivosti revitalizacije Kanala Begej*“, Novi Sad, 2016.

Kratka biografija:



Saška Vujić rođena je u Banjaluci 1991. godine. Diplomirala je na građevinskom odseku Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu 2014. godine, na smeru hidrotehnika. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva – Tehnologija i organizacija građenja odbranila je 2017. godine.

**ПРОЦЕНА СТАЊА, ДОГРАДЊА И ЕНЕРГЕТСКА САНАЦИЈА ГЛАВНЕ ЗГРАДЕ
ОСНОВНЕ ШКОЛЕ „ЂУРА ДАНИЧИЋ“ У НОВОМ САДУ****ASSESSMENT OF THE SITUATION, CONSTRUCTION AND ENERGY SAVING OF
THE MAIN BUILDING- ELEMENTARY SCHOOL "ĐURA DANIČIĆ", NOVI SAD**

Маријана Иванић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО

Кратак садржај – У овом раду приказана је процена стања, доградња и ојачање АБ носеће конструкције школског објекта у Новом Саду, спратности Пр+2. Теоријски део рада се односи на енергетску ефикасност у зградарству. У стручном делу рада приказани су основни технички подаци о објекту. Затим је на основу детаљног прегледа зграде дата оцена стања са аспекта енергетске ефикасности, носивости, стабилности и трајности. После адекватне процене и описа постојећег стања конструкције, урађен је пројекат доградње једног спрата на постојећу конструкцију објекта. Формиран је нови просторни модел за постојеће и дограђено стање са новим додатним оптерећењем од дограђеног спрата. Сprovedена је статичка и динамичка анализа са провером напона у стубовима и померања врха конструкције услед хоризонталних дејстава. На крају рада предложене су мере за ојачање одређеног броја елемената носеће конструкције предметне зграде.

Abstract – This paper presents an assessment, upgrade and strengthening of RC structure of the primary school in Novi Sad, consisting of ground floor and two floors. The theoretical part of this paper refers to energy efficiency in buildings. In the professional part of paper basic technical data about this object are given. Further, an assessment is made based on detailed survey of the building in terms of energy efficiency, carrying capacity, stability and durability. After assessment and description of the existing state of the structure, a project of upgrading of one floor is made. After upgrading a new model of both existing and upgraded state is made, with an additional load from upgraded floor. The static and dynamic analyses are made to check the stress in columns and movement of the top of the structure due to horizontal actions are calculated, also. At the end of this paper some measures for strengthening several elements of bearing structures of this building are suggested.

Кључне речи: процена стања, енергетска ефикасност, доградња, санације

НАПОМЕНА:

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је била проф. др Мирјана Малешев.

1. УВОД

Рад је теоријско-истраживачког типа са темом „Енергетска ефикасност у зградарству“. Кроз рад приказана је енергетска и конструктивна санација са надоградњом главне зграде школе која се налази у Новом Саду.

2. СТРУЧНИ ДЕО**2.1. Технички опис**

Објекат за који се ради процена стања, а потом и доградња, а за који ће се касније дати и мере санације, представљен је на следећој слици (Слика 1).



Слика 1. Изглед школског објекта

Пројектовани школски објекат је опште образованог карактера намењен деци до 14 година старости. Основни карактер-класичан вид школе са специјалним учионицама. Објекат се налази у Новим Саду. На објекту је изведена техничка дилазација, која прати и функционално раздваја објекат на два дела: школски и фискултурни део. У овом раду детаљно је обрађен само школски-главни део објекта. Спратна висина приземља и спрата је 3.74m док је корисна висина етажа 3.24 m. Вертикална комуникација је остварена једнокраким степеништем. На згради је изведен раван кров са атиком.

2.2. Конструктивни систем

Конструкција школског објекта је мешовита, са носећим подужним и попречним зиданим зидовима од опеке ($d=38\text{cm}$ и $d=25\text{cm}$) и АБ рамовима. Међуспратна конструкција је полумонтажна ситноребраста таваница типа Авраменко. Ови носачи међуспратне конструкције постављени су паралелно са ходницима

(над учионицама) и у попречном правцу над ходницима. Изнад централног-санитарног чвора је изведена монолитно ливена АБ пуна плоча, док су изнад приземља и I спрата, где су и подесне плоче монолитно ливене, изведене монолите ситноребрасте таванице. Димензије греде су 38/40. Стубови су правоугаоног попречног пресека димензија 38/38,38/41 и 38/80. Ступенишна плоча је армирано бетонска дебљине 15 cm на коју се после набетонирају ступенице. Дубина фундација је 2.07 m, осим испод ступенишног простора где се налази библиотека, ту су темељи спуштени на 2.85 m.

2.3. Детаљни визуелни преглед

Визуелни преглед је обављен са спољашње и унутрашње стране. Прегледом се установило да се од главног пројекта није одступало и том приликом су сви дефекти и оштећења фотографисана. Анализом прикупљених података је дефинисана врста и узрочник настанка сваког дефекта и оштећења. На основу чега је донет закључак по питању стабилност, носивости, трајности и употребљивости конструкције.



Слика 2. Оштећење услед влаге



Слика 3. Љускање и отпадање завршне боје и малтера

Иако је објект стар преко 50 година, због повремених одржавања још увек је у добром стању. На објекту нису регистрована оштећења материјала од кога је изведена основна носећа конструкција. Оштећења су виду трошног малтера, љускања и отпадања завршних декоративних слојева на зидовима и стубовима и пуцања завршних слојева на кара тавану.

2.4 Процена енергетске ефикасности постојећег стања

Процена енергетске ефикасности постојећег стања је спроведена за постојеће склопове термичког омотача према Правилнику о енергетској ефикасности зграда (*"Службени гласник РС"* бр. 72/09, 81/09-исправка, 64/10-УС и 24/11). Према Правилнику прорачун енергетске ефикасности се спроводи из два дела. У првом делу дефинише се отпор који сваки од склопова термичког омотача пружа при проласку топлоте из топлијег у хладнији простор. Такође потребно је утврдити која количина водене паре ће, због промене температуре у ваздуху, прећи у течну стање. Након прорачуна термичке отпорности потребно је извршити и контролу летње стабилности склопа. Овим прорачуном приказујемо дали је склоп довољно масиван да у летњем периоду пружи довољан отпор пробијању топлоте услед сунчевог зрачења у унутрашњост објекта. У другом делу прорачуна објект се посматра као целина. Потребно је дефинисати његов положај у односу на околину, изложеност ветру, засенченост као и удео сваког од склопова на укупни термички омотач објекта. На основу анализе појединачних склопова и објекта као целине одређујемо укупну термичку отпорност објекта и самим тим га класификујемо у разреде.

Прорачуном дефинисаним у претходном делу овог поглавља утврђено је да постојеће стање објекта одговара објектима Е разреда.

3. НАДОГРАДЊА

Пројектом је предвиђена доградња једног спрата на постојећу конструкцију. Новопроектвана конструкција је спратности П+3. Основа додатог спрата је пројектована тако да дограђена етажа по распореду конструктивних елемената и просторија иста као и претходни спратови. Кровна конструкција је изведена на сличан начин као претходна, задржан је пројектовани раван кров са атиком, али су уместо старих слојева равног крова постављени нови, напреднији слојеви којима се поред заштите од атмосферских дејстава постижу задовољавајуће термичке карактеристике склопа као и мала тежина таванице. Као кровни покривач усвојена је Сика мембрана. Конструкција школског објекта је мешовита, са носећим подужним и попречним зиданим зидовима од Ytong блокова $d=25\text{ cm}$ и АБ рамовима. Стубови су димензија $25/25\text{ cm}$ док су греде $25/40\text{ cm}$. Међуспратна таваница је „бела таваница“ $d=20\text{ cm}$, ослоњена на греде. За вертикалну комуникацију у овом делу зграде изведено је ново ступениште. Дограђени објект је променио спратност и висину тако да је неопходно формирати нови модел конструкције и извршити проверу напона у стубовима као и проверу хоризонталног померања врха објекта услед хоризонталних дејстава. Након формирања новог просторног модела, аплицирања оптерећења: сталног, додатног сталног, корисног оптерећења као и оптерећење од ветра и снега спроведена је динамичка анализа тродимензионалног модела чиме су утврђени потребни подаци за дефинисање сеизмичког оптерећења. Даљом анализом статичког прорачуна дошло је до закључка да је напон

прекорачен само у једном стубу приземља, а да потреба за повећањем површине арматуре није потребна ни у једном стубу главног објекта основне школе. Што се тиче максималног померања врха зграде услед сеизмичког дејства, оно је у допуштеним границама према Правилнику о техничким нормативима за изградњу објеката високоградње у сеизмичким подручјима те да није потребно изводити зидове за укрућење. Претпоставља се да је током експлоатације у претходних 50 година дошло до консолидације тла испод објекта што за резултат има увећање напона у тлу за 10%. Додатно, прем члану 14. Правилника о техничким нормативима за изградњу објеката високоградње у сеизмичким подручјима потребно је допуштене напоне у тлу увећати за 1.5. Због незнатног учешћа сеизмичког дејства на укупне напоне у тлу а на основу члана 14. долази се до закључка да комбинације оптерећења које обухватају сеизмичко дејство не представљају меродавне комбинације те се као такве искључују из даље анализе напона у тлу. Сprovedеном анализом напона у тлу утврђено је да неки од постојећих темеља прекорачују допуштене напоне.

Након извршеног статичког прорачуна и анализе допуштених напона и потребне арматуре у свим елементима конструкције закључено је да се предвиде конкретне мере санације у виду ојачања одређеног броја стубова приземља у смислу повећања попречног пресека као и ојачавање одређеног броја темеља у виду проширивања темељних трака методом „подбетонирања“ и ојачање темељних стопа извођењем аб. „надоградње“ преко постојећих темеља.

4. ПОВЕЗИВАЊЕ НОВОПРОЈЕКТОВАНЕ И ПОСТОЈЕЋЕ КОНСТРУКЦИЈЕ И ОЈАЧАЊЕ ПОСТОЈЕЋЕ КОНСТРУКЦИЈЕ НЕДОВОЉНЕ НОСИВОСТИ

Ојачање темељних трака се изводи зарад повећања површине ослањања темеља, чиме се повећава површина преко које се преноси притисак на тло. Метода којом ће се санација обавити је подбетонирање темељних трака у кампадама. Подбетонирање треба изводити тако да се током радова не угрози носивост и стабилност објекта. Принцип подбетонирања је дефинисан кроз неколико фаза:

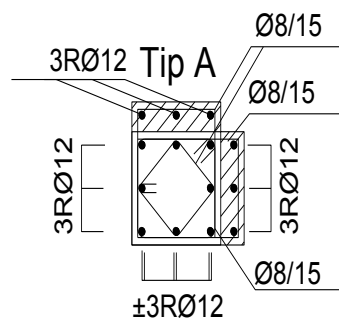
- У првој се изводи „широки“ ископ дуж целог темеља. Ископ вршити ручним путем у довољној ширини која ће обезбедити несметани приступ темељу.
- Други фазу чини поткопавање темељне траке. Поткопавање се врши у кампадама дужине 150 cm, дубине 20 cm и укупне ширине 200 cm, поткопава се свака друга зона. Бетон постојећег темеља је потребно добро очистити да би се остварила добра веза између старог и новог бетона. Поставља се слој мршаваог бетона или шљунка како арматурне мреже не би дошле у директан додир са земљом и како би могле да се поставе у пројектован положај. Након постављања арматуре, поставља се оплата у ширини нове темељне стопе и приступа се бетонирању кампада. Бетонирање се обавља у висини до 10.0 cm ниже од потребне, ширине за по 10.0 cm мање од ширине кампаде са сваке стране.

На крају се врши попуњавање условно речено рупе између старог и новог бетона влажним бетоном набијањем.

- Након једног дана прелази се на поткопавање темеља у зонама које су преостале.

Ојачање темељних стопа испројектовано је извођењем аб. „надоградње“ преко постојећих темеља. „Надоградња“ темеља изведена је са горње стране и са бочних страна. На овај начин темељним стопама је повећана дужа димензија чиме је знатно повећан и њихов отпорни моменат јер у њему дужина темеља утиче на други степен. Овако осмишљеним ојачањем темељних стопа није „изгубљена“ маса тла изнад темеља (заменења је масом армираног бетона), а повећањем дужине темеља повећана је површина налегања, отпорни моменат, а самим тим смањени су максимални контактни напони у тлу.

Ојачање стубова у приземљу обавиће се на следећи начин: прво је потребно штемовањем уклонити заштитни слој бетона до арматуре постојећег АБ стуба и пескарењем очистити површину арматуре и преосталог бетона. Пошто је обијен и заштитни слој арматуре греди и темеља може се приступити бушењу рупа за анкере. Укупна дужина једног анкера је једнака збиру дужине преклапања шипке стуба и дужине сидрења шипке анкера. Санација АБ стубова извршиће се ојачањем основног пресека новим бетонским „плаштом“ и уграђивање додатне арматуре одговарајућег пречника према потреби. Око стубова на којима је потребно извршити ојачање оформиће се АБ омотач одговарајуће дебљине и у њега ће се сместити додатна подужна арматура са укосницана (Слика 4). Повезивање постојеће и нове арматуре у АБ „плашту“ оствариће се заваривањем.



Слика 4. АБ „плашт“ код ојачања стуба

За новопројектовано стање надоградње потребно је извршити повезивање постојећег и новог дела конструкције. Принцип повезивања састоји се у уграђивању металних анкера у претходно избушене рупе у постојећој армиранобетонској конструкцији. Код оваквог система анкеровања атхезија се остварује помоћу материјала за заливање или ињектирање на бази епоксида. Као анкери у овом случају ће се користити арматурне шипке. Принцип анкеровања састоји се од следећих фаза

- Бушење рупа пречника који је за 2mm већи од пречника арматуре и дубине која одговара дужини сидрења
- Чишћење рупа одговарајућим четкама

- Обеспрашивање помоћу компримованог ваздуха
- Наливање – ињектирање масе у припремљене рупе ради остваривања прионљивости
- Уграђивање анкера
- Постављање пројектоване арматуре елемената конструкције надоградње
- Повезивање анкера и арматуре преклапањем
- Бетонирање новог елемента конструкције у претходно припремљеној оплати

5. ТЕОРИЈСКО-ИСТРАЖИВАЧКИ ДЕО И ЕНЕРГЕТСКА САНАЦИЈА

У овом раду је кроз енергетску санацију је приказан теоријско истраживачки део који се базира на адекватном избору одговарајућег санационог материјала. Ово истраживање произилази из чињенице да се данас на тржишту може наћи велики број различитих термоизолационих материјала. Сваки од материјала мора да обезбеди следеће карактеристике: негоривост, звучну изолацију, паропропусност, да је саздан од природних сировина, да је постојан кроз време, као и приступачну цену. Кроз рад поређене су Мултипор-термоизолиране плоче и камена вуна. Рад је извршен са каменом вуном као термоизолационим материјалом.

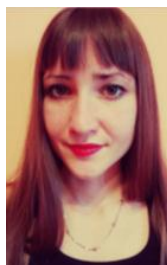
6. ЗАКЉУЧАК

Кроз рад прво је извршена процена стања школе. Након чега је одрађен елаборат енергетске ефикасности постојеће зграде. Визуалним прегледима закључено је да школи није угрожена ни носивост ни употребљивост као ни трајност. Прорачуном енергетске ефикасности зграде је класификована у разред Е. Након прорачуна доградње једне етаже извршена је прво санација конструктивних елемената а затим и енергетска санација. Додата је термоизолација сваком склопу замењени су прозори и врата, промењена је фасада-постављени су aquapaneli и замењени су слојеви крова. Након прорачуна енергетске ефикасности закључено је да се објекат успешно енергетски саниран. Након санације објекат је класификован као објекат С разреда, што је за два разреда више него пре санације.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Збирка Југословенских правилника и стандарда за грађевинске конструкције
- [2] М. Малешев, В. Радоњанин: Скрипта са предавања Услови грађевинске физике, Инжењерска комора Србије, Београд
- [3] Група аутора: Правилник о енергетској ефикасности зграда, Службени гласник РС:061/2011
- [4] Група аутора, *Бетон и армирани бетон*, према БАБ87, књига 1, универзитетска штампа, Београд, 2000.
- [5] Група аутора, *Бетон и армирани бетон*, према БАБ87, књига 2, универзитетска штампа, Београд, 2000.
- [6] З. Брујић, материјал са предавања- *Бетонске конструкције*
- [7] М. Малешев, В. Радоњанин: материјал са предавања- *Праћење. Процена стања и одржавање грађевинских објеката*
- [8] М. Малешев, В. Радоњанин: материјал са предавања- *Материјали и технике санације и заштите грађевинских објеката*
- [9] Група аутора: *Грађевинска физика и материјали*, Београд, 2003.
- [10] <http://srb.sika.com/>
- [11] www.ytong.com/
- [12] <http://www.kamenavuna.com>
- [13] <http://www.gradjevinarstvo.rs>
- [14] <http://www.rigips.rs>
- [15] <http://www.knauf.rs>

Кратка биографија:



Маријана Иванић рођена је у Новом Саду 1992. године. Мастер рад на Факултету техничких наука из области грађевинарство – модул конструкције - Процена стања и санације бетонских конструкција, одбранила је 2017. год.

**PROJEKAT AB VIŠESPRATNE ZGRADE PREMA EVROKODU I UPOREDNA
ANALIZA GRANIČNOG STANJA UPOTREBLJIVOSTI**

**DESIGN OF MULTI-STOREY RESIDENTIAL BUILDING AND COMPARATIVE
ANALYSIS OF ULS ACCORDING TO NATIONAL AND EUROPEAN STANDARDS**

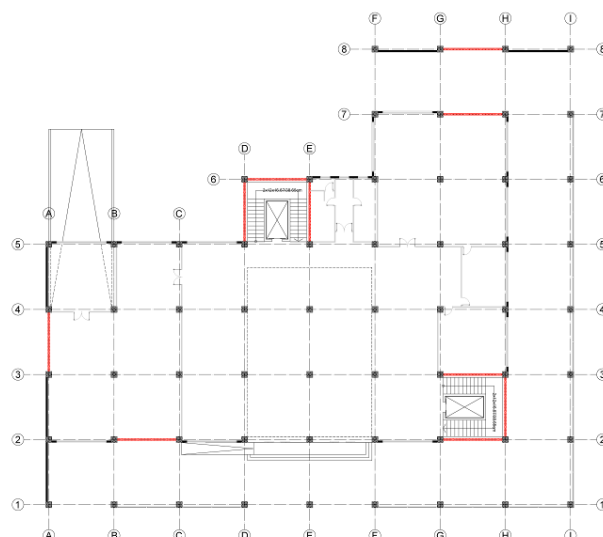
Uroš Vukobrat, dr Đorđe Lađinović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je prikazan projekat armiranobetonske konstrukcije poslovne zgrade spratnosti (Po+P+7) na području Novog Sada, prema Evrokod pravilnicima. Na kraju rada prikazana je uporedna analiza proračuna prema graničnim stanjima upotrebljivosti prema domaćim propisima i Evrokodu 2.

Abstract – The paper contains the design project of reinforced concrete structure of a commercial building (basement + ground floor + 7 stories) in Novi Sad according to Eurocode standards. In the end, the paper contains comparative analysis of serviceability limit states according to national code and Eurocode 2.

Ključne reči: armiranobetonska zgrada, ukruženi skeletni sistem, uporedna analiza, granična stanja upotrebljivosti, GSU, Evrokod 2



Slika 1. Dispozicija ramova

1. UVOD

Projektnim zadatkom je predviđeno projektovanje armiranobetonske poslovne zgrade spratnosti Po+P+7, L oblika u osnovi, prema zadatom arhitektonskom rešenju. Fundiranje objekta izvršiti preko temeljne ploče, po potrebi ojačane gredama u dva pravca. Noseću konstrukciju objekta projektovati kao armiranobetonsku skeletnu konstrukciju ukruženu armiranobetonskim zidovima u dva pravca. Podaci o dejstvima i tlu su uzeti za lokaciju: Novi Sad. Dati konstrukcijske detalje i planove armiranja za izabrane elemente i sklopove. U istraživačkom delu rada sprovedena je uporedna analiza proračuna prema graničnim stanjima upotrebljivosti prema domaćim propisima PBAB 87 i prema Evrokod propisima, na primeru jedne grede iz predmetnog objekta.

2. OPIS PROJEKTA
2.1. Arhitektonsko rešenje

Zgrada je L oblika u osnovi, sa stranama dimenzija 52,0 × 45,50 m. Podrumska etaža je predviđena kao garažni prostor, u kom će zaposleni u objektu moći da parkiraju svoje automobile. Spratna visina podrumske etaže iznosi 4,10m dok je ona kod ostalih etaža jednaka 4,00m. U prizemlju se nalazi veliki prijemni hol, kao i kuhinja i restoran, namenjeni za obedovanje zaposlenih u objektu.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Đorđe Lađinović, red. prof.

Na šestom i sedmom spratu objekta nalaze se ravne krovne terase namenjene za odmor zaposlenih. Vertikalna komunikacija je ostvarena preko dva stepeništa i lifta.

2.2. Konstruktivni sistem

Konstruktivni sistem objekta je skeletni ukruženi sistem, koji podrazumeva armiranobetonski skelet od stubova i greda koji je ojačan duktilnim zidovima koji se pružaju u dva pravca. Ovakav konstruktivni sistem značajno smanjuje horizontalnu pomerljivost konstrukcije bez većeg povećanja težine same konstrukcije.

Stubovi u objektu su predviđeni promenljivog poprečnog preseka po visini, vodeći računa o intenzitetu opterećenja koje oni nose, pa su ivični stubovi u odnosu na unutrašnje stubove manjeg poprečnog preseka.

Dispozicija zidova za ukrućenje – duktilnih zidova (slika 1), određena je vodeći računa o kontroli horizontalnih pomeranja, pa su duktilni zidovi locirani oko stepenišnih jezgara i po obodu objekta.

Gredni nosači su dimenzija 45/65 cm u prve dve etaže dok su na ostalim etažama one dimenzija 40/65 cm. Visina greda je određena empirijski kao desetina raspona, kako bi bile armirane optimalnim procentom armiranja.

Međuspratne tavanice projektovane su kao kontinualne krstasto armirane ploče sa radom u oba pravca i linijski su oslonjene na grede. Raster stubova koji određuje raspon tavanica je jednak u oba pravca i iznosi 6,50 m.

Konstrukcija oba stepeništa je formirana od dve kose stepenišne ploče širine 1,95 m i debljine 20,00 cm sa međupodestom na sredini spratne visine, takođe debljine 20,00 cm.

Prilikom modeliranja kosih stepenišnih ploča, prekidač „ortotropija“ je postavljen na uključeno stanje, čime se ove ploče modeliraju da rade u jednom pravcu.

Temeljna konstrukcija objekta je projektovana kao puna ploča debljine 30,00 cm ojačana gredama u dva pravca dimenzija 60/100 cm. Donja ivica temeljne ploče je poravnata zbog efikasnijeg postavljanja hidroizolacije, a kasete između greda se popunjavaju peskom i na kraju se betonira ploča debljine 10 cm.

Celokupna konstrukcija objekta je izvedena u klasi betona C 30/37, a korišćen čelik za armiranje je kvaliteta B500C.

2.3. Analiza opterećenja

Stalno opterećenje konstrukcije se sastoji od sopstvene težine konstruktivnih elemenata i sopstvene težine nekonstruktivnih elemenata (dodatno stalno opterećenje). Sopstvena težina konstruktivnih elemenata se računa softverskim automatizmom dok se dodatno stalno određuje prema Evrokodu 1 - EN 1991-1-1:2002 i potom aplicira na model konstrukcije kao linijsko ili površinsko opterećenje.

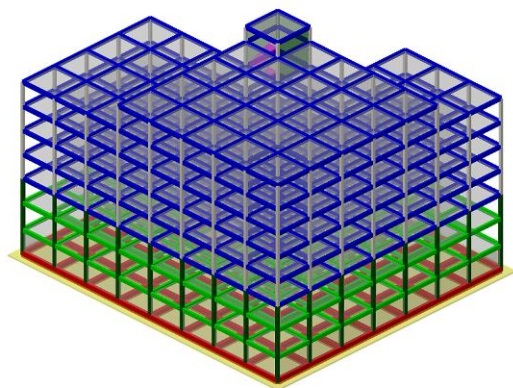
U zavisnosti od kategorije, odnosno namene određenog prostora, usvojeno je i korisno opterećenje konstrukcije, takođe prema standardu EN 1991-1-1:2002.

Opterećenje vetrom je dobijeno korišćenjem evropskog standarda EN 1991-1-1:2005. Na konstrukciju je naneseno kao površinsko pa zatim konvertovano u linijsko.

Seizmičko opterećenje je izračunato i aplicirano na objekat automatski, u okviru softvera Tower 7.0, prema odgovarajućem EN 1998-1-2004 standardu. Za izračunavanje seizmičkih sila primenjena je multimodalna spektralna analiza.

2.4. Statički i dinamički proračun

Model konstrukcije (slika 2) napravljen je u softverskom paketu Tower 7.0, a proračun je izvršen prema linearnoj teoriji prvog reda.



Slika 2. 3D model konstrukcije

Oslanjanje konstrukcije modelirano je kao serija elastičnih opruga, u saglasnosti sa Vinklerovim modelom tla. Prilikom modalne analize pretpostavljeno je da su međuspratne tavanice apsolutno krute u svojoj ravni i da su mase koncentrisane u nivoima tavanica.

Prilikom celokupnog proračuna konstrukcije korišćeni su konačni elementi dimenzija 0,30×0,30 m.

Za definisanje koeficijenata učešća masa za modalnu analizu, korišćene su odredbe pravilnika Evrokod 0 – EN 1991:2002, a u narednoj tabeli su prikazani periodi oscilovanja konstrukcije.

Tabela 1. Periodi oscilovanja konstrukcije

No	T [s]	f [Hz]
1	1,0616	0,9419
2	0,9539	1,0483
3	0,6919	1,4452
4	0,2121	4,7146
5	0,2030	4,9257
6	0,1587	6,3024
7	0,1470	6,8017
8	0,1229	8,1386
9	0,1225	8,1604
10	0,1174	8,5189

Po završetku modalne analize, mogu se definisati parametri za proračun seizmičkih sila, pri čemu je korišćena multimodalna spektralna analiza, koja spada u grupu linearno-elastičnih analiza. Kompletan proračun seizmičkih sila je urađen u okviru softvera, u saglasnosti sa pravilnikom EN 1998-1:2004 koji sadrži opšta pravila, seizmička dejstva i pravila za zgrade.

Kao klasa duktilnosti objekta izabrana je srednja klasa duktilnosti – DCM i prilikom proračuna je dobijena vrednost faktora ponašanja $q = 3,9$.

Za kategoriju tla na kom je objekat fundiran uzeta je kategorija C, kategorija značaja objekta je II a za odnos ubrzanja je zadata vrednost $a_g/g = 0,3$.

2.5. Proračunske kontrole

Prema pravilniku EN 1998-1:2004, obavezno je izvršiti kontrolu normalnih napona u primarnim seizmičkim elementima (grede, stubovi i duktilni zidovi). Za razliku od domaćih PBAB 87 propisa, u Evrokodu se umesto termina „napon u stubu“ koristi termin „normalizovana aksijalna sila u stubu“, koji predstavlja bezdimenzionalnu relativizovanu vrednost.

Kontrola normalizovane aksijalne sile u primarnim seizmičkim elementima se sprovodi za anvelopu kombinacija opterećenja koja je nazvana „seizmička proračunska situacija“, u kojoj su sadržane sve kombinacije relevantne za analiziranje duktilnosti primarnih seizmičkih elemenata.

Izvršena je i kontrola napona u tlu, za anvelopu eksploatacionih seizmičkih, odnosno neseizmičkih kombinacija opterećenja. Za anvelopu seizmičkih kombinacija je dozvoljeni napon u tlu veći za 20%.

Kontrola relativnih spratnih pomeranja je sprovedena za uticaje iz eksploatacionih kombinacija opterećenja, sa vrednostima parcijalnih koeficijenata 1,0.

2.6. Dimenzionisanje elemenata

Dimenzionisanje elemenata konstrukcije je izvršeno prema graničnom stanju nosivosti, prema kompletnoj šemi opterećenja u okviru softverskog paketa. Prilikom kombinovanja opterećenja korišćeni su odgovarajući parcijalni koeficijenti uz slučajeve opterećenja, a vođeno je i računa o obaveznom kombinovanju/nekombinovanju određenih slučajeva opterećenja.

Zaštitni sloj betona do armature je usvojen na osnovu definisanih klasa izloženosti prema Evrokod pravilniku, pri čemu je za sve elemente usvojena klasa izloženosti XC, dok se stepen izloženosti razlikuje od elementa do elementa. Za pojedine vrste elemenata debljina zaštitnog sloja iznosi:

- 1215

3.4. Proračun prema graničnim stanjima prslina

U armiranobetonskim elementima, u toku gradnje i u toku eksploatacije, kao posledica veoma različitih uzroka, javljaju se prslina. Osnovni uzrok pojavi prslina je vrlo niska čvrstoća betona na zatezanje. Oblik, širina, dužina i dubina prslina, njihov položaj, pravac prostiranja, međusobno rastojanje i ukupan broj, kao i trenutak pojave prslina i njihove promene u toku vremena, veoma su različiti i zavise od čitavog niza faktora, pa je analiza stanja prslina je veoma kompleksan problem.

Prema nacionalnom standardu, karakteristična širina prslina $a_k(t)$ se definiše kako vrednost koja je za 70% veća od vrednosti srednje širine prslina $a_s(t)$. Srednja širina prslina se određuje za idealizovano stanje prslina (jednake, ravnomerno raspoređene, upravne na osu elementa...).

U Evrokodu, karakteristična širina prslina w_{max} se računa na malo drugačiji način, kao proizvod maksimalnog rastojanja prslina $s_{r,max}$ i razlike dilatacija armature i betona između prslina. Srednje rastojanje prslina (maksimalno rastojanje prslina u Evrokodu) zavisi od efektivne površine zategnutog betona $A_{bz,ef}$ na koju se naponi zatezanja u betonu između susednih prslina stvarno mogu preneti. Ova vrednost zavisi od procenta armiranja zategnutom armaturom i od njenog rasporeda u poprečnom preseku.

3.5. Proračun prema graničnim stanjima deformacije

Prilikom proračuna armiranobetonske konstrukcije prema graničnim stanjima deformacija, neophodno je dokazati, da stanje deformacija svih elemenata i konstrukcije u celini, usled najnepovoljnije kombinacije dejstva u toku eksploatacije, ispunjava odgovarajuće kriterijume funkcionalnosti.

Granična stanja deformacija armiranobetonskog elementa, izloženog složenom savijanju, praktično se svode na granično stanje ugiba. Prema tom postupku, ugib $v(t)$ određuje se integracijom po dužini elementa i proizvoda srednje krivine κ_s i fiktivnog momenta savijanja M , usled jedinične sile, koja po položaju, pravcu i smeru odgovara traženom ugibu. Osim toga, za praktičnu primenu vrlo je pogodna bilinearna metoda, čija je suština da je ugib $v(t)$ bilinearna funkcija momenta savijanja M , odnosno da je na neisprskalom delu on linearna funkcija momenta, a nelinearna na isprskalom delu elementa. Prema tome, stanje prslina u elementu bitno utiče na stanje deformacije u njemu.

4. ZAKLJUČAK

U tabeli 2. vidimo uporedni prikaz dobijenih rezultata proračuna. Razlike u konačnim vrednostima širine prslina su male ali ipak postoje zbog drugačijeg načina računanja karakteristične širine prslina, a potom i efektivne površine zategnutog betona, za čiju se vrednost primećuju veća odstupanja između propisa. Takođe, granična širina prslina se za sličnu agresivnost sredine razlikuje, gde vidimo da su nacionalni standardi strožiji. Razlike u propisima leže i u načinu kombinovanja opterećenja za proveru graničnih stanja upotrebljivosti. Iako se vrednost ugiba neznatno razlikuje zbog gotovo istog načina njegovog proračuna, granična vrednost ugiba je manja u nacionalnom standardu, čime se može zaključiti da je nacionalni standard generalno strožiji od Evrokoda po pitanju zadovoljenja graničnih stanja upotrebljivosti.

Tabela 2. Uporedni prikaz rezultata proračuna

Karakteristične veličine	PBAB 87	EC 2
Efektivna površina zategnutog betona [cm ²]	756	540
Karakteristična širina prslina t_0 [mm]	0,135	0,124
Karakteristična širina prslina t_x [mm]	0,153	0,139
Granična širina prslina [mm]	0,2	0,3
Ugib [mm]	8,66	8,67
Dopušteni ugib [mm]	21,67	26

5. LITERATURA

- [1] Grupa autora, „Beton i armirani beton – Tom 1“, Univerzitetska štampa: Beograd, 2000.
- [2] Grupa autora, „Beton i armirani beton – Tom 2“, Univerzitetska štampa: Beograd, 2000.
- [3] Pakvor Aleksandar, Perišić Života, Aćić Mirko, „Evrokod 0: EN 1990:2002. Osnove proračuna konstrukcija“ Prevod sa engleskog jezika: dr Aleksandar Pakvor. Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu: Beograd, 2006.
- [4] Najdanović Dušan, „Evrokod 1: EN 1991-1-1:2002. Dejstva na konstrukcije; deo 1-1: Zapremine težine, sopstvena težina, korisna opterećenja za zgrade“ Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu: Beograd, 2009.
- [5] Najdanović Dušan, „Evrokod : EN 1991-1-3:2003. Dejstva na konstrukcije; deo 1-3: Dejstva snega“ Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu: Beograd, 2009.
- [6] Marković Zlatko, „Evrokod : EN 1991-1-4:2005: Dejstva na konstrukcije; deo 1-4: Dejstva vetra“. Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu: Beograd, 2009.
- [7] Ladinović Đorđe, „Evrokod 8: EN 1998-1: 2004. Proračun seizmički otpornih konstrukcija. Deo 1: Opšta pravila, seizmička dejstva i pravila za zgrade“. Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu: Beograd, 2009.
- [8] Brujić Zoran, „Betonske konstrukcije – PBAB 87“ (skripta). Fakultet tehničkih nauka: Novi Sad.
- [9] Brujić Zoran, „Betonske konstrukcije prema Evrokodu“ (skripta). Fakultet tehničkih nauka: Novi Sad.
- [10] Grupa autora, „Design recommendations for multi-storey and underground car parks“. The Institution of Structural Engineers: United Kingdom, 2002.
- [11] „Tower 7.0 Build 7631“ – Uputstvo za rad sa programom
- [12] „ArmCAD 6.0 Build 6103“ – Uputstvo za rad sa programom

Kratka biografija:



Uroš Vukobrat rođen je u Novom Sadu 1992. godine. Osnovne akademske studije upisuje 2011. godine a diplomski rad iz predmeta Betonske konstrukcije brani u oktobru 2016. godine i upisuje master studije – smer konstrukcije. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Seizmička analiza konstrukcija odbranio je u oktobru 2017. godine.

PROCENA STANJA I ENERGETSKA SANACIJA JEDNE LAMELE STAMBENE ZGRADE U ULICI ŽARKA VASILJEVIĆA U NOVOM SADU**ASSESSMENT AND ENERGY RENEWAL OF THE RESIDENTIAL BUILDING BLADE IN ŽARKA VASILJEVIĆA STREET IN NOVI SAD**

Sofija Kekez, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – Ovaj rad se bavi procenom stanja i energetske sanacijom zgrade u ulici Žarka Vasiljevića u Novom Sadu. Urađen je proračun energetske efikasnosti i utvrđen energetski razred objekta. Na osnovu izvršenih analiza, dat je predlog sanacionih mera radi poboljšanja kriterijuma funkcionalnosti i trajnosti i mera energetske sanacije. Ponovljen je proračun energetske efikasnosti i dokazano je da je nakon sanacije povećan energetski razred objekta.

Abstract – This paper shows assessment and energy renewal of a residential building in Žarka Vasiljevića street in Novi Sad. Energy efficiency calculation was made and energy class was determined. Based on the analysis executed, suggested repair and renewal for improvement of functionality and durability criteria was given. The calculation of energy efficiency was repeated as a proof that energy class was improved after the renewal.

Ključne reči – defekti i oštećenja, procena stanja, energetska sanacija, zeleni krovovi

1. UVOD

Rad se sastoji iz teorijskog i stručnog dela. Teorijski deo se bavi energetske efikasnošću objekata u zgradarstvu i zakonodavstvu, energetske sanacijom u smislu sistema za poboljšanje termičkih svojstava elemenata konstrukcije i sistemima zelenih krovova.

Prikazani su osnovni sistemi zelenih krovova kao i njihove karakteristike kao što su delovi sistema, debljine, težine, vrste biljaka koje se koriste u svakom od navedenih sistema, itd.

Posebna pažnja je posvećena ekstenzivnom sistemu zelenih krovova koji je kasnije korišćen kao element energetske sanacije objekta. Upoređeni su tradicionalni ravni krovovi sa zelenim krovovima u smislu apsorpcije solarne i ultraljubičaste radijacije, povećanja temperature, izolacije konstrukcije, odlivanja atmosferske vode i apsorpcije buke u urbanim zonama. Stručni deo rada obuhvatio je vizuelni pregled i procenu stanja konstrukcije, kao i detaljan proračun energetske efikasnosti objekta pre i posle energetske sanacije transparentnih i netransparentnih termičkih sklopova.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila Mirjana Malešev, red.prof.

2. ENERGETSKA EFIKASNOST

Energetska efikasnost predstavlja upotrebu manje količine energije (energenata) za obavljanje iste funkcije – grejanje i hlađenje prostora, rasvetu, ventilaciju, proizvodnju, itd. Ne predstavlja štednju energije, već efikasnu upotrebu energije u uslovima koji ne narušavaju komfor rada i življenja. Poboljšana efikasnost upotrebe energije ima za cilj smanjenje potrošnje energije za istu količinu usluga.

2.1. Energetska efikasnost u zgradarstvu

Sektor zgradarstva ima ogroman potencijal za uštedu energije i identifikovan je kao jedan od najvažnijih u oblasti unapređenja energetske efikasnosti u Srbiji. Prema zvaničnoj statistici, zgrade u Srbiji potroše oko 40 procenata ukupne finalne energije, pri čemu 75 % čine zgrade namenjene za stanovanje. Sve nove zgrade, kao i one koje se rekonstruišu, saniraju ili energetski saniraju, moraju prema Zakonu o izgradnji da imaju energetski pasoš u kome se nalaze svi podaci o energetske svojstvima zgrade.

2.2. Energetska efikasnost u zakonodavstvu

Sektor za energetske efikasnost i obnovljive izvore energije u okviru Ministarstva rudarstva i energetike je ustanova zadužena za energetske efikasnost na teritoriji Republike Srbije. Dokumenta koja uređuju energetske efikasnost su Zakon o energetici („Službeni glasnik RS“, br.145/14) i Zakon o efikasnom korišćenju energije („Službeni glasnik RS“, br.25/13), kao i brojne uredbe i pravilnici. Oni prepoznaju i definišu problem energetske efikasnosti, propisuju obaveze koje, između ostalih, imaju vlasnici, investitori, prodavci i zakupodavci objekata.

2.3. Energetska sanacija stambenih objekata

Prema Pravilniku o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetske svojstvima zgrada („Sl. glasnik RS“, br. 61/2011), energetski razred mora biti poboljšan za najmanje jedan razred. Energetska sanacija podrazumeva poboljšanje energetske razreda stambenog objekta upotrebom materijala koji poboljšavaju toplotna svojstva elemenata konstrukcije i time doprinose generalnom smanjenju potrebne energije za procese grejanja, hlađenja i ventilacije.

2.4. ETIC sistemi

ETICS (External Thermal Insulation Composite System) su termoizolacioni fasadni sistemi koji se baziraju na polimernim i mineralnim materijalima. Odlikuju se jednostavnom ugradnjom, a pogodni su kako za nove objekte tako i za toplotne sanacije postojećih. ETIC sistem može obezbediti veći otpor prolazu toplote kroz zid i sprečiti kondenzaciju. Pored osnovne termoizolacione uloge, pružaju i dodatnu zvučnu izolaciju.

2.5. Zeleni krovovi

Zeleni krov je krov stambene ili nestambene zgrade koji je delimično ili potpuno pokriven vegetacijom posađenom preko vodootporne membrane. Ima nekoliko funkcija od kojih su u smislu održivosti, najvažnije:

- apsorbovanje atmosferske vode,
- izolacija konstrukcije,
- smanjivanje temperature vazduha u urbanim sredinama,
- smanjenje efekta urbanog ostrva toplote.

Pored toga što zadržavaju atmosfersku vodu čime se ublažavaju efekti nepropusnog površinskog oticanja, biljni materijal štiti krovnu membranu od solarne izloženosti i ultraljubičaste radijacije koja oštećuje bitumenožnu membranu. Takođe su smanjene oscilacije dnevnih temperatura što umanjuje napone u materijalu i konstrukciji.

U radu su u svrhu energetske sanacije upotrebljeni ekstenzivni zeleni krovovi kao što je i krov prikazan na slici 1, koji imaju relativno malu debljinu i težinu i predstavljaju sisteme koji su jednostavniji za postavljanje i održavanje (Slika 1).

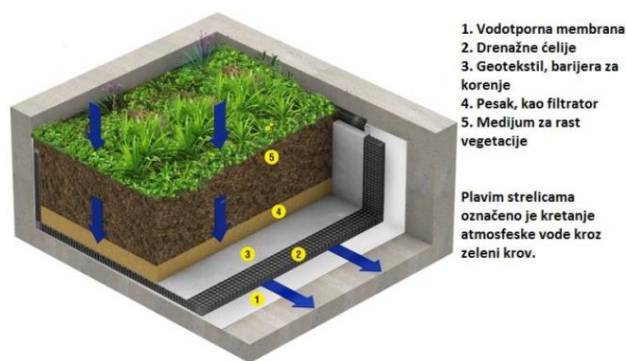


Slika 1. Prohodni zeleni krov

Vegetacija ekstenzivnih zelenih krovova je niska i podrazumeva sedum, mahovine, začinske i lekovite biljke i nisku travu. Za supstrat se obično koristi mešavina na bazi mineralnih materija: pesak, šljunak, lomljena opeka, organske materije, treset i malo zemlje. Debljina ovog sistema je manja od 15 cm, pa se i težina smanjuje na 50-150 kg po m² krova. Ekstenzivni zeleni krovovi su neprohodni ili imaju ograničenu prohodnost, što zavisi od nagiba krova i postavljenog sistema. Za ovaj sistem je dopušten nagib krova i do 45 stepeni u odnosu na horizontalu. Održavanje se svodi na godišnji pregled i dubrenje, a sistem za navodnjavanje nije potreban ukoliko nema dužih perioda suše. Sistem zelenog krova, bilo da je intenzivni ili ekstenzivni, ima četiri neophodne komponente:

- protivkorensku membranu,
- drenažni sloj i geotekstil sa filterom,
- supstrat ili podloge za uzgoj biljaka,
- vegetacioni sloj.

Na slici 2 je prikazan jedan od sistema ekstenzivnog zelenog krova. Druge komponente mogu da se dodaju u zavisnosti od tipa i lokacije krova ili specifičnih zahteva proizvođača. Dodatni slojevi obuhvataju sisteme za zadržavanje vode, kao i sisteme za navodnjavanje i sidrenje (neophodno je za više biljke).



Slika 2. Sistem ekstenzivnog zelenog krova

2.6. Ravni i zeleni krovovi

Mnoga istraživanja su sprovedena na temu poređenja tradicionalnih konstrukcija ravnih krovova i krovova pokrivenih biljnim materijalom – zelenih krovova. Utvrđeno je da su zeleni krovovi iz nekoliko razloga veoma poželjni sistemi za pokrivanje u urbanim zonama. Ravni krovovi predstavljaju čvrste nepropusne površine. To znači nemogućnost upijanja atmosferske vode, pročišćavanja vazduha i ublažavanja buke, zatim veliki procenat upijanja solarne radijacije a time i generalno postepeno povećanje temperature urbane zone – nastanak urbanog ostrva toplote. Biljni materijal na zelenim krovovima vrši evapotranspiraciju. Preko korenja upija vodu i pretvara je u gas koji kasnije izbacuje kroz pore zelenog dela. Okolna temperatura se smanjuje jer biljka koristi toplotu iz vazduha za evaporaciju vode koju upija. Manje temperature zelenih krovova rezultuju smanjenom emisijom toplote u vazduh iznad krovova čime se temperatura urbane zone smanjuje u odnosu na zone sa tradicionalnim ravnim krovovima. Odvođenje atmosferskih voda kod konstrukcija ravnih krovova mora biti obezbeđeno putem sistema kanala za odvođenje. Zeleni krovovi imaju sposobnost zadržavanja atmosferske vode sve dok ne dođe do zasićenja sistema vodom nakon čega počinje odliv. Dodatno vreme za odvodnju omogućava ujednačeniji protok i obezbeđuje kanalizacioni sistem od mogućeg plavljenja. Utvrđeno je da se odvodnja atmosferske vode na zelenom krovu odlaže za 95 minuta do 4 časa u zavisnosti od vrste i nagiba u odnosu na ravan krov gde je odvodnja trenutna. Dodatno, nakon što počne, odvodnja je znatno sporija nego kod ravnih krovova upravo zbog prisustva biljne komponente. Istraživanje sprovedeno 2005. godine (Liu, Conelly) je pokazalo da dnevna temperaturna razlika u slučaju ravnog krova može dostići vrednost od 50 stepeni Celzijusa, dok je u slučaju zelenog krova u istim uslovima, razlika samo 3 stepena Celzijusa. S obzirom na to da temperaturna razlika čak i u dužem vremenskom periodu dovodi do nastanka relativno velikih vrednosti napona u konstrukciji, logično je da će manja temperaturna razlika produžiti životni vek konstrukcije.

Slika 3 pokazuje razliku u temperaturi na zelenom i tradicionalnom ravnom krovu. Pored produženja veka konstrukcije, zeleni krovovi obezbeđuju senku i izolaciju što rezultuje uštedom energije i ublažavanjem efekta urbanog ostrva toplote. Dubina upotrebljenog sistema (ekstenzivni/intenzivni), senka i transpiracija omogućavaju redukciju dobitaka solarne energije i za 90% u odnosu na neosencene zgrade sa ravnim krovovima.



Slika 3. Upoređene temperature na krovu Gradske kuće Čikaga tokom dana sa prosečnom temperaturom

Na kraju, čvrste nepropusne površine su podložnije reflektovanju zvuka, dok površina zelenog krova uspešno apsorbuje zvučne talase. Istraživanja su pokazala da i sam sloj supstrata debljine 12 cm može da poništi buku i za 40 dB. Kao što je poznato, dopušten nivo buke u naseljenim zonama je 60 dB, tako da postojanje zelenog krova nasuprot tradicionalnom ravnom krovu može da ima veliki uticaj na ovaj problem.

3. PROCENA STANJA

Procena stanja posmatrane lamele višespratnog objekta je izvršena u smislu merenja dimenzija objekta i upoređivanja dobijenih podataka sa podacima iz projektne dokumentacije za izvođenje, kao i registrovanja i popisa uočenih defekata i oštećenja konstrukcije. Prilikom procene stanja analizirana je kompletna fasada, hodnici po spratovima i prohodni krov zgrade. Pristup unutrašnjosti stanova nije bio omogućen, a informacije su dobijene kroz razgovor sa stanarima zgrade. Utvrđeno je da postojeće stanje konstrukcije geometrijski odstupa od projektovanog, a uočena odstupanja se odnose na konstruktivne i nekonstruktivne elemente zgrade. Pretpostavlja se da su geometrijske karakteristike konstruktivnih elemenata izmenjene u toku izgradnje objekta, a da je do određenih promena nekonstruktivnih elemenata došlo u toku eksploatacije na zahtev stanara objekta.

3.1. Vizuelni pregled objekta

Vizuelni pregled predstavlja fazu procene stanja konstrukcije u kojoj je potrebno uočiti i registrovati sve defekte i oštećenja posmatrane konstrukcije. Tokom vizuelnog pregleda posmatrane lamele stambene zgrade, uočeni su razni defekti i oštećenja na konstruktivnim i nekonstruktivnim elementima. Prvenstveno su posmatrane fasade u osi A, zatim u osama 17 i 18, prilazna rampa i na kraju fasada u osi B. Nakon pregleda spoljašnjih elemenata objekta, pristupljeno je unutrašnjosti objekta.

Pregledani su hodnici između stanova redom po spratovima od prizemlja do hodnika koji vodi na nivo prohodnog krova. Zatim su pregledani prohodni krov i pokrovnna ploča. Pristup i vizuelni pregled unutrašnjosti stambenih jedinica nije moguć, uključujući i podrum, kao i dograđene prostorije na krovu zgrade.

Tokom vizuelnog pregleda, uočeni su defekti u vidu prekida kontinuiteta elemenata, betonskih gnezda i neadekvatnih detalja armiranja, kao i oštećenja u vidu mrlja od rđe, biološke korozije, prodora vlage koji je izazvao koroziju armature, ljuštenja maltera, spiranja krečnjaka, zatim odvajanja betona usled ciklusa zamrzavanja i odmrzavanja, degradacije zidanih elemenata usled sprečenog pomeranja i mehaničkih oštećenja.

3.2. Zaključak o stanju konstrukcije

Analizom rezultata vizuelnog pregleda ustanovljeno je da je većina oštećenja lokalnog karaktera, osim kontinualne prsline koja se pruža uz dilataciju lamele objekta. Ostala oštećenja se nalaze u površinskim slojevima – završnoj boji, malteru i veštačkom kamenu.

Trajnost konstrukcije zgrade nije smanjena, ali je smanjena trajnost završnih slojeva, naročito na fasadnim površinama elemenata konstrukcije. Nosivost i stabilnost konstrukcije zgrade nisu smanjene ni lokalno ni globalno jer nisu uočena konstrukcijska oštećenja, izvijanje ili prekomerne deformacije. Funkcionalnost konstrukcije je lokalno ugrožena zbog prodora vlage na raznim mestima, a pogotovo na krovu.

3.3. Predlog sanacionih mera

S obzirom na to da je kod predmetne konstrukcije smanjena trajnost i funkcionalnost, sanacione mere koje treba preduzeti se odnose na poboljšanje konstrukcije u smislu ovih kriterijuma. Oštećenja su pretežno nekonstruktivna, na elementima fasade kao što su zidovi, stubovi i gredice na terasama. Konstrukcijsko oštećenje je uočeno jedino na elementu prilazne rampe.

Sanacija elemenata koji ne čine termički omotač posmatrane lamele stambene zgrade je izvršena u svrhu poboljšanja kriterijuma funkcionalnosti i trajnosti. Vertikalni elementi na krovu (zidovi nadograđenih stanova, dimnjak) i greda koja spaja dimnjak i nadograđeni deo etaže imaju blagi stepen oštećenja. Zato sanacija ovih elemenata podrazumeva uklanjanje površinskog sloja i malterisanje odgovarajućim malterom. Gredice L-profila na terasama stanova imaju manja ili veća oštećenja, pa ih treba sanirati u skladu sa stepenom oštećenja. Radovi na njihovoj sanaciji podrazumevaju, za blaži oblik oštećenja samo čišćenje, za ozbiljnija oštećenja uklanjanje oštećenog površinskog sloja i ponovno malterisanje ili za najveća oštećenja reprofilaciju i malterisanje. Stubove u osi 18 je potrebno sanirati tako što će se ukloniti oštećena obloga i ako je potrebno reprofilisati poprečni presek stubova.

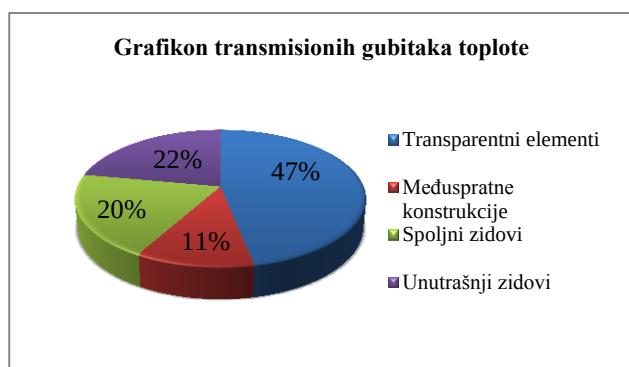
4. PRORAČUN ENERGETSKE EFIKASNOSTI

4.1. Građevinska fizika

Pri proračunu energetske efikasnosti urađen je kompletan proračun toplotne provodljivosti građevinskih elemenata koji čine termički omotač zgrade, proračun difuzije vodene pare, proračun gubitaka i dobitaka toplote, te proračun godišnje potrebne finalne energije za grejanje. Dobijeni rezultati su pokazali da višespratna zgrada pripada energetskom razredu G i da ne zadovoljava energetske zahteve za postojeće objekte prema Pravilniku o energetske efikasnosti zgrada.

4.2. Mere za unapređenje energetske efikasnosti

Unapređenje energetske efikasnosti višespratne zgrade koja je posmatrana u ovom radu treba da se izvrši putem poboljšanja karakteristika sklopova koji čine toplotni omotač zgrade. Najveća ušteda energije se može postići zamenom transparentnih elemenata, a zatim i poboljšanjem sklopova na pozicijama spoljnih zidova i međuspratnih konstrukcija (Grafikon 1).



Grafikon 1. Procentualni prikaz transimisionih gubitaka toplote

Energetska sanacija u ovom radu je obuhvatila zamenu transparentnih elemenata termičkog omotača zgrade (prozori i balkonska vrata), spoljne zidove koji nisu zadovoljili uslov toplotne provodljivosti i sve međuspratne konstrukcije koje su deo toplotnog omotača zgrade, s obzirom na to da ovi elementi značajno procentualno utiču na energetske karakteristike objekta kao što je prikazano na grafikonu 1. I bez energetske sanacije vertikalnih elemenata koji predstavljaju granicu sa negrejanim prostorom, energetske karakteristike lamele višespratne stambene zgrade su znatno poboljšane.

5. ZAKLJUČAK

Energetski razred je unapređen za dva, tako da je posle sanacije elemenata zgrade utvrđen energetski razred E, što znači da je ispunjen uslov dat u Pravilniku o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetskim svojstvima zgrada ("Sl. glasnik RS", br. 61/2011).

Tabela 1 prikazuje energetski razred posmatranog objekta pre i posle izvršene energetske sanacije. Dalja energetska sanacija objekta bi podrazumevala zamenu svih vrata i poboljšanje toplotnih karakteristika unutrašnjih zidova na granici grejanog i negrejanog prostora i dilatacionih zidova. Najveće moguće poboljšanje bi pored navedenog uključilo i pojedinačan toplotni proračun i energetske sanacije sklopova koji dele stanove, za svaki stan pojedinačno.

Tabela 1. Prikaz potrebne energije za grejanje objekta i energetski razred pre i posle energetske sanacije

	GP [kWh/a]	SGPE [kWh/m ² a]	RGPE [%]	R
p	181987,98	219,515	313,59	G
s	112001,42	135,03	192,9	E

6. LITERATURA

- [1] Zakon o efikasnom korišćenju energije („Sl. glasnik RS“, br.25/2013)
- [2] Zakon o energetici („Sl. glasnik RS“, br.145/2014)
- [3] Pravilnik o energetske efikasnosti zgrada („Sl. glasnik RS“, br.61/2011)
- [4] SRPS ISO 6946:2005
- [5] SRPS U.J5.520
- [6] SRPS U.J5.530
- [7] K.L.Getter, D.B.Rowe, "The role of extensive green roofs in sustainable development", HortScience 41(5):1276-1285, 2006
- [8] Climate Protection Partnership Division, "Reducing urban heat islands: Compendium of strategies", EPAOAP, 2008
- [9] www.bre.co.uk
- [10] www.igra-world.com
- [11] www.energetskiportal.rs
- [12] www.green-urbanscape.com
- [13] www.descon.co.rs
- [14] www.knaufinsulation.rs
- [15] www.ytong.rs
- [16] www.baumit.com

Kratka biografija:



Sofija Kekez rođena je 1991. godine u Kikindi. Osnovne akademske studije je završila 2015. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Master rad je odbranila na istom fakultetu pod mentorstvom prof. dr Mirjane Malešev 2017. godine.

**ПРОЦЕНА СТАЊА, ДОГРАДЊА И ЕНЕРГЕТСКА САНАЦИЈА ГЛАВНЕ ЗГРАДЕ
ОСНОВНЕ ШКОЛЕ „ИВАН ГУНДУЛИЋ“ У НОВОМ САДУ****ASSESSMENT, UPGRADING AND ENERGY REHABILITATION OF THE BUILDING
OF ELEMENTARY SCHOOL "IVAN GUNDULIĆ" IN NOVI SAD**

Милош Радисављевић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО

Кратак садржај – У овом раду приказана је процена стања, доградња и ојачање АБ носеће конструкције школског објекта у Новом Саду, спратности Пр+2. Теоријски део рада се односи на енергетску ефикасност у зградарству. У стручном делу рада приказани су основни технички подаци о објекту. Затим је на основу детаљног прегледа зграде дата оцена стања са аспекта енергетске ефикасности, носивости, стабилности и трајности. После адекватне процене и описа постојећег стања конструкције, урађен је пројекат доградње једног спрата на постојећу конструкцију објекта. Формиран је нови просторни модел за постојеће и дограђено стање са новим додатним оптерећењем од дограђеног спрата. Сprovedена је статичка и динамичка анализа са провером напона у стубовима и померања врха конструкције услед хоризонталних дејстава. На крају рада предложене су мере за ојачање одређеног броја елемената носеће конструкције предментне зграде.

Abstract – This paper presents an assessment, upgrade and strengthening of RC structure of the primary school in Novi Sad, consisting of ground floor and two floors. The theoretical part of this paper refers to energy efficiency in buildings. In the professional part of paper basic technical data about this object are given. Further, an assessment is made based on detailed survey of the building in terms of energy efficiency, carrying capacity, stability and durability. After assessment and description of the existing state of the structure, a project of upgrading of one floor is made. After upgrading a new model of existing and upgraded state is made, with an additional load from upgraded floor. The static and dynamic analyses are made to check the stress in columns and movement of the top of the structure due to horizontal actions are calculated, also. At the end of this paper some measures for strengthening several elements of bearing structures of this building are suggested.

Кључне речи: процена стања, оштећења, грђевинска физика, губици топлоте, енергетска ефикасност, доградња, санација.

НАПОМЕНА:

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је била проф. др Мирјана Малешев.

1. УВОД

Рад је теоријско–истраживачког типа, са темом „Енергетска ефикасност у зградарству“, приказаном кроз процену стања, процену енергетске ефикасности, доградњу, санацију и енергетску санацију основне школе у Новом Саду.

2. СТРУЧНИ ДЕО**2.1. Технички опис**

Објекат за који се ради процена стања, а потом и доградња, а за који ће се касније дати и мере санације, представљен је на следећој слици (Слика 1).



Слика 1. Изглед школског објекта

Постојећи објекат је намењен основном образовању, спратности: приземље + два спрата, лоциран је у Новом Саду. Просторије у приземљу и на спратовима намењене су искључиво за боравак ученика и наставног особља. Спратна висина приземља и спратова је 3.4 m. Вертикална комуникација је остварена једнокраким степеништем. На згради је изведен раван кров са атиком. Атмосферска вода се са крова одводи преко челичних вертикала уграђених у зидове.

2.2. Конструктивни систем

Конструктивни систем зграде је комбинованог типа. У вертикалном правцу носећи елементи су армирано-бетонски стубови и зидани зидови од пуне опеке, дебљине 38 cm и 25 cm. Међусобни растер стубова се разликује у два управна правца. Стубови су "Т" попречног пресека димензија 25/38cm и 38/38 cm. Међуспратна таваница је пројектована као пуна АБ плоча ојачана ребрима дебљине 10cm, 12cm и 14cm носива у два правца и ослоњна на ободне греде и хоризонталне серклаже. Димензије греда су: 38/45cm,

30/45cm, 25/33cm, 25/39cm, 56/30cm и 38/33cm. димензије серклажа су 38/40cm и 25/40cm.

Степениште је двокрако са подестом на половини спратне висине. Плоча степенишног крака као и плоча подеста су дебљине 12cm. Објекат је фундиран на армирано бетонским темељним контрагредама и темељним тракама испод зиданих зидова. Сви темељи су димензионисани на допуштени напон у тлу од $\sigma_{\text{доп}}=120 \text{ kN/m}^2$. Фундирање је извршено на коти – 1.20m мерено од коте уређеног терена.

2.3. Детаљни визуелни преглед

Визуелни преглед је обављен са спољашње и унутрашње стране објекта и том приликом су сви уочени дефекти и оштећења фотографисани и лоцирани. Анализом прикупљених података је дефинисана врста као и разлог настанка сваког дефекта и оштећења понаособ, на основу чега је донет коначан закључак по питању стабилност, носивости, трајности и употребљивости конструкције. На сликама 3 и 4 дат је приказ најоштећенијих делова конструкције.



Слика 3. Једно од спољашњих оштећења



Слика 4. Једно од унутрашњих оштећења

С обзиром да се ради о релативно одржаном објекту, приликом прегледа елемената конструкције нису уочени значајни дефекти и оштећења. Најчешћа оштећења су настала услед дотрајалости инсталација водовода и канализације као и услед дотрајалости (процуривања) равног крова. Појава прелина, пукотина и већих оштећења која би озбиљно нарушила интегритет конструкције нису уочена. Прегледом пројектно техничке документације утврђено је да елементи конструкције нису контролисани на дејство хоризонталног оптерећења, тако да је неопходно спровести контролу сеизмичке отпорности објекта. Посматрајући конструкцију у целини, доноси се закључак да није угрожена носивост, трајност и употребљивост објекта.

2.4 Процена енергетске ефикасности постојећег стања

Процена енергетске ефикасности постојећег стања је спроведена за постојеће склопове термичког омотача у свему према Правилнику о енергетској ефикасности зграда ("Службени гласник РС" бр. 72/09, 81/09-исправка, 64/10-УС и 24/11). Према Правилнику прорачун енергетске ефикасности се спроводи из два дела. У првом делу прорачуна потребно је дефинисати колики отпор ће неки склоп пружити при проласку топлоте из топлијег у хладнији простор. Додатно, потребно је утврдити која количина водене паре ће, због промене температуре у ваздуху, прећи у течно стање. Поред прорачуна термичке отпорности потребно је извршити и контролу летње стабилности склопа чиме се може утврдити да ли је склоп довољно масиван да у летњем периоду пружи довољан отпор пробијању топлоте услед сунчевог зрачења у унутрашњост објекта. У другом делу прорачуна објекат се посматра као целина. Потребно је дефинисати његов положај у односу на околину, изложеност ветру, засенченост као и удео сваког од склопова на укупни термички омотач објекта. На основу тих података као и података добијених у првом делу прорачуна можемо одредити укупну термичку отпорност објекта класификовану у разреде. На фотографији 5 дат је приказ енергетских разреда за зграде намењене образовању и култури.

Зграде намењене образовању и култури		нове	постојеће
Енергетски разред	$Q_{\text{н,нр}}$ [%]	$Q_{\text{н,нр}}$ [kWh/(m²a)]	$Q_{\text{н,нр}}$ [kWh/(m²a)]
A+	≤ 15	≤ 10	≤ 12
A	≤ 25	≤ 17	≤ 20
B	≤ 50	≤ 33	≤ 38
C	≤ 100	≤ 65	≤ 75
D	≤ 150	≤ 98	≤ 113
E	≤ 200	≤ 130	≤ 150
F	≤ 250	≤ 163	≤ 188
G	> 250	> 163	> 188

Слика 5. Класификација објеката намењених образовању и култури

Прорачуном дефинисаним у претходном делу овог поглавља утврђено је да постојеће стање објекта одговара објектима Ф разреда.

3. НАДОГРАДЊА И СТАТИЧКИ ПРОРАЧУН НОВОПРОЈЕКТОВАНОГ СТАЊА

За потребе повећања капацитета школске установе „Иван Гундулић“ у Новом Саду предвиђена је доградња једног спрата на постојећу конструкцију објекта, тако да се добија нови објекат спратности: Пр+ЗС. Основа додатог спрата је пројектована тако да је по распореду конструкцијских елемената и просторија иста као и типски спрат. Кровна конструкција је изведена на сличан начин као претходна, задржан је пројектовани равна кров са атиком, али су уместо старих слојева равнотавнице постављени нови, напреднији слојеви којима се поред заштите од атмосферичких дејстава постижу задовољавајуће термичке карактеристике склопа као и мала тежина таванице. Као кровни покривач усвојена је Сика мембрана. Конструктивни систем дограђене етаже је скелетни, са задржаним распоредом стубова од армираног бетона димензија 25/25cm. Међуспратна таваница је „бела Ytong“ таваница“ дебљине $d=20\text{cm}$, ослоњена на греде. За

вертикалну комуникацију у овом делу зграде дограђено је постојеће степениште. Због промене спратности, масе и висине објекта неопходно је формирати нови модел конструкције и извршити проверу напона и уграђене арматуре у постојећим елементима конструкције као и проверу хоризонталног померања врха објекта услед хоризонталног сеизмичког дејства. Након формирања новог просторног модела, аплицирања оптерећења: сталног, додатног сталног, корисног, оптерећења као и оптерећење од ветра и снега спроведена је динамичка анализа тродимензионалног модела чиме су утврђени потребни подаци за дефинисање сеизмичког оптерећења. Након извршеног статичког прорачуна дошло се до закључка да су напони у свим стубовима у дозвољеним границама, примењена је недовољна површина постојеће арматуре у неким стубовима приземља. Што се тиче максималног померања врха зграде услед сеизмичког дејства, оно је у допуштеним границама према Правилнику о техничким нормативима за изградњу објеката високоградње у сеизмичким подручјима те да није потребно изводити зидове за укрупњење.

Претпоставља се да је током експлоатације у претходних 50 година дошло до консолидације тла испод објекта што за резултат има увећање напона у тлу за 10%. Додатно, прем члану 14. Правилника о техничким нормативима за изградњу објеката високоградње у сеизмичким подручјима потребно је допуштене напоне у тлу увећати за 1.5. Због незнатног учешћа сеизмичког дејства на укупне напоне у тлу а на основу члана 14. долази се до закључка да комбинације оптерећења које обухватају сеизмичко дејство не представљају меродавне комбинације те се као такве искључују из даље анализе напона у тлу. Спроведеном анализом напона у тлу утврђено је да неки од постојећих темеља прекорачују допуштене напоне. Коначно, након извршеног статичког прорачуна и анализе допуштених напона и потребне арматуре у свим елементима конструкције закључено је да се предвиде конкретне мере санације у виду ојачања одређеног броја стубова приземља у смислу повећања попречног пресека и додавања потребне количине арматуре као и ојачавање одређеног броја темеља у виду проширивања темелјних трака методом „подбетонирања“.

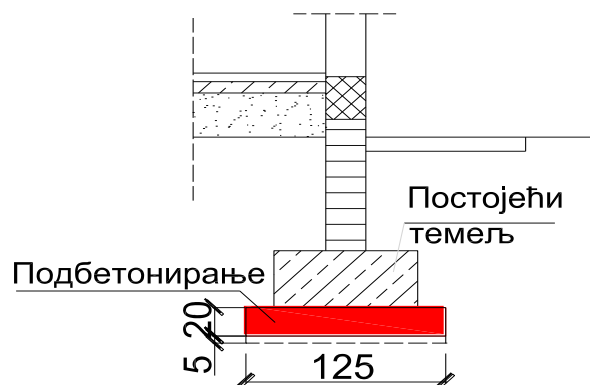
4. ОЈАЧАЊЕ ЕЛЕМЕНАТА ПОСТОЈЕЋЕ КОНСТРУКЦИЈЕ НЕДОВОЉНЕ НОСИВОСТИ И ПОВЕЗИВАЊЕ НОВОПРОЈЕКТОВАНЕ И ПОСТОЈЕЋЕ КОНСТРУКЦИЈЕ

Ојачавање темеља ће се извршити подбетонирањем, у кампадама, тако да се током радова не угрози носивост и стабилност објекта. Принцип подбетонирања је дефинисан кроз неколико фаза:

- У првој се изводи "широки" ископ дуж целог темеља. Ископ вршити ручним путем у довољној ширини која ће обезбедити несметани приступ темељу.
- Поткопавање кампаде са прескоком, чишћење, израда слоја од мршаваог бетона, постављање арматурне мреже са потребном оплатом.
- Подбетонирање кампаде. Подбетонирањем обезбедити простор за преклапање арматуре.

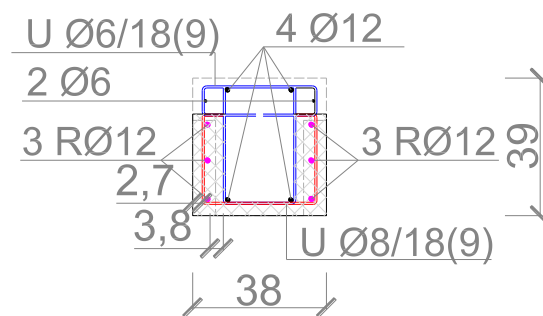
- Извођење осталих (прескочених) кампада
- Затрпавање "широког" ископа. Затрпавање вршити у слојевима од 15cm са набијањем.

На слици 6 је дат приказ подбетонираног темеља



Слика 6. Пример подбетонирања темеља

Ојачање стубова у приземљу обавиће се на следећи начин: прво је потребно штемовањем уклонити заштитни слој бетона до арматуре постојећег АБ стуба и пескарењем очистити површину арматуре и преосталог бетона. Пошто је обијен и заштитни слој арматуре греда и темеља може се приступити бушењу рупа за анкере. Укупна дужина једног анкера је једнака збиру дужине преклапања шипке стуба и дужине сидрења шипке анкера. Санација АБ стубова извршиће се ојачањем основног пресека новим бетонским „плаштом“ и уграђивање додатне арматуре одговарајућег пречника према потреби. Око стубова на којима је потребно извршити ојачање оформиће се АБ омотач одговарајуће дебљине и у њега ће се сместити додатна подужна арматура са узенгијама (Слика 7). Повезивање постојеће и нове арматуре у АБ „плашту“ оствариће се заваривањем.



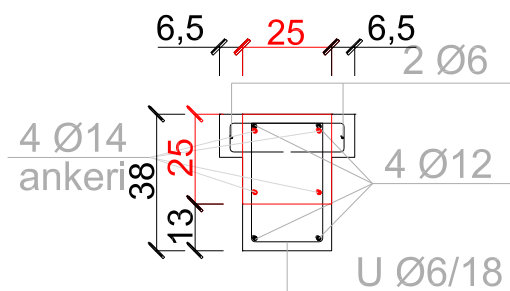
Слика 7. Пример ојачавања стуба

За новопројектовано стање надоградње потребно је извршити повезивање постојећег и новог дела конструкције. Принцип повезивања састоји се у уграђивању челичних анкера у претходно избушене рупе у постојећој армиранобетонској конструкцији. Код оваквог система анкеровања атхезија се остварује помоћу материјала за заливање или ињектирање на бази епоксида. Као анкери у овом случају ће се користити арматурне шипке ребрасте арматуре. Принцип анкеровања састоји се од следећих фаза:

- Дефинисање тачног положаја арматуре у постојећим АБ елементима конструкције,

- Бушење рупа пречника који је за 2mm већи од пречника арматуре и дубине која одговара дужини сидрења,
- Чишћење рупа одговарајућим четкама,
- Обеспрашивање помоћу компримованог ваздуха,
- Наливање – ињектирање масе у припремљене рупе ради остваривања прионљивости ,
- Уграђивање анкера,
- Постављање пројектоване арматуре елемената конструкције надоградње,
- Повезивање анкера и арматуре преклапањем,
- Бетонирање новог елемента конструкције у претходно припремљеној оплати

На слици 8 је дат положај новопроектованих анкера у односу на постојећу арматуру.



Слика 8. Положај рупа за анкерисање (СТУБ С1)

5. ТЕОРИЈСКО-ИСТРАЖИВАЧКИ ДЕО И ЕНЕРГЕТСКА САНАЦИЈА

У овом раду је кроз енергетску санацију је приказан теоријско истраживачки део који се базира на адекватном избору одговарајућег санационог материјала. Ово истраживање произилази из чињенице да се данас на тржишту може наћи велики број различитих термо-изолационих материјала. Поред термичких карактеристика, које су за енергетску санацију од суштинског значаја, неопходно је, у зависности од намене и типа објекта, разматрати и остале карактеристике изабраног материјала. У конкретном случају се ради о објекту основне школе у коме ће, пре свега, боравити деца из чега произилази да материјал мора да обезбеди следеће карактеристике:

- Материјал добијен од природних материјала,
- Трајност и постојаност кроз време,
- Негоривост,
- Адекватна звучна изолација,
- Паропропусност,
- Прихватљива цена,
- Широки спектар примене: зидови, подови, кров,
- Компатибилност са осталим материјалима.

Упоредивањем материјала дефинисано је да ове услове у највећој мери задовољавају термоизолације на бази минералне вуне као и термоизолација на бази Поли Изо Пене (ПИР). У раду је извршена конкретна анализа ова два материјала.

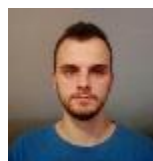
6. ЗАКЉУЧАК

Услед недостатка грађевинског земљишта и све веће потребе за објектима различите намене (друштвених установа, стамбених објеката, итд.) дошло је до потребе надограђивања и повећавања капацитета постојећих објеката. Да би извршила надоградњу и модернизација неког објекта неопходна је детаљна анализа и процена реалних могућности и опција на што ефикаснијој и потпунијој реализацији. У току овог процеса неопходно је препознати и придржавати се дефинисаних фаза које су представљене у овом раду као и материјала који се могу наћи на тржишту.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Збирка Југословенских правилника и стандарда за грађевинске конструкције
- [2] М. Малешев, В. Радоњанин: Скрипта са предавања Услови грађевинске физике, Инжењерска комора Србије, Београд
- [3] Група аутора: Правилник о енергетској ефикасности зграда, Службени гласник РС:061/2011
- [4] Група аутора, *Бетон и армирани бетон*, према БАБ87, књига 1, универзитетска штампа, Београд, 2000.
- [5] Група аутора, *Бетон и армирани бетон*, према БАБ87, књига 2, универзитетска штампа, Београд, 2000.
- [6] З. Брујић, материјал са предавања- *Бетонске конструкције*
- [7] М. Малешев, В. Радоњанин: материјал са предавања- *Праћење. Процена стања и одржавање грађевинских објеката*
- [8] М. Малешев, В. Радоњанин: материјал са предавања- *Материјали и технике санације и заштите грађевинских објеката*
- [9] Група аутора: *Грађевинска физика и материјали*, Београд, 2003.
- [10] Интернет адреса: <http://www.radimpex.co.yu>
Упутство за примену Tower 6, септембар 2008.
- [11] <http://srb.sika.com/>
- [12] www.ytong.com/
- [13] <http://www.kamenavuna.com>
- [14] <http://www.gradjevinarstvo.rs>
- [15] <http://www.aquapanel.com>
- [16] <http://www.rigips.rs>
- [17] <http://www.knauf.rs>

Кратка биографија:



Милош Радисављевић рођен је у Јагодини 1992. године. Мастер рад на Факултету техничких наука из области грађевинарства – модул конструкције – Процена стања и санације бетонских конструкција, одбранио је 2017. год.

**SNIŽAVANJE NIVOVA PODZEMNE VODE NA GRADILIŠTU
BUDUĆE FUDBALSKE AKADEMIJE U BAČKOJ TOPOLI****GROUND WATER LOWERING ON THE CONSTRUCTION SITE
OF THE PLANNED SOCCER ACADEMY IN BAČKA TOPOLA**

Nina Knežević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – Za potrebe snižavanja nivoa podzemne vode na parceli budućeg gradilišta Fudbalske akademije u Bačkoj Topoli analizirano je rešenje sa sistemom drenažnih bunara. Podzemnu vodu potrebno je spustiti na 1 m ispod površine terena kako bi se površinski slojevi tla drenirali, čime bi se omogućio pristup i vršenje radova na gradilištu teškim građevinskim mašinama. Stanje podzemne vode i efikasnost drenažnih bunara je modelisano i analizirano primenom numeričkog modela na bazi konačnih razlika.

Abstract – For the purpose of ground water reduction during construction works at the construction site of the planned Soccer Academy in Bačka Topola, solution of ground water control by drainage wells has been investigated. Decrease of ground water level at least 1 m below the terrain surface was required to drain surface layers of the soil, providing opportunity for heavy machinery to accomplish earthworks. Ground water flow and the efficiency of drainage wells has been modelled and analyzed by the means of a numerical model based on finite difference method

Ključne reči: Podzemne vode, bunari, numerika

1. UVOD

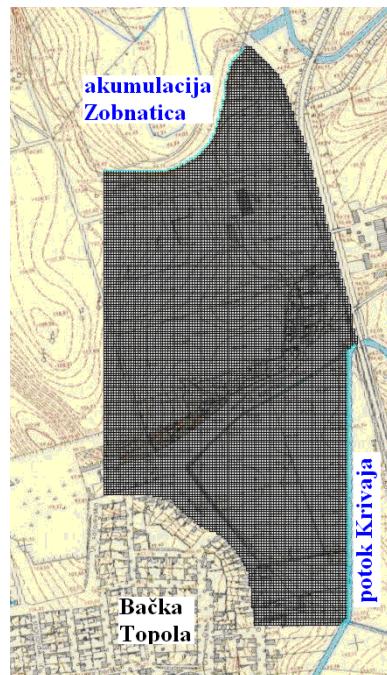
Parcela budućeg gradilišta Fudbalske akademije nalazi se na severnom obodu Bačke Topole. Sa severne i zapadne strane oivičena je ulicama Plitvičkom i Krivajskom, sa južne strane graniči se sa privatnim posedom, dok istočnu granicu građevinskoj parceli predstavlja potok Krivaja. U radu je modelisana šira oblast strujanja podzemne vode kako bi se stekao uvid u njeno zatečeno stanje i u uticaj drenažnih bunara na nivo podzemne vode. Pedološke i geološke karakteristike područja određene su na osnovu [1], [2].

U osnovi gledano modelisana oblast severno se prostire do akumulacionog jezera Zobnatica, dok sa istočne strane njenu granicu predstavlja potok Krivaja. Sa zapadne strane topografska razlika u terenu je značajna usled spuštavanja terena sa lesne terase na inundaciono područje Krivaje. Akumulacija visoke kote vodnog ogledala predstavlja izvor podzemne vode, a potok Krivaja svojom nižom kotom predstavlja prijemnik. Između ova dva vodna tela postavljena je veštačka granica sa linearnim spuštanjem pijezo kote od akumulacije ka potoku.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. Đula Fabian.

Za potrebe uspostavljanja ustaljenog, ravanskog modela u osnovi, preko posmatranog područja postavljena je kvadratna računska mreža u razmeri diktiranoj topografskom kartom. Raster računске mreže je 4×4m. Tako dobijena računska mreža prenesena je u EXCEL program radi formiranja numaričkog modela. Prvo su u granične računске tačke upisani granični uslovi, a u unutrašnje računске tačke odgovarajuća diskretizovana jednačina strujanja. Tako uspostavljenim modelom analizirano je prirodno stanje podzemnih voda, a potom uticaj drenažnih bunara na prirodno stanje.



Slika 1. Računska mreža preko topografske karte

2. NUMERIČKI MODELI

Pod modelom strujanja podzemne vode podrazumeva se sredstvo koje može da posluži za opis strujanja u nekom hidrogeološkom sistemu. Model služi za prognoziranje reakcije akvifera na prirodne i ljudskim aktivnostima izazvane promene, a u kasnijoj fazi – nakon tariranja – može da služi za upravljanje vodnim resursom. Cilj izučavanja je, da se utvrdi pijeziometarski nivo u proizvoljnoj tački akvifera, pored toga raspored brzina u strujnom polju.

U numeričkom modelisanju strujanja podzemne vode najčešće se koriste:

- metoda konačnih razlika,
- metoda konačnih elemenata i
- metoda graničnih elemenata.

Za rešavanje ovog zadatka (umesto alternativne mogućnosti primene nekog komercijalnog softverskog paketa) korišćen je postupak konačnih razlika u vidu sopstvene EXCEL aplikacije.

Koraci u rešavanju zadatka strujanja podzemne vode numeričkim postupkom su:

- utvrđivanje odgovarajuće diferencijalne jednačine strujanja,
- diskretizacija jednačine,
- postavljanje računске mreže u strujnoj oblasti od interesa,
- definisanje graničnih i početnih uslova,
- primena diskretizovanih jednačina na mrežu i
- rešavanje sistema algebarskih jednačina dobijenih primenom jednačine iz druge tačke, u čvorovima iz tačke tri, za zadate granične uslove po tački četiri.

2.1. Izbor odgovarajuće jednačine strujanja i njena diskretizacija

Polazi se od Businesskove¹ jednačine [3]:

$$e_p \frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\partial \left(K_1 H \frac{\partial H}{\partial x_1} \right)}{\partial x_1} + \frac{\partial \left(K_2 H \frac{\partial H}{\partial x_2} \right)}{\partial x_2} + W, \quad (1)$$

gde su x_1 i x_2 koordinate u osnovi, H je dubina vode, K_1 i K_2 su komponente koeficijenta filtracije, e_p je efektivna poroznost i W je prihranjivanje ili crpljenje iz kontrolne zapremine.

U izvornom obliku ona je diferencijalna jednačina neustaljenog, ravanskog strujanja – u ravni (x_1, x_2) – u freatskom akviferu. Izvedena je na osnovu bilansa podzemne voda u elementu filtracionog toka, pri sledećim pretpostavkama:

- strujanje je neustaljeno sa slobodnom vodom površinom, pri čemu zanemarena je vertikalna komponenta brzine (slučaj je ravanski u osnovi),
- porozna sredina je homogena i izotropna, šematizovana modelom kontinuuma,
- referentna ravan se poklapa sa horizontalnom, vodonepropusnom podinom.

Iz jednačine (1) dedukcijom se dolazi do odgovarajuće diferencijalne jednačine strujanja koja opisuje ovde rešavan slučaj.

Za ustaljeno strujanje otpada izvod po vremenu. U slučaju homogene, izotropne sredine jednačina može se uprostiti sa $K_1 = K_2 = K$. Ukoliko nema crpljenja iz kontrolne zapremine, $W=0$, pa se Businesskova jednačina svodi na:

$$\frac{\partial \left(H \frac{\partial H}{\partial x_1} \right)}{\partial x_1} + \frac{\partial \left(H \frac{\partial H}{\partial x_2} \right)}{\partial x_2} = 0, \quad (2)$$

što je u razvijenom obliku:

$$\left(\frac{\partial H}{\partial x_1} \right)^2 + H \frac{\partial^2 H}{\partial x_1^2} + \left(\frac{\partial H}{\partial x_2} \right)^2 + H \frac{\partial^2 H}{\partial x_2^2} = 0 \quad (3)$$

Jednačina strujanja (3) diskretizovana je postupkom konačnih razlika, tj. parcijalni izvodi se zamene konačnim priraštajima. Diskretizovan oblik jednačine strujanja je:

$$\left(\frac{H_{i+1,j} - H_{i-1,j}}{2\Delta x_1} \right)^2 + H_{i,j} \frac{H_{i+1,j} - 2H_{i,j} + H_{i-1,j}}{\Delta x_1^2} + \left(\frac{H_{i,j+1} - H_{i,j-1}}{2\Delta x_2} \right)^2 + H_{i,j} \frac{H_{i,j+1} - 2H_{i,j} + H_{i,j-1}}{\Delta x_2^2} = 0 \quad (4)$$

Za kvadratnu mrežu $\Delta x_1 = \Delta x_2 = \Delta x$, pa cela prethodna jednačina pomnožena sa Δx^2 daje:

$$H_{i+1,j}^2 - 2H_{i+1,j}H_{i-1,j} + H_{i-1,j}^2 + H_{i,j+1}^2 - 2H_{i,j+1}H_{i,j-1} + H_{i,j-1}^2 + 4H_{i,j}(H_{i+1,j} + H_{i-1,j} + H_{i,j+1} + H_{i,j-1}) - 16H_{i,j}^2 = 0 \quad (5)$$

Iz gornje jednačine u tački od interesa može se izraziti zavisna promenljiva $H_{i,j}$ u zavisnosti od vrednosti u okolnim računskim tačkama:

$$H_{i,j} = \sqrt{\frac{1}{16} \left[\begin{aligned} &H_{i+1,j}^2 - 2H_{i+1,j}H_{i-1,j} + H_{i-1,j}^2 \\ &+ H_{i,j+1}^2 - 2H_{i,j+1}H_{i,j-1} + H_{i,j-1}^2 \\ &+ 4H_{i,j}(H_{i+1,j} + H_{i-1,j} + H_{i,j+1} + H_{i,j-1}) \end{aligned} \right]} \quad (6)$$

Za svaku unutrašnju računsku tačku strujne oblasti piše se po jedna diskretizovana jednačina strujanja (6), čime se dobije sistem od onoliko algebarskih jednačina koliko ima nepoznatih $H_{i,j}$.

Ova jednačina može da se koristi isključivo kada je referentna ravan postavljena u ravan nepropusne podloge. Time se pijezometarski nivo izjednačava sa visinom protočnog preseka.

Iz tog razloga svi proračuni su rađeni u relativnom koordinatnom sistemu (x_1, x_2, H) sa referentnom ravni u ravni nepropusne podloge. Međutim - saglasno konvenciji u inženjerstvu - rezultati su prikazani u koordinatnom sistemu (x_1, x_2, z) , gde je z nadmorska visina.

Veza između koordinatnog sistema sa referentnom ravni u nepropusnoj podlozi i koordinatnog sistema sa referentnom ravni na koti Jadranskog mora data je sa:

$$z = z_{\text{NEPROPUSNE PODLOGE}} + H \quad (7)$$

U ovom zadatku nadmorska visina nepropusne podloge iznosila je $z_{\text{NEPROPUSNE_PODLOGE}} = 72.00 \text{ mm}$.

2.2. Pokrivanje modelisane oblasti računskom mrežom

Prvo je na topografskoj karti identifikovana šira oblast modelisanja i pokrivena je ekvidistantnom računskom mrežom identičnog rastera od $\Delta x = 4 \text{ m}$ u oba međusobno upravna horizontalna pravca.

Nastala računska mreža je prenesena u EXCEL okruženje, slika 1.

¹ Joseph Valentin Boussinesq (1842 – 1929), francuski matematičar i fizičar.

2.3. Identifikacija i aplikacija graničnih uslova

Razmatrani problem određuju granični uslovi Dirihleovog² tipa, tj. poznate pijezo kote duž granica strujne oblasti:

- sa severne strane prirodnu granicu posmatrane oblasti čini akumulaciono jezero poznate pijezo kote:
 $H = H_{\text{JEZERA}}$,
- sa istočne strane poznat nivo potoka Krivaja definiše drugu prirodnu granicu: $H = H_{\text{KRIVAJE}}$,
- duž veštačke istočne i zapadne granice modelisane oblasti – između akumulacije i Krivaje – kao granični uslov apliciran je linearno opadajući pijezo nivo između pomenuta dva vodna tela.

2.4. Uspostavljeni numerički modeli strujanja podzemne vode

Unošenjem graničnih uslova i upisivanjem odgovarajućeg oblika diskretizovane jednačine strujanja (6) u sve unutrašnje ćelije EXCEL modela računске oblasti, uspostavlja se:

a) osnovni oblik modela strujanja podzemne vode, kojim se utvrđuje strujna slika u zatečenim, prirodnim uslovima. Ova strujna slika predstavlja početno stanje pri proračunu uticaja drenažnih bunara na nivo podzemne vode. U ovom modelu strujnu mrežu određuje visok nivo akumulacionog jezera i niži nivo potoka Krivaje.

Ukoliko se u odgovarajuće ćelije tog modela upiše vrednost pijezo kote drenažnih bunara, dolazi se do:

b) modela za proveru efikasnosti drenažnih bunara u snižavanju prirodnog nivoa podzemne vode.

2.5. Numerički model terena

Pored pomenuta dva numerička modela strujanja uspostavljen je i numerički model terena, koji interpolacionim postupkom između osnovnih visinskih kota terena očitanih sa topografske karte određuje visinsku kotu u svim računskim tačkama razmatrane oblasti (slika 2).

Upoređenjem računске pijezo kote i kote terena u nekoj računskoj tački proverava se da li će doći do izviranja vode na površinu terena.

Na mestima gde je došlo do izlivanja, računska pijezo kota je izjednačena sa kotom terena usled razlivanja vode po terenu. Te posebne ćelije označene su tamnim kvadratnim okvirom na slici 3.

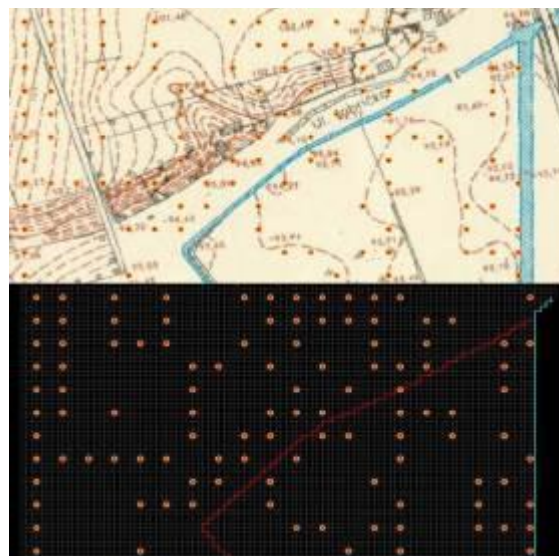
Redukcija pijezo kote na kotu terena utiče na konačne računске vrednosti pijezo nivoa, pa je nakon ovih korekcija proračun ponovljen, čime se došlo do konačnog stanja pijezo nivoa.

Naravno, ovoj korekciji podleže kako a) osnovni oblik modela, tako i b) model za proveru efikasnosti drenažnih bunara.

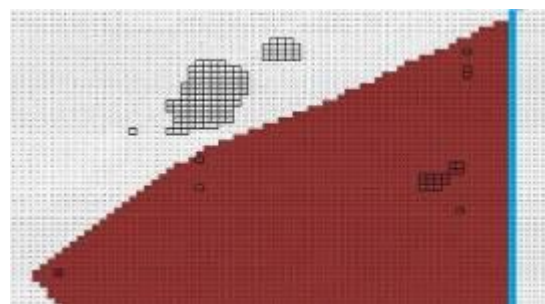
3. KONCEPCIJA SNIŽAVANJA PODZEMNE VODE NA GRADILIŠTU

U okviru ovog rada ispitana je mogućnost snižavanja podzemne vode na predmetnom gradilištu pomoću

drenažnih bunara. Budući da je debljina freatskog akvifera relativno mala (oko 20m), predviđeni su potpuni bunari koji zahvataju ceo vodonosni sloj.



Slika 2. Osnovne kote terena na topografskoj karti i na računskoj mreži



Slika 3. Nivo vode u odnosu na teren, prikaz lokacija izviranja

3.1. Kriterijumi utvrđivanja kote snižavanja podzemne vode

Cilj je da se snižavanjem i održavanjem podzemne vode na 1 m ispod kote terena raskvašen površinski sloj tla drenažnim bunarima osposobi za kretanje i rad teških građevinskih mašina (bagera, dozera i kamiona) na predmetnom gradilištu. Naime, neophodno je na lokaciji gradilišta zameniti prirodno, nekvalitetno tlo peskom, odgovarajućim za fundiranje fudbalskih igrališta i zgrade Akademije.

3.2. Opis predloženog postupka snižavanja

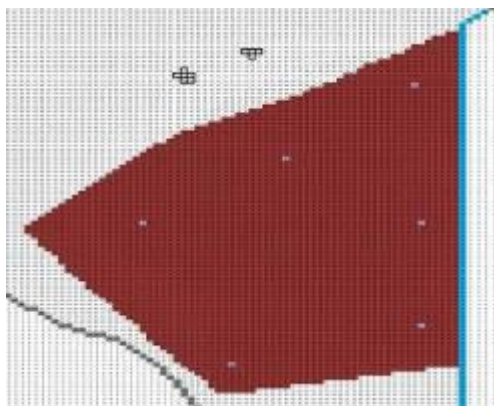
Efikasnost snižavanja podzemne vode drenažnim bunarima, među ostalom, zavisi od njihovog broja i rasporeda, što je određeno primenom numeričkog modela metodom probanja. Uspostavljen je računski model a) kojim je prvo reprodukovano stanje nivoa podzemne vode u zatečenim, prirodnim uslovima. Potom su postepeno instalisani i raspoređivani drenažni bunari u model b) i utvrđen je njihov uticaj na stanje podzemne vode.

Dodavani su novi bunari i vršilo se podešavanje njihovog rasporeda sve dok se po celoj oblasti od interesa nije postignut zacrtan cilj, tj. spuštanje nivoa podzemne vode na bar 1m ispod kote terena. Time se došlo do (jedne) moguće kombinacije broja i rasporeda bunara kojim je

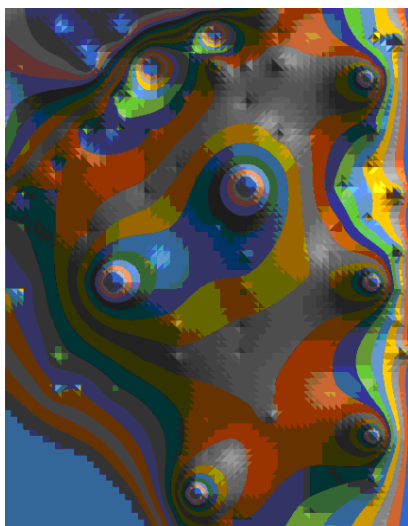
² Johann Peter Gustav Lejeune Dirichlet (1805 – 1859), nemački matematičar.

postavljen cilj postignut. Konačno usvojen raspored bunara dat je na slici 4, gde su bunarske ćelije obeležene plavim kvadratima. Uticaj bunara na nivo podzemne vode slikom 5 je prikazan u vidu izopijeza, na kojoj se jasno vide lokalne depresije izazvane drenažnim bunarima.

U nastavku, na osnovu sračunatog doticaja u bunare, izvršena je provera kapaciteta i funkcionalnosti bunara.



Slika 4. Raspored bunara po gradilištu



Slika 5. Izopijeze podzemne vode na području gradilišta usled rada drenažnih bunara

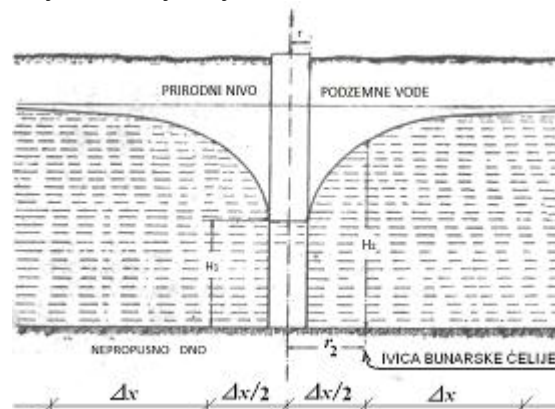
3.3. Provera funkcionalnosti pretpostavljenih bunara

Numeričkim modelom utvrđene su očekivane pijezo kote u računskim ćelijama, uključujući i bunarske ćelije u koje su instalisani drenažni bunari. Shodno jednačini kontinuiteta, dotok u bunar jednak je dotoku u bunarsku ćeliju, koji se lako može sračunati na osnovu koeficijenta filtracije tla, pijezo kote bunarske ćelije i njenih susednih ćelija.

Računske ćelije (uključujući i bunarsku ćeliju) su dimenzija 4x4 m u osnovi, a prečnik filtarskog zasipa bunara je svega 0.30 m. Pijezo kota bunarske ćelije dobijena numeričkim modelom predstavlja stanje duž ivica ćelije, dok je nivo u bunaru niži usled gubitaka od ivice bunarske ćelije do filtarskog zasipa. Ta denivelacija može se proceniti Timovom³ jednačinom pisanom između ivice bunarske ćelije i ivice filtarskog zasipa:

$$H_1 = \sqrt{H_2^2 - \frac{Q}{K\pi} \ln \frac{r_2}{r_1}}, \quad (8)$$

gde je r_1 radijalno rastojanje do spoljne ivice filtarskog zasipa bunara, r_2 je radijalno rastojanje do ivice bunarske ćelije, H_1 i H_2 su korespondentni nivoi vode, K je koeficijent filtracije, Q je dotok u bunar, slika 6.



Slika 6. Redukcija pijezo nivoa sa bunarske ćelije na sam bunar primenom Timove jednačine

Timovom jednačinom je određena i vrednost gradijenta pijezo kote u neposrednoj okolini bunara:

$$I = \frac{dH}{dr} \quad (9)$$

Upoređenjem ove vrednosti sa kritičnim gradijentom na sufoziju vodonosne sredine zaključeno je da ne postoji opasnost od ispiranja osnovnog tla, pa ne pretili ni opasnost od kolmacije filtera.

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu ispitana je mogućnost snižavanja podzemne vode na lokaciji između akumulacije Zobnica i potoka Krivaje. Analiza urađena pomoću numeričkog modela pokazuje da je predložen postupak snižavanja pomoću drenažnih bunara izvodljiv.

5. LITERATURA

- [1] Pedološka karta Vojvodine razmere R=1:100000, Zavod za poljoprivredna istraživanja Novi Sad, 1958.
- [2] Hidrogeološka karta Bačke razmere R=1:200000
- [3] Đ. Fabian, Podzemne vode, pisana predavanja, Građevinski fakultet Subotica

Kratka biografija:



Nina Knežević rođena je u Brežicama u Sloveniji 1986. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva–Hidrotehničke konstrukcije odbranila je 2017. godine.

³ Günther Thiem, nemački hidrogeolog.

PROJEKAT ARMIRANOBETONSKE VIŠESPRATNE STAMBENO – POSLOVNE ZGRADE PREMA EVROKODU

THE PROJECT OF MULTISTOREY REINFORCED CONCRETE RESIDENTIAL – BUSINESS BUILDING ACCORDING TO EUROCODE

Jovana Vučković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – Projektovana je višespratna armirano-betonska stambeno-poslovna zgrada Pr + 5 + Pk prema Evrokodu. Zgrada je projektovana u monolitnom skeletnom sistemu ukrućenom zidovima za ukrućenje. Krovna konstrukcija je projektovana kao drvena.

Abstract – Multi-storey reinforced concrete residential-business building ground floor +5 stories + attic was projected according to Eurocode. The building was projected in monolit skeleton construction which is propped by shear walls. Roof construction is projected from timber.

Ključne reči: armiranobetonska zgrada, zidovi za ukrućenje, seizmička analiza, Evrokod

1. UVOD

Projektnim zadatkom predviđeno je projektovanje stambeno - poslovne zgrade spratnosti, prizemlje + pet spratova sa potkrovljem u skladu sa evropskim standardima. Zgrada se izvodi kao armiranobetonski skeletni sistem sa potrebnim platnima za ukrućenje.

2. OPIS PROJEKTA

2.1 Arhitektonsko rešenje

Stambeno poslovna zgrada Pr + 5 + Pk je locirana u Novom Sadu. Prostor prizemlje iz dva nivoa, niži nivo je namenjen za toplotnu podstanicu i tri lokala, a viši nivo namenjen je za stanove. Ostali spratovi predviđeni su za stanove, a potkrovlje za ostave. Spratna visina prizemlja predviđenog za toplotnu podstanicu i lokale je 4m, a drugi deo predviđen za stanove spratna visina je 3m. Dok je visina ostalih spratova 3m. Za vertikalnu komunikaciju se koristi stepenište i lift.

Podovi objekta su obloženi parketom i keramičkim pločicama. Keramičke pločice se nalaze u sanitarnim prostorijama i lokalima. Podovi hodnika se obrađuju cementnom košuljicom i teraco pločicama. Zidovi i plafoni stanova se malterišu i završno obrađuju poludisperzivnom bojom. Zidovi stepenišnog prostora se obrađuju završnim dekorativnim malterom.

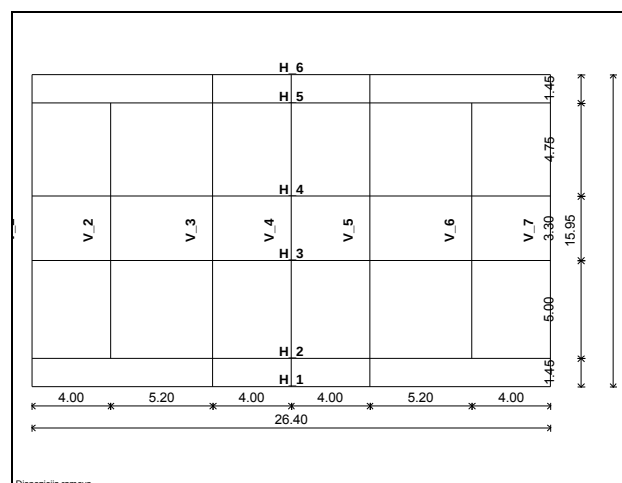
NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Đorđe LaĐinović, red. prof.

Fasadni zidovi su sendvič zidovi debljine $d=37$ cm (blok 20 cm + izolacija 5 cm + opeka 12 cm). Unutrašnji zidovi su od pune opeke debljine $d=25$ cm i $d=12$ cm.

2.2. Konstrukcijski sistem zgrade

Zgrada se izvodi kao armirano-betonski skeletni sistem sa potrebnim platnima za ukrućenje. Osnova zgrade je pravougaonog oblika dimenzija 15.95×26.40 m gde je položaj konstruktivnih elementa raspoređen u četiri podužna i sedam poprečnih ramova (položaj ramova prikazan je na slici 1).



Slika 1: Šema ramova

Međuspratne konstrukcije su projektovane kao sistem kontinualnih krstasto armiranih ploča u oba pravca ($d=20$ cm). Grede ramova u podužnom pravcu su različitih raspona i iznose 4.00 i 5.20 m, dok u poprečnom pravcu iznose 5.00, 4.75 i 3.30 m. Dimenzije glavnih greda u oba pravca su iste i iznose $b/d=40/55$ cm, dok su dimenzije sekundarnih greda $b/d=30/50$ cm i $b/d=30/40$ cm. Dimenzije stubova su $b/d=50/50$ cm, do drugog sprata, i $b/d=40/40$ cm do kraja visine zgrade. Zidovi za ukrućenje postavljeni su u oba pravca i njihova uloga je da prime i prenesu na temelje horizontalno seizmičko opterećenje i doprinesu krutosti objekta. Zidna platna su u podužnom pravcu dimenzija: $b/d=20/400$ cm, a u poprečnom pravcu: $b/d=20/500$ cm i $b/d=20/475$ cm. Fundiranje objekta je predviđeno na temeljnoj ploči debljine $d=40$ cm sa temeljnim gredama dimenzija $b/d=50/89$ cm i $b/d=50/189$ cm, koje međusobno povezuju stubove u dva ortogonalna pravca. Svi noseći betonski elementi su od betona C 30/37 i armirani armaturom B500C.

Krovnna konstrukcija je proste drvene građe. Pored uticaja od sopstvene težine konstrukcija je proračunata i na dejstvo vetra i snega. Opterećenje od krovnne ravni preuzimaju drveni rogovi. Maksimalni osovinski razmak rogova je $e = 78$ cm. Dimenzionisanje svih elemenata krovnne konstrukcije izvršeno je po Evrokodu 5. Celokupnu krovnu konstrukciju treba izvesti od klase C24.

2.3 Analiza opterećenja

Analizirani su sledeći slučajevi opterećenja:

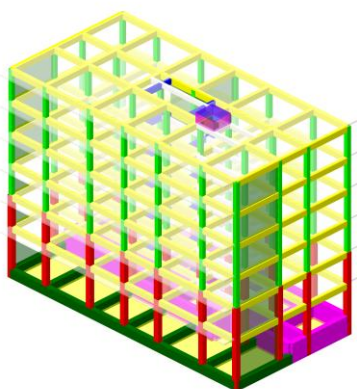
- Stalno opterećenje čine težina konstrukcije (stubovi, grede, zidna platna, tavanice i stepeništa) i težina nenosećih elemenata (zidovi ispunje, podovi, krovne obloge...) koja su definisana propisima [2].
- Korisno opterećenje je definisano propisima [2].
- Opterećenje snegom ($s = 0.76$ kN/m) osnove krova definisano propisima [3].
- Opterećenje vetrom je računato prema važećim evropskim standardima definisani u [4].
- Seizmičko opterećenje je dobijeno na osnovu multimodalne analize i to od rezultata prethodno dobijene modalne analize definisane u propisima [7].

2.4 Statički i dinamički proračun

Konstrukcija je modelirana prostorno u programskom paketu Tower 7.0. Veza objekta i podloge je modelirana pomoću elastičnih opruga po Vinklerovom (Winkler) modelu. Pretpostavljeno je da su tavanice nedeformabilne u svojoj ravni i na osnovu ove pretpostavke urađena je analiza horizontalnog opterećenja kao i modalna analiza. Statički i dinamički proračun sprovedeni su na modelu kod koga su kombinovani linijski i površinski elementi, a veličina konačnog elementa u modelu uzeta je dimenzija 50×50 cm.

2.5 Modeliranje konstrukcije

Konstrukcija je modelirana kao prostorna konstrukcija u softverskom paketu TOWER 7.0 (slika 2).



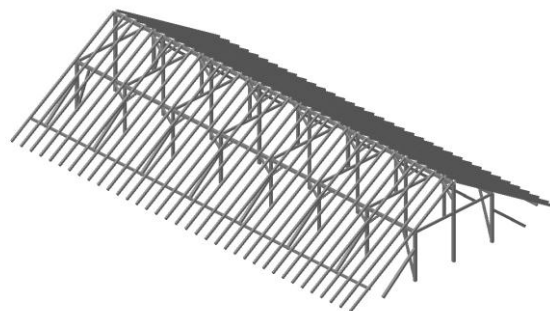
izometrija

Slika 2: 3D izgled konstrukcije

Prilikom modeliranja konstrukcije vodilo se računa o optimalnom odnosu jednostavnosti modela i realnom predstavljanju konstrukcije. Proračun se sprovodi metodom konačnih elemenata koji se zasniva na diskretizaciji i realnu konstrukciju opisuje konačnim dimenzijama elemenata. Proračun statičkih uticaja sprovodi se po linearnoj teoriji elastičnosti. Međuspratna konstrukcija,

stepenište, temeljna ploča, AB platna i zidovi su modelirani kao površinski elementi dok su grede i stubovi kao linijski elementi.

Krovnna konstrukcija je isto proračunata u programskom paketu TOWER 7.0 (slika 3) na kombinaciju stalnog, korisnog i opterećenja od vetra. Površinsko opterećenje se u samom TOWER-u konvertuje u linijsko i postavlja se da deluje na rogove. Dobijene vrednosti reakcija oslonaca se prenose na proračunski model AB zgrade.



izometrija

Slika 3: Krovnna konstrukcija

2.6 Dimenzionisanje

Armiranobetonski elementi zgrade se dimenzionišu prema graničnom stanju nosivosti, prema maksimalnim statičkim uticajima dobijenim softverskim proračunom korišćenim za ova projekat. Prema evropskim standardima, nosivost na savijanje i smicanje se izračunavaju prema pravilniku [7]. Sa tako dobijenim rezultatom dimenzionisanja, za sve primarne seizmičke elemente se sprovodi oblikovanje detalja za lokalnu duktilnost definisana pravilnikom [7]. Ovo ukazuje na projektovanje zgrada metodom programiranog ponašanja u kom se biraju elementi konstrukcijskog sistema koji se na odgovarajući način projektuju i oblikuju za disipaciju energije pri velikim deformacijama. Ove mere se preduzimaju radi izbegavanja krstog loma pojedinih elemenata ili cele konstrukcije i drugih nepoželjnih mehanizama (npr. koncentracija plastičnih zglobova u stubovima). Pravilnik [7] betonske zgrade klasifikuju prema stepenu kapaciteta disipacije i veličine duktilnosti na sledeći način: DCL (niska duktilnost), DCM (srednja duktilnost) i DCH (visoka duktilnost). U ovom projektu je odabrana klasa duktilnosti DCM i shodno njenim odredbama su sračunate seizmičke sile.

2.7 Poređenje SRPS i Evrokod

Na kraju ovog rada, u završnom poglavlju, navedene su neke od bitnijih razlika u proračunu, armiranju i odredbama i preporukama između važećih domaćih propisa (SRPS) i evropskog standarda (EN). Poređenje je izvršeno na osnovu činjenice da je isti objekat koji je u ovom radu projektovan prema evropskim standardima, projektovan i u Bachelor radu, ali prema važećim domaćim propisima.

Poređenje korisnog opterećenja

Korisna opterećenja su usvajana u skladu sa standardima SRPS U.C7.121 i [2] koja imaju nešto različite intezitete propisane ovim pravilnicima, tako da su za predmetni objekat usvojene sledeće vrednosti korisnih opterećenja:

Tabela 1. Korisna opterećenja.

Korisno opterećenje (kN/m ²)		
Nivo	SRPS	EN
Stambeni prostor	1,5	2,0
Prostor predviđen za lokale	3,0	3,0
Terase	1,5	2,5

Korisna opterećenja propisana po Evrokodu veća od onih propisanih domaćim standardima.

Analiza primenjenih materijala

Tabela 2. Materijali po propisima

Materijal	SRPS	EVROCODE
Beton	MB 35	C30/37
Armatura	RA 400/500	B500C

Modalna analiza i seizmičko opterećenje

Osnovna razlika u seizmičkom proračunu između ova dva objekta je u metodi koja je korišćena. Za objekat projektovan prema domaćim propisima je primenjena ekvivalentna statička metoda (ESM), dok je za objekat projektovan prema evropskim propisima korišćena multimodalna spektralna analiza (MSA). Prva uzima u obzir samo jedan ton svojstvenih oscilacija, dok druga u ovom slučaju uzima prvih pet tonova oscilovanja.

Razlika u modalnoj analizi se ogleda u faktorima učešća masa za pojedine slučajeve opterećenja. Tako se prema domaćim propisima uzima $1,0 \cdot g + 0,5 \cdot p + 1,0 \cdot s$, dok se u Evrokodu preporučuje sledeća kombinacija opterećenja: $1,0 \cdot g + 0,3 \cdot p + 0,2 \cdot s$ (g -stalno, p -korisno i s -sneg).

Kombinacije opterećenja

Postoji velika razlika u koeficijentima sa kojima se množe opterećenja u kombinacijama merodavnim za dimenzionisanje AB preseka prema domaćim i evropskim propisima.

Statički uticaji

Statički proračun prema Evrokodovima generalno daje manje momente savijanja i normalne sile za kombinacije opterećenja merodavne za dimenzionisanje zbog toga što se stalna opterećenja množe sa 1,35 umesto 1,6, a povremena 1,5 ili manje umesto sa 1,8.

Dimenzionisanje

Prolaskom kroz faze dimenzionisanja i armiranja AB konstrukcije za oba standarda, najviše do izražaja dolazi razlika u pristupu definisanju i oblikovanju detalja globalne i lokalne duktilnosti. Prema ESM metodi, faktor duktilnosti se usvaja kao uniformna vrednost za sve armirano-betonske zgrade, dok prema Evrokodu 8 pravilniku više parametara utiče na ukupni koeficijent duktilnosti.

3. ZAKLJUČAK

Na osnovu svih rezultata i analiza rada dolazi se do zaključka da evropski standard ima nešto strožije kriterijume određivanja opterećenja koja deluju na konstrukciju kako vertikalnih tako i horizontalnih što prouzrokuje veće presečne sile u presecima određenih elemenata konstrukcije međutim kada je reč o dimenzionisanju i potrebnoj površini armature u elementima razlike su manje zbog manjih koeficijenata sigurnosti u kombinacijama opterećenja potrebnim za dimenzionisanje, s tim da su u stubovima većinom zahtevane minimalne površine armature.

Nakon analiza koje obuhvata ovaj rad takođe može da se zaključi da Evrokod propisuje nešto veće minimalne vrednosti površina armatura u elementima u odnosu na PBAB kao i da Evropski standardi imaju manje dozvoljene vrednosti napona kada je reč o kontrolama koje su sprovedene za predmetnu konstrukciju.

4. LITERATURA

- [1] Evrokod 0 EN 1990:2002 – Osnove proračuna konstrukcija, Beograd, 2006.
- [2] Evrokod 1 EN 1991-1-1:2002 – Dejstva na konstrukcije – Deo 1-1: Zapreminske težine, sopstvena težina, korisna opterećenja za zgrade, Beograd, 2009.
- [3] Evrokod 1 EN 1991-1-3:2003 - Dejstva na konstrukcije – Deo 1-3: Dejstva snega, Beograd, 2009.
- [4] Evrokod 1 EN 1991-1-4:2005 - Dejstva na konstrukcije – Deo 1-4: Dejstva vetra, Beograd, 2009.
- [5] Evrokod 2 EN 1992-1-1:2004 - Proračun betonskih konstrukcija - Deo 1-1: Opšta pravila i pravila za zgrade, Beograd, 2006.
- [6] Evrokod 5 EN 1995-1-1:2004 – Proračun drvenih konstrukcija – Deo 1-1: Opšta pravila i pravila za zgrade, Beograd, 2009.
- [7] Evrokod 8: EN 1998-1:2004 - Proračun seizmički otpornih konstrukcija - Deo 1: Opšta pravila, seizmička dejstva i pravila za zgrade, Beograd, 2009.
- [8] Grupa autora: Beton i armirani beton prema BAB 87, knjiga 1 i 2, Univerzitetska štampa, Beograd, 2000.
- [9] M. Gojković, B. Stevanović, M. Komnenović, S. Kuzmanović, D. Stojić: DRVENE KONSTRUKCIJE -JUS standardi, Propisi, Evrokod 5, tabele, brojni primeri Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2007.

Kratka biografija:



Jovana Vučković rođena je u Apatinu 1986. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva - smer konstrukcije, odbranila je 2017. godine.

DIMENSIONISANJE KOLOVOZNE KONSTRUKCIJE PRIMENOM CEMENTNE STABILIZACIJE I TEHNOLOGIJE HLADNOG RECIKLIRANJA NA PUTU SRBOBRAN- MILEŠEVO**DIMENSIONING OF THE ROAD STRUCTURE USING CEMENT STABILIZATION AND COLD RECYCLING TECHNOLOGY ON SRBOBRAN- MILEŠEVO ROAD**

Dražen Vujinović, Bojan Matić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – Ukupna kolovozna mreža je vrlo važan faktor za ekonomiju svake zemlje te se putevi moraju redovno i racionalno održavati. Reciklaža asfalta je svakako najefikasniji način održavanja kolovoza, kako sa ekonomskog aspekta tako i sa aspekta zaštite životne sredine. U ovom radu je dat prikaz dimenzionisanja kolovozne konstrukcije primenom cementne stabilizacije i tehnologije hladnog recikliranja na putu Srbobran-Mileševo od stacionaže 0+0,00 do 2+319,97.

Abstract – The total pavement network is a very important factor for the economy of each country, and the roads must be regularly and rationally maintained. Recycling of asphalt is certainly the most efficient way of maintaining of roads, both from the economic aspect and from the aspect of environmental protection. In this paper is presented a dimensioning of the pavement structure using cement stabilization and cold recycling technology on the road Srbobran - Mileševo from the station 0+0.00 to 2+319.97.

Ključne reči: cementna stabilizacija, reciklaža, kolovoz – na konstrukcija, dimenzionisanje

1. UVOD

Ekstremni rast populacije i ekonomski razvoj doveli su do razvijanja široke mreže asfaltnih puteva u zadnjih 50-70 godina. Hiljade kilometara novih puteva je izgrađeno da zadovolji povećane zahteve saobraćaja i većina ovih puteva je blizu kraja ili na kraju svog životnog vijeka. U periodu ekspanzije izgradnje puteva, glavni predmet analize bilo je početno ulaganje, sa vrlo malo, ili nimalo pažnje su se razmatrali kasniji troškovi održavanja kolovoza. Međutim, sazrevanjem kolovozne mreže, povećanjem inteziteta saobraćaja i bruto težina vozila, stavljen je akcenat na preventivno održavanje i očuvanje postojećih puteva. Reciklaža asfalta je svakako najefikasniji način održavanja kolovoza, kako sa ekonomskog aspekta, tako i sa aspekta tehnologije i očuvanja životne sredine. Iako se reciklaža pominje još od 1900-te godine, recikliranje asfalta po modernim postupcima se veže za 1970-tu godinu [1]. Kriza na naftnom tržištu i razvoj mehanizacije podstakli su primenu reciklaže asfalta. Očuvanje neobnovljivih resursa, kao što je nafta, ušteda energije i očuvanje životne sredine glavne su prednosti reciklaže.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Bojan Matić, docent.

Recikliranje kolovoznih konstrukcija je poželjno i nužno i za njegovu primenu bilo je potrebno razviti izvodljiva tehnička rešenja. Cilj ovog razvoja je da se obezbedi ponovno korišćenja materijala tako da oni odgovore zahtevima predviđenog životnog veka, uz minimum dodavanja novih materijala. Najnovije tehnologije omogućavaju korišćenje čak 90% recikliranih asfaltnih materijala u novim asfaltnim slojevima [2]. Taj proces, zbog svoje velike kompleksnosti, nije još široko korišćen. Kod uobičajenih postupaka procenat je mnogo skromniji. Međutim, budući da su raspoložive količine asfaltnih slojeva velike, nema sumnje da će u budućnosti biti moguće kvalitetno recikliranje asfaltnog sloja, uz visoko proporcionalno učešće postojećeg materijala.

2. KLASIFIKACIJA POSTUPAKA RECIKLIRANJA ASFALTA

Klasifikacija postupaka recikliranja najčešće se obavlja na osnovu:

- mesta obavljanja procesa:
 - o na licu mesta ("in situ", "in place", "en place")
 - o u centralnom postrojenju ("in plant", "in central plant", "en centrale")
- temperature procesa:
 - o hladno recikliranje
 - o termičko recikliranje
- karakteristika materijala koji se reciklira:
 - o homogeno
 - o sa različitim vrstama materijala
- tipova upotrebljenih veziva:
 - o cement
 - o kreč i cement
 - o bitumenska emulzija
 - o penušavi bitumen
 - o cement i bitumenska emulzija ili penušavi bitumen
 - o bitumen

2.1. Hladno recikliranje kolovoznih konstrukcija

Hladno recikliranje predstavlja savremeni tehnološki postupak recikliranja slojeva asfaltnih kolovoza, bez zagrevanja, koji se sastoji od usitnjavanja (struganja), mešanja sa dodatnim materijalima i vezivima i ponovnog ugrađivanja sa ciljem dobijanja novog sloja kolovozne konstrukcije.

U zavisnosti od tehnologije izvođenja, hladno recikliranje se može izvoditi na licu mesta ili u centralnom postrojenju.

Izvođenje hladnog recikliranja na licu mesta podrazumeva upotrebu više mašina u koje spadaju cisterne, mašine za

struganje kolovoza, freze, grejder i određene specijalizovane mašine koje se prostorno grupišu u "voz" za hladno recikliranje.

Pri recikliranju na licu mesta najčešće se koristi svih 100% struganog asfalta. Dubina tretmana se obično kreće od 50 do 300mm (i više sa izvođenjem u više slojeva) [2]. Cement i kreč se mogu dodavati u suvom stanju ili kao vodena suspenzija. Ako se radi sa vodenom suspenzijom izbegavaju se problemi vezani za raspršivanje, a i kontrola ugrađene količine je daleko preciznija.

Postoje razne konfiguracije mašina - vozova za hladno recikliranje. Vozovi se međusobno razlikuju u pogledu načina struganja i dodavanja dodatnih materijala i veziva, njihovog umešavanja i kontrole i na kraju načina ugrađivanja.

2.2. Prednosti i nedostaci tehnologije hladnog recikliranja na licu mesta

Hladno recikliranje na licu mesta ima nekoliko prednosti. Neke prednosti koje su često navođene u literaturi [3] [4] i uključuju sledeće:

- Hladna reciklaža na licu mesta čuva resurse. Kod recikliranog kolovoza ponovo se koriste postojeći materijali (agregat i asfalt), a novi materijali koji se uvode u proces u vrlo malim količinama.
- Hladna reciklaža na licu mesta štedi energiju, jer nije potrebno zagrevanje.
- Hladna reciklaža je u skladu sa strategijom održivog razvoja odnosno očuvanja životne sredine.
- Hladnom reciklažom proizvode se debeli, vezani slojevi koji su veće nosivosti i trajnosti nego konvencionalna nevezana podloga.
- Hladna reciklaža na licu mesta može da smanji verovatnoću pojave pukotina tokom eksploatacije.
- Hladna reciklaža na licu mesta manje je sklona pojavi pukotina usled skupljanja.
- Geometrija kolovoza se koriguje i zadržava uz minimalno korišćenje izravnavajućih asfaltnih slojeva.
- Hladna reciklaža na licu mesta relativno je brz tehnološki proces rehabilitacije.
- Postiže se visoki nivo bezbednosti saobraćaja tokom procesa izvođenja radova, odnosno samog postupka recikliranja, jer je moguće izvođenje radova sa zatvaranjem samo jedne saobraćajne trake.

Takođe postoji i nekoliko nedostataka tehnike hladne reciklaže na licu mesta o koji su konstatovani u literaturi:

- Izvođenje radova se mora odvijati po toplom, relativno suvom vremenu.
- Površina recikliranog sloja takođe nema potrebnu hrapavost i ravnost. Preporučuje se izrada asfaltnog habajućeg sloja ili bar površinska obrada.
- U praksi, proces recikliranja na licu mesta može da ima nekoliko problema uključujući: variranje granulacije agregata, neuniformnost distribucije i umešavanja veziva, variranje vlažnosti, varijacije u debljini sloja i teškoće pri zbijanju pri dnu debljih slojeva
- Opšte je poznato da svi materijali tretirani cementom imaju tendenciju da pucaju zbog skupljanja. Međutim, pucanje se može svesti na minimum putem pažljivog projektovanja prethodne mešavine i pravilnim doziranjem.

2.3. Stabilizacija cementom kao veznim sredstvom

Sadržaj cementa se određuje sa ciljem postizanja minimuma čvrstoće koje ima nova stabilizacija cementom, ali se isto tako, u zavisnosti od procenta dodatog cementa mogu dobiti čvrstoće slične novim cementnim stabilizacijama šljunka i drobljenog kamenog agregata [5]. U slučaju da je u kolovozu prisutan relativno čist nevezani noseći sloj, sa pravilnim doziranjem cementa, može se nakon recikliranja dobiti sloj cementne stabilizacije.

Za razliku od kreča koje zahtijeva glinoviti materijal, cementom se mogu stabilizirati i nekoherentni materijali. Cement, naime, sadrži u sebi pucolanske komponente pa predstavlja samostalno vezivo.

3. PROJEKAT REHABILITACIJE KOLOVOZNE KONSTRUKCIJE

Predmet ovog rada je dimenzionisanje kolovozne konstrukcije primenom cementne stabilizacije i tehnologije hladnog recikliranja na putu Srbobran- Mileševo od stacionaže 0+0,00 do 2+319,97 i određivanje nivelacije trase puta.

Osnovne podloge koje su korišćene pri izradi projekta su:

- Situacija,
- Geomehanički elaborat.

Dimenzionisanje kolovozne konstrukcije podrazumeva sledeće:

- određivanje debljine i sastava pojedinih slojeva kolovozne konstrukcije,
- definisanje zahteva kvaliteta i sastava pojedinih mešavina u slojevima kolovozne konstrukcije,
- definisanje kvaliteta upotrebljenih materijala u posteljici,
- utvrđivanje tehnologije radova,
- poređenje varijantnih rešenja i izbor optimalnog sastava i debljine slojeva sa aspekta strategije korišćenja i upravljanja putevima.

3.1. Istražni radovi

Cilj terenskih istražnih radova je da se utvrdi sastav kolovozne konstrukcije i karakteristike tla u zoni predmetnog dela saobraćajnice. Imajući u vidu terenske uslove, vrstu objekta na predmetnoj lokaciji izvedeno je:

- rekognosciranje terena,
- kopanje istražnih jama,
- terensko određivanje vrednosti CBR (kalifornijski indeks nosivosti) preko podataka DCP (indeks penetracije).

3.2. Uticajni parametri i prognoza saobraćajnog opterećenja

Za potrebe dimenzionisanja kolovozne konstrukcije, neophodno je poznavanje i sledećih uticajnih faktora:

- očekivano saobraćajno opterećenje,
- klimatski i hidrološki uslovi.

Obzirom na namenu predmetne deonice kao i nedostatak informacija o brojanju i strukturi saobraćajne flote, dimenzionisanje kolovozne konstrukcije će se izvršiti za procenjeno saobraćajno opterećenje u eksploatacionom periodu od 10 godina.

Procenjeno ekvivalentno saobraćajno opterećenje SRPS U.C.4.010 jeste srednje saobraćajno opterećenje i iznosi:

$ESO_{10} = 1.700.000,00 =$
 1.70×10^6 standardnih osovina od 82kN.

Ponderisana srednja godišnja temperatura vazduha w-MMAT (°C) sračunata je softverom SPDM 3.0 – Shell Pavement Design Method (tabela 1).

Tabela 1. Srednje godišnje temperature

srednja godišnja temperatura vazduha	W-MAAT=14.8 °C
prosečni koeficijent ponderisanja	W=0.55
srednja godišnja temperatura asfalta	w-MMPT=19.9 °C
usvojena referentna temperatura	$t_{ref}=20$ °C

3.3. Dimenzionisanje kolovozne konstrukcije

Dimenzionisanje dispozicije tehničkih mera rehabilitacije kolovozne konstrukcije izvršeno je prema standardu SRPS U.C4.015/1994 "Projektovanje i građenje puteva, Dimenzionisanje novih fleksibilnih kolovoznih konstrukcija" uz smernice prema metodologiji iz AASHTO Guide for the Design of Pavement Structures od strane American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

Potrebni strukturni broj SN_{pot}

Na osnovu izvedenih geomehaničkih istražnih radova kao i prethodno analiziranih uticajnih parametara u eksploatacionom periodu izvršen je proračun potrebnog strukturnog broja. Vodeći se činjenicom o nedostatku podataka o strukturi saobraćajne flote kao posledice kategorije puta, usvojeni su parametri na „strani sigurnosti” prema SRPS U.C4.015 za proračune potrebnog strukturnog broja (tabela 2).

Tabela 2. Rezultati proračuna strukturnog broja

ekvivalentno saobraćajno opterećenje	ESO_{80}	1.7×10^6 st. osov. 80kN
pouzdanost	R	90 %
standardno normalno odstupanje	Zr	- 1.282
standardno odstupanje	So	0.44
početni indeks vozne sposobnosti kolovoza	P_0	4.2
krajnji indeks vozne sposobnosti kolovoza	P_t	1.7
pad indeksa vozne sposobnosti na kraju projektnog perioda	ΔP	2.5
bubrenje tla u posteljici	θ_s	-
moguće vertikalno izdizanje	V_R	-
kalifornijski indeks posteljice	CBR	6%
rezilijentni modul posteljice	Mr	60 MPa
potreban strukturni broj	SN_{pot}	8.6 [cm]

Efektivni strukturni broj SN_{ef}

Na osnovu strukture i kvaliteta slojeva postojeće kolovozne konstrukcije, utvrđenim istražnim radovima, kao i ocene stanja površine kolovoza zaključen vizuelnim snimanjem, izvršen je proračun efektivnog strukturnog broja (SN_{ef}), prema metodologiji standarda AASHTO - Guide for Design of Pavement Structures 1993 (tabela 3).

Tabela 3. Koeficijent slojeva

Sloj/ Layer	Stanje kolovozne površine/ Surface Condition	Koeficijent/ Coefficient
Asfaltni slojevi	mrežaste pukotine, podužne pukotine, udarne rupe	0.25
Donji noseći slojevi od nevezanog materijala	Nema znakova bubrenja i degradacije	0.10
efektivan strukturni broj $SN_{ef}=5.5$ [cm]		

Potrebno pojačanje strukturnog broja kolovozne konstrukcije na predmetnoj deonici iznosi:

$$\Delta SN = SN_{pot} - SN_{ef} = 8.6 - 5.5 = 3.1 \text{ [cm]}$$

3.4. Predlog tehničke mere rehabilitacije kolovozne konstrukcije

Polazne projektne pretpostavke

Tehnička mera rehabilitacije kolovozne konstrukcije će se izvoditi primenom tehnologije hladnog recikliranja na licu mesta na sledeći način izradom sledećih slojeva:

- Hladna reciklaža postojeće kolovozne konstrukcije na licu mesta u debljini od d=25cm uz dodavanje ~6% cementa (tačna receptura se određuje u prethodnoj mešavini pre početka izvođenja radova, po potrebi će se dodavati i određeni procenat drobljenog kamenog agregata 0/32mm)
- Bitumenizirani noseći sloj BNS22A sa bitumenom BIT 50/70,
- Asfalt beton AB11s sa bitumenom BIT 50/70.

Proračun dispozicije

Za proračun dispozicije su korišćeni konstrukcioni koeficijenti a_i prema standardu SRPS U.C4.015.

Usvaja se sledeća struktura kolovozne konstrukcije sa strukturnim brojem SN_{stv} :

$$SN_{stv} = 9.7 \text{ [cm]} > SN_{pot} = 8.6 \text{ [cm]}$$

Napomena: Minimalna debljina asfaltnih slojeva prema SRPS U.C4.012 jeste 11 cm, ali samo u slučaju izrade donjeg nosećeg sloja od nevezanog kamenog agregata. Projektovana kolovozna konstrukcija sa gore prikazanom strukturom je zadovoljavajuće rešenje obzirom da se ispod asfaltnih slojeva pojačanja izvodi sloj hladne reciklaže stabilizovan hidrauličnim vezivom.

3.5. Metod projektovanja tehničkih mera rehabilitacije

Moduli asfaltnih slojeva za svaku asfaltnu mešavinu koja se projektom predviđa, određeni su analitičkim projektovanjem i proračunom njihovih fundamentalnih mehaničkih svojstava programskim paketom BANDS 2.0 Bitumen and Asphalt Nomographs Developed by Shell. Samo projektovanje mešavina obavljeno je u skladu sa standardima SRPS U.E4.014 i AFNOR NF P 98-41.

3.6. Mehanizam zamora u slojevima kolovozne konstrukcije

Tokom analiziranja ponašanja kolovozne konstrukcije u eksploataciji razmatrane su tri osnovne varijante konstruktivnih oštećenja pod koja spadaju:

1. Pukotine usled zamora
2. Strukturni lom kolovozne konstrukcije usled vertikalnih napona na vrhu posteljice
3. Strukturni lom hemijski stabilizovanog sloja usled napona zatezanja u donjem vlaknu sloja

Za proračun dozvoljenih deformacija korišćen je programski paket BISAR – Bitumen Stress Analysis in Roads i uputstva datim u Australian Stabilisation Industry Association (AustStab).

Projektno rešenje kolovozne konstrukcije

U tekstu ispod je dato projektno rešenje odnosno tehničke mere rehabilitacije kolovozne konstrukcije puta za projektom analizirano aktuelno postojeće stanje kolovozne konstrukcije i eksploatacione uslove u projektnom periodu od 10 godina.

	Asfalt beton AB11s sa bitumenom BIT 50/70	d=4.0 cm
	Bitumenizirani noseći sloj BNS22A sa bitumenom BIT 50/70	d=6.0 cm
	Hladna reciklaža postojeće kolovozne konstrukcije na licu mesta u debljini od d=25cm uz dodavanje ~6% cementa (tačna receptura se određuje u Prethodnoj mešavini pre početka izvođenja radova, po potrebi će se dodavati i određeni procenat drobljenog kamenog agregata 0/32mm)	d=25.0 cm
	Postojeća kolovozna konstrukcija	d=20.0 cm
posteljica	Lokalno tlo	

Nivelaciono rešenje je urađeno u softveru PLATEIA, predstavljeno izohipsama i određeno tako da obezbeđuje nesmetano oticanje vode. Nivelacija je uslovljena stanjem terena i uklapanjem u postojeće saobraćajnice. Poprečni nagib kolovoz je 2,5%, a podužni minimalno 0,3%.

4. ZAKLJUČAK

Posmatrajući rezultate analiza sprovedenih u pojedinim radovima mogu se zaključiti prednosti primene metode hladnog recikliranja u odnosu na uobičajenu metodu sanacije kolovoza. Kroz više pokazatelja, kao što su ekonomski, ekološki i vremenski pokazatelji, dokazana je prednost metode hladnog recikliranja u odnosu na klasičnu metodu sanacije kolovoza. Važno je napomenuti da postupak hladne reciklaže nije moguće primeniti na svim sanacijama zbog svojih tehnoloških značaja, kao i drugih ograničavajućih elemenata.

Cementnom stabilizacijom nosivih slojeva očigledno imaju višestruke prednosti u odnosu na ostale stabilizovane slojeve. Upotrebom cementom stabiliziranih nosivih slojeva smanjuje se uticaj nosivosti posteljice na nosivost kolovozne konstrukcije što omogućava gradnju na slabije nosivom tlu i omogućuje se upotreba lokalnih materijala za ugradnju u nosive slojeve. Za ispravno rehabilitaciju kolovozne konstrukcije potrebno je poznavanje karakteristika materijala, kao i poznavanje mehaničkih i elastičnih svojstava cementom stabilizovane mešavine.

5. LITERATURA

- [1] ROBERTS, F. L., et al. Kennedy. TW,(1996). Hot Mix Asphalt, Mixture Design and Construction.
- [2] RADOMIR, Jakovljević. Optimizacija sastava nosećeg sloja kolovozne konstrukcije na bazi agregata od hladno recikliranog asfalta sa aspekta mehaničkih karakteristika. 2016.
- [3] KEARNEY, Edward; HUFFMAN, John. Full-depth reclamation process. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 1999, 1684: 203-209.
- [4] FORSBERG, Al; LUKANEN, Erland; THOMAS, Todd. Engineered cold in-place recycling project: blue Earth county state aid highway 20, Minnesota. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2002, 1813: 111-123.
- [5] BARIŠIĆ, Ivana; RUKAVINA, Tatjana; DIMTER, Sanja. Cementne stabilizacije-karakteriziranje materijala i projektni kriteriji. Građevinar, 2011, 63.02.: 135-142.

Kratka biografija:



Dražen Vujinović rođen je u Dubrovniku 1988. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo – Kolovozne konstrukcije odbranio je 2017.god.



Bojan Matić rođen je u Travniku 1982. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2012. god., a od 2013 je zvanju docenta. Oblast interesovanja su putevi i saobraćajnice.

ВИЗУЕЛИЗАЦИЈА ИДЕЈНОГ ПРОЈЕКТА ДРЖАВНОГ ПУТА I-Б РЕДА БР. 21 НОВИ САД – РУМА КМ:18+179,57 – КМ:34+657,74, L=16,478km**VISUALISATION OF THE PRELIMINARY PROJECT FOR STATE ROAD I-B NO. 21 NOVI SAD - RUMA КМ:18+179,57 – КМ:34+657,74, L=16,478km**

Петар Драгић, Бојан Матић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО

Кратак садржај – Кроз мастер рад приказан је поступак израде визуелизације за новопроектovanу путну деоницу Нови Сад – Рума (део фрушкогорског коридора) на основу података из урађеног идејног пројекта. Процес израде и добијања визуелизације је урађен уз помоћ софтверских решења која се примењују за планирање и пројектовање путне инфраструктуре.

Abstract – Through the master thesis, the process for creating visualisation for the new state road Novi Sad – Ruma (part of the Fruska Gora corridor), based on the data from preliminary project for this route is shown. The process of creating visualisation was done with the software solutions that are suitable for planning and design of the road infrastructure.

Кључне речи: Нови Сад – Рума брзи пут, фрушкогорски коридор, визуелизација, тунел Иришки Венац

1. УВОД

Регулатива у Републици Србији при изради техничке документације путних и других инфраструктурних објеката не захтева да се за урађене пројекте креирају и модели у три димензије и визуелизације пројеката. Тако да би се испоштовала регулатива и прописи за израду пројеката, потребно је да се доставе наручиоцу у штампаној форми (иштампано на папиру на различитим форматима папира) и од скора у електронској форми у .pdf формату из којег се подаци за коришћење у CAD окружењу тешко преносе и при томе је потребно доста „ручног рада“ тако да није велика корист података у ток електронском облику за следеће фазе у настајању објекта.

Израдом мастер рада визуелизације показан је поступак „оживљавања“ пројектне документације и креирања модела са додавањем треће димензије, што је тренутно светски тренд при изради техничке документације при самом планирању и пројектовању објеката и примени БИМ технологија. Стога је урађен пример креирања модела и визуелизације на основу техничке документације пројеката пута Нови Сад – Рума.

НАПОМЕНА:

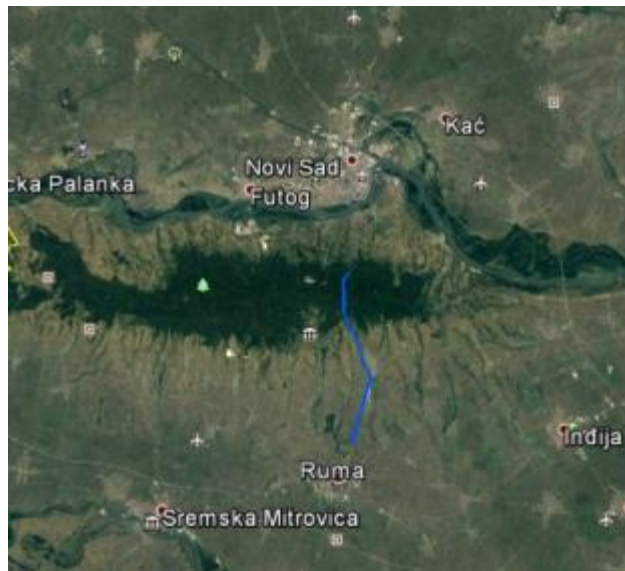
Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је био др Бојан Матић, доцент.

2. ПУТНА ДЕОНИЦА НОВИ САД - РУМА ЗА КОЈУ ЈЕ УРАЂЕНА ВИЗУЕЛИЗАЦИЈА**2.1. Положај путне деонице**

Предметна путна деоница је пут I-Б реда, број 21 Нови Сад – Рума, деоница 2: Парагово - почетак обилазнице

Руме, на стационажи (према Идејном пројекту) км 18+179,57 – км 34+657,74, дужине L=16,478км.

Ради се о путној деоници која је заправо новопроектована ванградска саобраћајница резервисана за брзи моторни саобраћај, а која се у почетној тачки повезује на постојећу саобраћајницу I-Б реда број 21 (Нови Сад - Рума) на стационажи км 18+179,57, а последњих 6,6км од стационаже км 24+779,57 деонице се поклапа са постојећим стањем државног пута I-Б реда број 21 уз проширење саобраћајног профила за око 0,5м са леве стране и новим коловозним тракама са десне стране.



Слика 1. Географски положај пројектне деонице Нови Сад - почетак обилазнице Руме

Пут Нови Сад – Рума (који почиње од места Парагово – а завршетак представља заправо почетак обилазнице Руме), простире се у планинско-равничарском терену правцем преко Фрушке Горе према Руми на северном делу Републике Србије. Припада једном од значајних путних праваца у АП Војводини, односно Републици Србији.

Шире посматрано, предметни путни правац повезује АП Војводину са западним делом Републике Србије, односно веома важне административне и регионалне центре, као што су: Нови Сад, Рума, Шабац, Лозница и источне делове Босне и Херцеговине и Хрватске.

2.2. Намена пројектоване путне деонице

Главна намена новог путног правца Нови Сад – Рума има за улогу саобраћајно растерећење урбанизованих површина и у уклањању транзита са подручја Националног парка Фрушка гора (изградња тунела Иришки Венац).

Предмет овог идејног пројекта је деоница од насеља Парагово на км 18+179,57 на северним падинама Фрушке горе, до почетка обилазнице Руме на км 34+657,74.

Почетак деонице је усаглашен са обрађивачем Плана детаљне регулације пута М-21 на подручју Новог Сада, односно са ЈП "Урбанизам" Нови Сад, и он се поклапа са границом Плана детаљне регулације. Такође је постигнута усаглашеност са обрађивачем идејног пројекта претходне деонице Петља „аутопут Е-75“ – Парагово.

2.3. Сегменти путне деонице

На траси предметног пута јасно се може уочити више различитих потеза (из правца Нови Сад – Рума) и то:

- од Парагова км 18+179,57, са почетка трасе, воде се две осовински раздвојене саобраћајнице. Десна саобраћајница које на стационажи км 19+040,00 улази у тунел „Иришки Венац“ и лева саобраћајница км 19+050,25 која излази из тунела "Иришки Венац",
- тунел „Иришки Венац“, као двоцевни тунел дужине $L=3480\text{м}$ (десна цев) и $L=3456\text{м}$ (лева цев) има излазни и улазни портал на км 22+520,00 (десна цев - излаз) и км 22+506,54 (лева цев - улаз),
- две раздвојене путне саобраћајнице које се воде са две различите осовине до км 23+220,97,
- саобраћајница са једном осовином где су коловозне површине за различите смерове кретања раздвојене разделним појасом од 3м, а која се води до краја предметне деонице км 34+657,74,
- денивелисана раскрсница „Врдник“ се такође издваја као један сегмент на овом пројекту, а која са својим тракама за убрзавање и успорење почиње од км 28+230,00, а завршава на км 29+133,50.

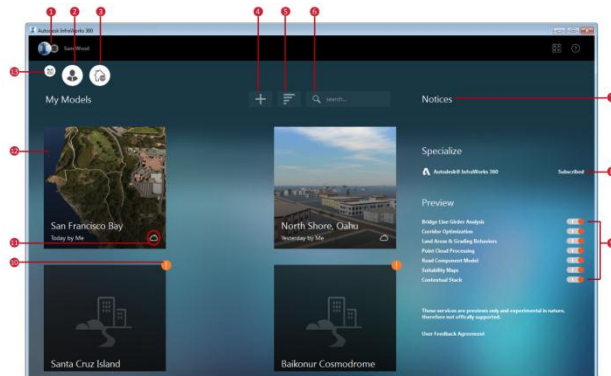
2.4. Тунел „Иришки Венац“

Овај тунел је својом сложености и ценом свакако кључни објект деонице. Најсложеније и најзахтевније активности пројектантског тима при изради идејног пројекта су се одвијале на избору оптималне позиције улазног и излазног портала тунела, уз учешће стручњака различитих профила са појединачним захтевима сваке струке: безбедност саобраћаја, грађевински радови у тунелу, инжењерскогеолошки и геотехнички услови, стручњаци из области вентилације тунела, заштите од пожара и заштите животне средине Националног парка.

Тунел „Иришки Венац“ је испројектован као двоцевни тунел из безбедностних разлога и поштоања смерница при пројектовању брзих путева а дужина тунела је око 3,5км са подужним нагибом од 2%.

3. КОРИШЋЕНИ АЛАТИ ЗА ИЗРАДУ ВИЗУЕЛИЗАЦИЈЕ

За израду задатка коришћен је софтвер Infracore by Autodesk, а идејни пројекат путне деонице Нови Сад – Рума је био урађен уз помоћ софтвера Plateia by CGS Labs. Infracore by Autodesk је софтвер компаније Autodesk Ltd, компаније која је на нашим просторима јако популарна са својим CAD софтверима због велике примене и заступљености. Ради се о компанији која своја софтверска решења перманентно унапређује и допуњава са новим функционалностима у циљу олакшања послова при пројектовању првенствено инжењерима из области машинства, архитектуре, грађевинарства и саобраћаја.



Слика 2. Изглед Infracore софтвера (почетна страна при покретању софтвера)

4. ИЗРАДА ВИЗУЕЛИЗАЦИЈЕ ЗА ПУТНУ ДЕОНИЦУ НОВИ САД - РУМА

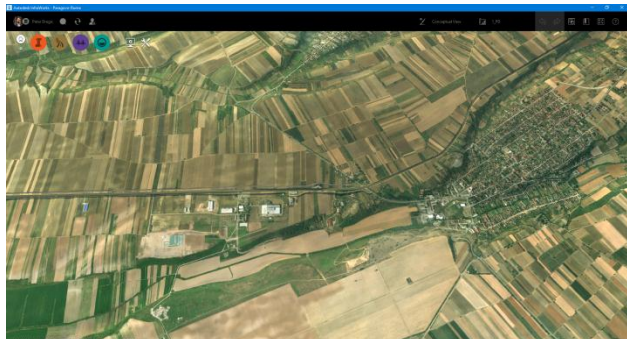
4.1. Улазни подаци за креирање визуелизације

Да би се направила визуелизација самог пројекта, потребно је да се у софтверу Infracore креира модел тог пројекта који ће садржати све елементе из пројектне документације (пројекат урађен за наручиоца за државни пута 1-Б реда бр.21 Нови Сад - Рума, деоница 2: Парагово - почетак Обилазнице Руме км 18+179,57 – км 34+657,74, $L=16,478\text{км}$). Тако да за први корак при изради модела је било потребно сагледати са којим улазним подацима располажемо из урађеног пројекта.

Подлога при пројектовању путних пројеката представља терен односно дигитални модел терен када се формира у електронској форми, а и при изради модела у овом случају је такође први улазни податак. По пројекту је ДМТ креиран као мрежа триангулације на основу геодетских података, али то није искоришћено као подлога за модел јер је терен био „узак“ и са леве и десне стране у односу на осовину пута. И површина је покривала терен од око 200-300м лево и десно што за потребе визуелизације је мала површина уколико желимо да покажемо и шире подручје за предметни пројекат. Из тог разлога терен је креиран уз помоћ алата Model Builder који се налази у софтверу.

Након добијања модела терена које поседује и ортофото снимке, из идејног пројекта и CAD окружења било је потребно унети податке о саобраћајницама у пројекту. То је урађено на основу

креираних .xml и .imx датотека које представљају основне саобраћајнице а које су затим унесене у софтвер Infracore на претходно креирани модел терена. Претходно наведено представља потребне податке за наредни рад на дефинисању елемената путева и креирању коначног модела на основу кога је и креирана визуелизација у облику видео записа.



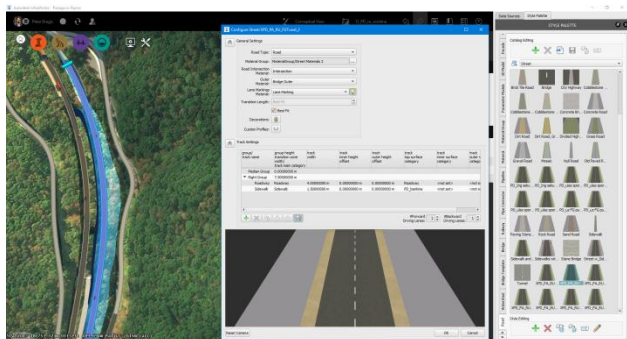
Слика 3. Добијени резултат након креирања модела терена и уношења/увоза осовина из пројекта у модел

4.2. Уређивање улазних података и додавање објеката дуж саобраћајница

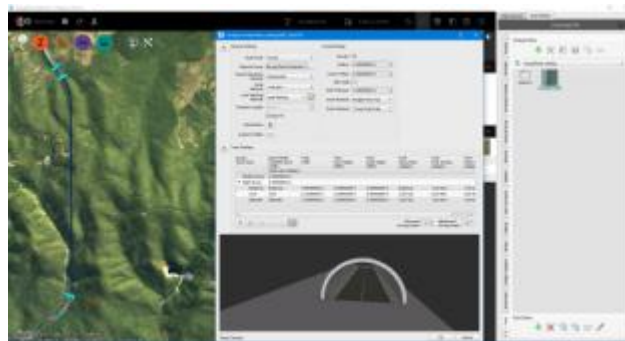
Претходно описан поступак је заправо потреба за добијање модела терена и геометрије саобраћајница у моделу софтвера Infracore. Затим се је ишло на уређивање појединих елемената и потребну корекцију вертикалне геометрије саобраћајница. А приликом дефинисања типа саобраћајнице са свим хоризонталним и вертикалним елементима коришћени су типови Design roads и Component roads као типови који постоје у софтверу.

Када је извршено усклађивање вертикалних елемената и дефинисање типова саобраћајница, прешло се је на рад и дефинисање елемената нормалног попречног профила.

У софтверу постоје претходно дефинисани типови нормалних попречних профила који се свакако могу уређивати или се могу дефинисати и потпуно нови типови. Тако да се је за сваку саобраћајницу дефинисао и нормални попречни профил односно сви елементи нпп-а.



Слика 4. Дефинисани НПП за: леву идејну (км 18+181,06 – км 23+182,89) и десну идејну осовину (км 18+179,57 – км 23+220,97)



Слика 5. Дефинисани НПП за: леву идејну (км 18+181,06 – км 23+182,89) и десну идејну осовину (км 18+179,57 – км 23+220,97) за тунел „Иришки Венац“

Након дефинисаних НПП-а за све предметне саобраћајнице било је неопходно додати и путне објекте саобраћајница (мостовске конструкције, тунелске цеви, бензинске станице, објекат за наплату коришћења тунела, сервисни објекат за одржавање и управљање тунелом „Иришки Венац“).



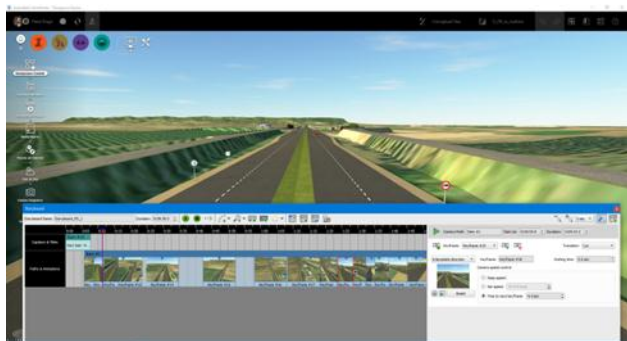
Слика 6. Мост (км 23+182,89 – км 34+657,74) дужине $L=248,70\text{m}$



Слика 7. Плато са објектом за наплату коришћења тунела "Иришки Венац"

4.3. Креирање визуелизације

На основу креираног модела у софтверу са свим елементима који су узети из идејног пројекта, као и доданим путним објектима и објектима у близини саобраћајнице, да би се добила визуелизација у облику видео записа било је потребно направити сценариј за визуелизацију.



Слика 8. Приказ сценарија за креирану анимацију/визуелизацију

Видео на основу жељеног сценарија се креира такође уз помоћ софтвера Infraworks и он се може извозити у различитим форматима. Софтвер омогућава да се модел прикаже и на интернету јер је сам по себи софтвер clouded решење односно корисник софтвера има могућност да модел одложи на серверу и на тај начин уз помоћ интернет претраживача и повезаности на интернету тај модел покаже са свог налога. У овом примеру за потребе презентације креиран је видео у дужини од 9 минута и 39 секунди који показује целу деоницу путног пројекта.

5. ЗАКЉУЧАК

Кроз рад и процес израде визуелизација, приказан је неустаљен приступ рада на путним пројектима уз помоћ рачунарских софтверских решења, у садашње време када се активно одвијају процеси дигитализација и информатизације у пословању и које доносе знатне измене у начину рада и приступима (већином доводе до унапређења), а који утичу и мењају и наше свакодневне животне активности и начине решавања проблема.

Овакви приступи рада на путним пројектима су могући приликом самог планирања и израде генералних и идејних пројеката, а не само за креирање визуелизација као коначног модела (што је показано кроз овај рад) на основу урађене пројектне документације, што доноси уштеде при утрошку времена, већу транспарентност дуплирања и колизија пре самих наредних фаза које тек долазе а везују се за пројекат где ће се то заправо тек тада уочити.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Чланак преузет са интернет сајта: Top five Reasons to Combine Autodesk's AutoCAD Civil 3D with InfraWorks 360 for Improved Civil Design <https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/campaigns/integrated-civil-3d/Five-reasons-article.pdf> AC-22, pp. 210-222, April 1977.
- [2] Извор података са интернета: Autodesk Civil Engineering Community Center <http://civil-community.autodesk.com/>
- [3] Тодоровић М.: Priročnik: BIM-implementacija v delovno prakso, KC TIGR, Љубљана 5/2013.

Кратка биографија:



Петар Драгић, рођен је у Добоју 1990. године. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Грађевинарства – Путеви, железнице и аеродроми је одбранио 2017. године.



Бојан Матић, рођен је у Травнику 1982. године. Докторирао је на Факултету техничких наука 2012. године, а од 2013. је у звању доцента. Учествоје у реализацији наставе на Департману за грађевинарство и геодезију и на Департману за саобраћај.

**РАЧУНАРСКИ ПОДРЖАНО (CAD) ПРОЈЕКТОВАЊЕ САОБРАЋАЈНИЦА -
ПРИМЕР ПРИМЕНЕ СОФТВЕРА PLATEIA У ИЗРАДИ ПРОЈЕКТА ПУТА****COMPUTER SUPPORTED (CAD) PROJECTING ROADS - EXAMPLE OF
APPLICATION OF PLATEIA SOFTWARE IN THE DESIGN OF THE ROAD PROJECT**

Стеван Бизумић, Небојша Радовић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област - ГРАЂЕВИНАРСТВО

Кратак садржај – У мастер раду су на примеру решења путне везе државног пута IIА броја 100 од Сремских Карловаца до раскрснице са Партизанским путем приказане могућности примене програмског пакета Plateia. Описани су алати који се користе и при пројектовању путева. Такође је описана и процедура пројектовања путева која подразумева дефинисање будуће трасе пута, уздужног профила трасе са нивелемом пута, карактеристичних попречних профила, цртање попречних профила и обрачун запремина.

Abstract – In the master work, the possibility of using the Plateia software package is shown as example on the preliminary design solution of the road connection of the state road IIА number 100 from Sremski Karlovci to the intersection with the Partizanski put. The software tools used for designing roads are described in this work. It also describes the procedure of designing roads that involves defining the future road alignment, the longitudinal profile, the characteristic cross sections, the drawing of the cross sections and the calculation of the quantities.

Кључне речи: пут, пројектовање, CAD, Plateia

1. УВОД

Под процесом пројектовања подразумева се налажење научно оправдано техничког решења које се практично може реализовати и потребно је још да задовољи економске критеријуме. Пројектовање путева захтева разумну примену инжењерских принципа који испуњавају циљеве сваког пројектног задатка у најбољем јавном интересу. Примена ових принципа може да захтевати разматрање и балансирање многобројних социјалних, економских и еколошких питања. Како би ове ставке биле успешно размотрене, пројектант мора да се стави у улогу корисника као поједница, заједнице корисника као и друштва у целини.

2. ФАЗЕ ПРОЈЕКТОВАЊА И ИЗГРАДЊЕ ПУТЕВА

Пројектовање и изградња пута одвија се кроз следеће фазе: припремни радови пројектовања путева, пројектовање пута, извођење радова на изградњи пута.

НАПОМЕНА:

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је био проф. др Небојша Радовић.

2.1. Припремни радови пројектовања пута

Геодетски радови на изради геодетских подлога за потребе пројектовања пута, заједно са различитим истражним радовима попут геомеханичког испитивања тла, спадају у групу припремних радова за потребе пројектовања пута. Поменути геодетски радови тичу се прибављања постојеће геодетске документације од надлежног органа (Републичког геодетског завода), успостављања геодетске мреже тј. геодетске основе, геодетских снимања терена и израде геодетских подлога за потребе пројектовања пута.

2.2. Пројектовање путева

Након израде геодетске подлоге за потребе пројектовања путева која укључује и формиран ДМТ (дигитални модел терена), може се приступити пројектовању путева. Само пројектовање путева одвија се кроз неколико фаза:

- Дефинисање будуће трасе пута са припадајућим елементима
- Креирање уздужног профила трасе са дефинисањем нивелете пута
- Дефинисање карактеристичних попречних профила пута
- Дефинисање коридора пута
- Дефинисање граница грађења
- Цртање попречних профила пута
- Обрачун запремина

2.3. Извођење радова на изградњи пута

Потребно је решити имовинско-правне односе на подручју изградње, пре почетка извођења било каквих радова на изградњи пута. То подразумева да је решено питање земљишта, тј. да је, уколико је то било неопходно, извршена експропријација земљишта. Након евентуалне експропријације приступа се самој изградњи пута, тј. реализацији пројекта пута.

3. ПРИМЕНА РАЧУНАРА У ПРОЈЕКТОВАЊУ ПУТЕВА

Последњих деценија је употреба рачунара у пројектовању путева постала уобичајена пракса. Рачунарске програме је притом могуће користити као алате за цртање који омогућавају једноставније и брже исцртавање пројектне документације.

3.1. Plateia софтвер за пројектовање путева

Plateia-je професионално, BIM (Building Information Modelling) оријентисано, софтверско решење за 3D пројектовање путева. Обезбеђује команде и алате за подршку комплетног процеса пројектовања, од идејног до извођачког пројекта, од почетног уноса геодетских података до израде комплексних 3D модела путева са алатима за анализу 3D модела путева, као и израде документације и извештаја.

Користећи свој флексибилан, динамички модел података, Plateia подржава BIM токове и процесе рада.

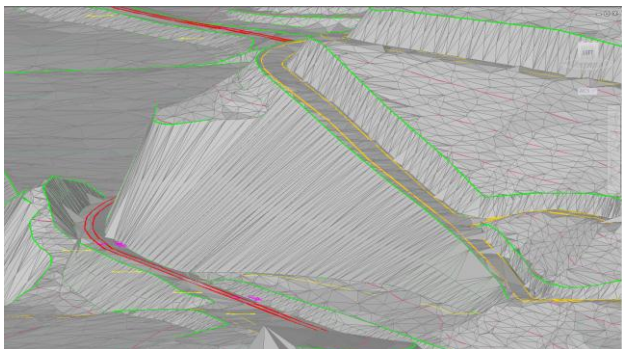
Пажљиво дизајнирани и креирани Plateia кориснички интерфејс и процеси рада су у сагласности са инжењерском праксом пројектовања Путева.

Примери примене Plateia-е:

- Пројектовање путева свих категорија: аутопутеви, градски путеви, ванградски путеви, некатегорисани путеви...
- Пројектовање раскрсница и кружних токова
- Пројектовање саобраћајних петљи
- Пројектовање мостова, вијадукта, надвожњака и подвожњака
- Пројектовање обилазница
- Пројектовање тунела
- Градски путеви и површине
- Урбанистичко планирање
- Бициклистичке стазе
- Специјални путеви: стазе за трке
- Земљани радови: каменоломи, отворене рударске јаме, депоније, земљане препреке, итд.
- Рехабилитација клизишта
- Пројектовање скијашких терена

3.2. Примена програмског пакета Plateia при пројектовању путева

Применом Plateia-иних команди за пројектовање поједностављује се цео процес пројектовања. Неке од тих предности су: креирање дигиталног модела терена, grading, пројектовање геометрије пута, пројектовање раскрсница, цртање 3D модела пута, цртање и уређивање попречних профила, прорачуни количина, пројектовање и визуелизација 3D саобраћајних знакова. Алат за креирање терена укључен је у CGS plus софтвер како би се добио детаљан дигитални модел терена (ДТМ) заснован на различитим геодетским или другим улазним подацима: подаци из тоталних станица, тачке, изохипсе, блокови, итд.



Слика 1. Изглед ДТМ

Креирањем комплексног градинга са вишеструким условима за насипе и усеке, кориснику се омогућава да креира различите варијанте пројекта и да задовољи геометријске захтеве свих врста путних пројеката, од једноставних пројеката ванградских путева до комплекснијих пројеката са сложенијом геометријом као што су саобраћајне петље. Овај софтвер пружа широк распон напредних алата за пројектовање и уређење геометрије пута и профила. Они обухватају пројектовање, пројектовање са помоћним елементима, пројектовање осовине на основу линијских објеката, или коначно креирање best-fit осовине на основу постојеће осе пута или са геодетским подацима ивице пута.

Прорачун надвишења је свеобухватна дефиниција са алатом за уређивање и измене. Plateia подржава различите стандарде прорачуна надвишења и могућности витоперења пута у складу са различитим европским и AASHTO стандардима за пројектовање путева. Аутоматизовано пројектовање раскрсница и/или кружних раскрсница засновано је на геометрији пута у ситуацији, подужним профилем и витоперењу. 3D функција за раскрснице аутоматски прилагоди подужни профил споредног пута и параметре нивелације са одговарајућим кориснички дефинисаним ивичним параметрима.



Слика 2. Пример укрштања саобраћајница у 3D моделу

Софтвер омогућава пројектовање и уређивање попречних профила путева на детаљан начин без скоро икаквих ограничења везаних за геометрију. Plateia прорачунава количину материјала и поседује алат за извоз података о количинама са могућношћу дефинисања вредности ставки (списак материјала). Функција реконструкције/рехабилитације путева нуди алате за регресивну анализу за креирање best-fit геометрије пута и профила засновано на постојећој осовини пута или геодетским подацима ивице пута.

4. ПРИМЕР ПРИМЕНЕ ПРОГРАМА PLATEIA У ПРОЈЕКТОВАЊУ САОБРАЋАЈНИЦА

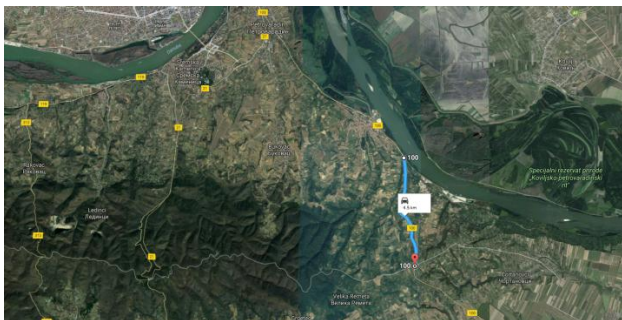
4.1. Увод

Предметна деоница пута се налази у општини Сремски Карловци. То је градско насеље у Војводини, у Србији у општини Сремски Карловци, у Јужнобачком округу, али припадају географској регији Срем. Сремски Карловци се налазе на десној обали реке Дунав, 12 km од Новог Сада и 9 km од Петроварадина на старом путу према Београду. За израду техничке документације за идејно-инжењерско решење државног пута ПА реда

број 100 од Сремских Карловаца до раскрснице са Партизанским путем, коришћени су следећи подаци:

- Пројектни задатак;
- Геодетски подаци добијени снимањем терена;
- Важећи технички и прописи и стандарди за пројектовање ове врсте документације.

За пројектовање трасе пута су коришћене геодетске и геотехничке подлоге. Димензионисање коловозне конструкције вршено је према важећем стандарду SRPS U.C4.012.



Слика 3. Положај предметне деонице

4.2. Анализа саобраћаја

Пројектни параметри пута су:

- Државни пут ПА реда (сабирни регионални пут);
- ПГДС = 2000 воз/дан.

На основу датих пројектних параметара рачунају се пројектни елементи пута : категорија пута, рачунска и претходна брзина, ширина саобраћајних и ивичних трака, ширина банкина и ригола.

Анализа перспективног саобраћајног оптерећења је извршена у циљу одређивања акумулације еквивалентних стандардних осовина од 82 kN у пројектном експлоатационом периоду коловозних конструкција, према SRPS.U.C4.010.

Димензионисање коловозних конструкција урађено је у складу са SRPS У.Ц4.012. стандардом, за пројектни период од 20 година. Приликом димензионисања одређена је саобраћајна група оптерећења која се користи при избору врсте и квалитета материјала за поједине слојеве.

4.3. Геомеханичке карактеристике терена

Према концепцији истраживања, по Геотехничком Пројекту, планирано је да се сва детаљна истраживања изведу дуж коридора будуће трасе саобраћајнице.

Истражним јамама је утврђен литогенетски састав терена и из истражних јама су узети меродавни узорци за лабораторијска испитивања. Комплексном методологијом испитивања је обезбеђена добра геотехничка подлога за потребе овог идејног грађевинског пројекта.

Теренска истраживања су извршена у складу са пројектним задатком, ради утврђивања структуре терена, као и одређивања геомеханичких карактеристика тла у подтлу и постелици. Испитивања су извршена на репрезентативним узорцима

који су узети из језгра које представља квази - хомогене зоне.

Идентификационо–класификациона испитивања су изведена према следећим SRPS стандардима:

- Гранулометријског састава (U.B1.018)
- Садржај органских материја (U.B1.026)
- Специфичне масе (U.B1.014)
- Запреминска тежина (U.B1.013)
- Природна садржина воде (U.B1.012)
- Atterberg-е границе конзистенције (U.B1.020)
- Притисне чврстоће тла (U.B1.030)
- Директно смицање (U.B1.028)
- Триаксијална компресија (U.B1.029)
- Модул стишљивости (U.B1.032)
- CBR (U.B1.042)

Калифорнијски индекс носивости постелице је одређен и износи: CBR=5.0% .

4.4. Елементи пројектне геометрије

Реч је о путу другог (II-ог) реда који по функционалној класификацији спада у везне регионалне путеве. Терен будуће саобраћајнице је брдовит. Висинске коте терена се крећу од 80 m.n.m до око 280 m.n.m. Брзина је полазни параметар у дефинисању и димензионисању елемената попречног профила, ситуационог плана и подужног профила пута. Основна брзина (V_0) у суштини представља индикатор нивоа услуге одређеног путног правца при меродавном саобраћајном оптерећењу. Усвојена основна брзина је $V_0 = 70$ [km/h]. Рачунска брзина (V_r) је усвојена теоријска вредност која служи за прорачун граничних геометријских елемената који се могу применити у процесу пројектовања путева. Усвојена рачунска брзина је $V_r = 80$ [km/h]. Пројектна брзина (V_p) је теоријска вредност брзине меродавна за димензионисање одређеног елемента пута при условима сигурне и удобне вожње у слободном саобраћајном току. Ова брзина се одређује на основу геометријских карактеристика трасе пута у плану и профили. Пројектна брзина се одређује последично и по дефиницији увек се мора налазити у следећем распону: $V_{ri} \leq V_p \leq \max V_r$.

4.5. Елементи попречног профила

Коловозне траке служе за непосредно кретање саобраћаја а уз пратеће елементе коловоза обезбеђују услове за обављање саобраћајне функције. Траке за континуалну вожњу t_v служе искључиво за проточни саобраћај, њихов број зависи од врсте пута, саобраћајног оптерећења и жељеног нивоа услуге. Број саобраћајних трака за континуалну вожњу у овом пројекту је $2 \times 1 + 1$, јер је реч о регионалном путу са двосмерним саобраћајем. Нагиб трака за континуалну вожњу је 2.5% у правцу и 5% у кривинама. Витоперење је извршено у прелазним кривинама. Усвојена ширина траке за континуалну вожњу је $t_v = 3.25$ [m]. Ивичне траке t_i служе за визуелно оивичење проточног дела коловоза. Ивична трака се гради на граници проточног дела коловоза и пратећих елемената коловоза (банкине, риголе). Банкаина b је ивични елемент путног профила у насипу. Попречни нагиб банкина је

8%, усмерен ка косинама трупа пута. Усвајамо ширину банкине $b=1.50$ [m]. Ригола p је конструктивни детаљ путног профила у усеку, служи за прихватање површинских вода и њихово каналисано вођење. Положај риголе у профилу је увек уз ивицу коловоза. Ширина троугласте риголе креће се у границама од 0,60 до 1,00 m, а попречни нагиб од 10% до 15%. Усвајамо да је ширина риголе $p=0.90$ [m].

4.6. Елементи нивелационог плана

Елементи: нагиб нивелете, вертикалне кривине, вито-перење - попречни нагиби коловоза. По задатку, нивелациони планови предметне деонице су добијени применом програма PLATEIA и приказани су графичким прилозима за дату деоницу. Одређен је максимални нагиб нивелете и он износи: $\max i_n = 6$ [%]. Минималне вредности радијуса вертикалних кривина у функцији рачунске брзине дају се на основу критеријума обезбеђења зауставне прегледности за дневне и ноћне услове возње. Одређене су минималне вредности и оне износе: $\min R_v^{\text{konk}} = 2000$ [m]; $\min R_v^{\text{konv}} = 2500$ [m].

Витоперење се обавља на прелазној кривини под условом да се на почетку кружне кривине постигне потребан попречни нагиб i_{pk} . У овом пројекту витоперење је извршено око осовине коловоза. Одводњавање коловоза је решено изградњом упојних канала поред пута у насипу и троугластим риголама поред пута у усеку. Риголе се постављају поред коловозних трака, док се канали ископавају у ножицама насипа. Пројектом се захтева ископ плитких канала који би омогућили прихват површинске воде из ригола до уливних канала или пропуста.

4.7. Димензионисање коловозне конструкције

На основу података о локалном материјалу на предметној деоници, меродавна вредност носивости материјала у постељици изражена преко вредности Калифорнијског индекса носивости је $CBR=5\%$. Потребне дебљине слојева коловозне конструкције одређене су узимајући у обзир процену претпостављеног саобраћајног оптерећења, стварно опште стање коловозне конструкције и тла у њеној основи, као и друге специфичне утицаје који могу бити значајни при извођењу радова и понашању коловоза под оптерећењем.

	$d = 6\text{cm}$	Асфалт-бетон АВ 11s
	$d = 11\text{cm}$	Битуменизирајући носећи слој BNS 32
	$d = 15\text{cm}$	Дробљени камен 0/31 mm
	$d = 20\text{cm}$	Дробљени камен 0/63 mm
		постељица

Дубина продирања мрза износи око 70 cm. Дебљина усвојене коловозне конструкције је $D = 52 \text{ cm} > h_{\min} = 42\text{cm}$. На основу упоређивања минималне и пројектоване дебљине коловозне конструкције, закључујемо да провера коловозне конструкције на штетно дејство мрза није потребна.

5. ЗАКЉУЧАК

Пројектовање саобраћајница је врло сложен задатак и у овом раду је приказано на који начин се може применити програмски пакет Plateia у пројектовању путева и саобраћајница. Резултати примене рачунара указују на предност у пројектовању путева:

- Једноставније и брже мењање појединих геометријских елемената и упоређивање утицаја појединих елемената на остале елементе
- Пројектовање више варијантних решења у релативно кратком временском периоду
- Могућност просторног приказа пројектних решења
- Брза комуникација између људи запослених на пројекту

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Радовић Небојша- Одабрана поглавља из пројектовања путева (Скрипте са предавања и вежби) Факултет Техничких Наука Универзитета у Новом Саду,Нови Сад, 2009-2010 год.
- [2] Узелац Ђорђе - Коловозне конструкције(Скрипта са предавања и вежби),Факултет Техничких Наука Универзитета у Новом Саду,Нови Сад, 2009-2010 год.
- [3] Цветановић Александар,Банић Боривоје - Коловозне конструкције,Академска мисао,Београд, 2007.
- [4] Анђус Војо,Малетин Михаило-Методологија пројектовања путева,Грађевински факултет Универзитета у Београду,Београд, 1993.
- [5] Миловић Душан-Механика тла
- [6] Факултет Техничких Наука Универзитета у Новом Саду,Нови Сад
- [7] Кузовић Љубиша, Богдановић Вук-Теорија саобраћајног тока,Факултет Техничких Наука Универзитета у Новом Саду,Нови Сад, 2004.
- [8] Пројектовање и грађење путева (Стандарди и Правилници)
 - Правилник о условима које са аспекта безбедности саобраћаја морају да испуњавају објекти и други елементи пута Београд: Службени гласник Р.Србије бр 50/2011
 - Закон о јавним путевима, Београд: Службени гласник Р.Србије бр. 101/2005 и 123/2007.

Кратка биографија:



Стеван Бизумић, рођен је у Новом Саду 1989. године. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Грађевинарства – Путеви, железнице и аеродроми је одбранио 2017. године.



Небојша Радовић, рођен је у Београду 1962. год.. Докторирао је на Факултету техничких наука у Новом Саду 2006. год., а од 2015. год. је у звању ванредног професора на Катедри за геотехнику и саобраћајнице.

БЕЗБЈЕДНОСТ И ЗДРАВЉЕ НА РАДУ У НИСКОГРАДЊИ**LABOR SAFETY ON LOW-CONSTRUCTION PROJECTS**

Милан Шикањић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област - ГРАЂЕВИНАРСТВО

Кратак садржај – *Задатак ово рада јесте да прикаже карактеристике радова у области нискоградње, процесе и мјере заштите радника при извођењу таквих радова. Други дио рада обухвата анализу статистичких података. Коришћени подаци обухватају повреде настале на простору Сједињених Америчких Држава, за период од 2003. до 2015. године, у области изградње путева, аутопутева и мостова.*

Abstract – *The subject of this paper is to show main characteristics of works in low-building constructions, processes and characteristics of labor safety during those works. Second part of paper includes analysis of statistical data. Used data refer to injuries on territory of United States of America, between 2003. and 2015, in field of highway, street and bridge construction.*

Кључне ријечи: *Нискоградња, заштита радника, анализа статистичких података*

1. УВОД

Грађевинарство је неизоставна област људског дјеловања, која са временом постаје све присутнија и сложенија. У том процесу долази до повећавања димензија и сложености објеката, количине новца која је потребна за изградњу неког објекта је све већа, радници постају све бројнији са све већим профилима и стручностима, организација рада постаје сложенија, а исти објект све чешће изводи више извођача.

Због свега наведеног, али и опште неодговорност према правима радника, као и због изостанка правовременог дјеловања, односно обраћања пажње на сигурност радника тек када се повреда или нежељена ситуација догоди, грађевина се током времена стално налази у врху ризичних занимања.

Управо овакво стање је главни мотив за одабир предмета истраживања овог рада, а то је заштита радника при извођењу објеката нискоградње, тачније при извођењу земљаних радова, мостова, тунела и путева.

2. ОПШТЕ О БЕЗБЈЕДНОСТИ И ЗДРАВЉУ НА РАДУ

Интерес читавог друштва јесте да се повреде на раду, професионалне болести и болести у вези са радом сведу на најмању могућу мјеру.

НАПОМЕНА:

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је био др Владимир Мученски, доцент.

Разлози за то леже у томе што повреде на раду изазивају патњу повређеног, његове породице и пријатеља, али и додатне финансијске трошкове компаније у којој је повређени запослен. Поред физичке и психичке патње која се јавља код већег броја људи важно је указати на то да повреде на раду изазивају додатне трошкове око лијечења повређеног и организације рада на мјесту гдје је повријеђени запослен.

Осим директних повреда, услед процеса рада може да дође до оштећења здравља радника, краткотрајног или дугорочног. Краткотрајна обољења обично не представљају већу опасност по живот и здравље радника. Већи проблем настаје код дугорочних болести, које се још називају и професионална обољења. Разлози за настајање професионалних обољења се налазе у неодговарајућим условима рада и дужем излагању негативним утицајима по здравље радника. Због тога је у току рада потребно примјењивати мјере за заштиту радника од повреда и професионалних обољења.

2.1 Безбједност и здравље на раду у грађевинарству

Посматрајући статистичке податке уочава се да је у односу на број запослених грађевинарство једно од најризичнијих занимања [3]. Ризик који се јавља у грађевинарству ће зависити прије свега од области грађевинарства, односно врсте посла који се ради. Пројектовање као један од неизбјежних процеса у градњи објекта не представља скоро никакву опасност по пројектанте али може да утиче на остале раднике, док рецимо производња грађевинских материјала, зависно од процеса производње и нуспроизвода који се јављају, може да представља одређену опасност за раднике.

Област која се издваја као веома опасна јесте извођење радова, односно изградња објеката. Те повреде су толико доминантне да ће се у даљем тексту мислити углавном на ову врсту радова.

2.2 Законско регулисање безбједности и здравља на раду

Данас се *Безбједност и Здравље на Раду* (у даљем тексту БЗР) сматра као фундаментално право запослених које је утврђено конвенцијама МОП-а, Лисабонским споразумом ЕУ и директивама ЕУ [6]. Ово право је зајамчено и у Уставу Републике Србије, према коме свако има право на поштовање достојанства своје личности на раду, заштиту на раду и нико се ових права не може одрећи [6].

Женама, омладини и инвалидима омогућују се посебна права безбједности и здравља на раду и услови рада, у складу са законом [6].

Систем БЗР-а у Републици Србији је уређен *Законом о безбједности и здрављу на раду*, за чију израду су у највећој могућој мјери примјењени захтјеви из Директиве 89/391/ЕЕЦ о увођењу мјера за подстицање побољшања безбједности и здравља на раду, подзаконским прописима, којима су у национално законодавство транспоноване појединачне директиве ЕУ које су донијете на основу Директиве 89/391/ЕЕЦ, али и другим подзаконским прописима у области БЗР-а [6]. Систем безбједности и здравља на раду чини и преко 170 ратификованих Конвенција МОР-а. Осим тога систем БЗР-а има подршку многих других закона, подзаконских прописа, техничких прописа и стандарда чијом се примјеном остварују безбједни и здрави радни услови.

3. БЕЗБЈЕДНОСТ И ЗДРАВЉЕ РАДНИКА У НИСКОГРАДЊИ

Област нискоградње обухвата многе различите објекте, попут путева, пјешачких површина, земљаних објеката (насипи, канали и слично), система одводњавања (риголе, каналете и слично), мостова, тунела и другог. Сви наведени радови подразумијевају извођење припремних радова (сјечење шибља, сјечење дрвећа, рушење коловоза, рушење ивичњака, стругање коловозних слојева и друго). Велики дио опасности које се јављају при изради припремних радова се уклања коришћењем личних заштитних средстава (средстава за заштиту главе, радних рукавица, радног одијела, одговарајуће обуће). Ипак у неким случајевима се јављају ризици који се не могу отклонити само коришћењем личних заштитних средстава. Ти ризици се обично јављају и при извођењу других врста радова (изради путева, градњи мостова, земљаних радова) и мјере за њихово спречавање се могу примјенити и на ситуације које се јављају у току припремних радова.

У раду су детаљније обрађене репрезентативне цјелине:

- земљани радови,
- изградња тунела,
- изградња мостова и
- изградња путева.

3.1 Земљани радови

Готово је немогуће саградити неки објекат, а да се у некој од фаза грађења не појаве земљани радови, поготово код објеката нискоградње који се већим својим дијелом и ослањају, односно налазе у земљи. При ископима ровова, канала, бунара, јама и при другим ископима појављују се опасности од обрушавања, пуцања или клизања земљаних маса, продора воде, поплаве, појаве опасних гасова итд. Зависно од облика, обима и положаја тих објеката зависиће и обим и степен сложености земљаних радова, а од тога и начин заштите радника и околине.

Прије самог почетка радова испитују се особине тла, попут јединичне масе, угла унутрашњег трења, присуства воде и слично. Тиме се добија слика о стању терена у којем се ради и у зависности од тога се одређује сам начин извођења радова. Такође, потребно је провјерити и присуство подземних исталација или других постројења, и у том случају обратити посебну пажњу на заштиту радника, али и тих инсталација и објеката.

3.2 Изградња тунела

У тунелима се због ограниченог простора, присуства влаге и воде, али и недостатка свјежег ваздуха и свјетлости, код људи јавља осјећај нелагоде који негативно утиче на људске психо-физичке способности и здравље. Због тога радови у тунелима спадају у радове високог ризика и те радове могу да изводе само здравствено способни и обучени радници. Према [8] прије почетка радова у тунелу се израђује пројекат о грађењу тунела, који треба да садржи:

- опис редослиједа радова и радних операција у свакој фази радова,
- опис организације извођења радова,
- технички опис фаза грађења и технички опис радних операција,
- опис и приказ мјера заштите на раду приликом извођења радова.

3.3 Изградња мостова

Мостови, вијадукти и надвожњаци представљају специфичне саобраћајне објекте са карактеристикама објеката високоградње [2]. Због тога доминантну улогу у заштити радника при извођењу ових радова имају упуства за рад на висини.

Радник не смије да отпочне рад или ради на висини уколико је уморан, ненаспаван, психички растројен, под дејством лијекова, седатива, алкохола или других опојних средстава. У току радова радник треба да носи личну заштитну опрему (слика 3.9).



Слика 3.9 Радник са додатном опремом за рад на висини

Уколико се стубови моста граде у води то може да подразумијева употребу загата, прибоја, бунара или кесона. До наведених мјеста је потребно обезбиједити сигуран приступ радника, а то подразумијева чист, сигуран и прегледан приступ води, односно превозном средству, затим сигуран транспорт преко воде и сигуран излаз и улаз радника из пловила на мјесту рада. Радницима се мора обезбиједити и сигуран приступ и рад на стубовима и њиховим темељима, независно да ли се они налазили у води или на сувом.

3.4 Израда коловозне конструкције

Послови на градњи коловозне конструкције представљају дио завршних радова приликом изградње путева, изузимајући послове на уређењу градилишта, постављању вертикалне и хоризонталне сигнализације и опреме пута. Реализација ових послова обавља се након завршетка припремних радова, земљаних радова, радова на изградњи објекта пута (надвожњака, вијадукта, мостова, тунела...), као и радова на изградњи доњих неvezаних слојева пута. Сви наведени објекти се граде кроз брдско-планинске предјеле, шумске предјеле, кроз насељена мјеста, као прилази градилишту или путеву унутар градилишта, или поред значајних саобраћајница, жељезничких или неких других значајних објеката. Од услова у којима се путеви граде зависиће и додатне мјере заштите на раду.

Постоји мноштво различитих коловозних конструкција и њихова употреба и присутност зависи од мноштва фактора. Њихова основна подјела јесте на круте и флексибилне коловозне конструкције. Круте конструкције подразумијевају употребу бетона као основног градивног елемента. При грађењу ових конструкција важе правила заштите радника која се користе при армирању, бетонирању и другим сличним грађевинским пословима. Како се на нашим просторима граде углавном флексибилне конструкције, круте се неће детаљније обрађивати у овом раду.

Процес градње флексибилних конструкција код нас је такав да се завршни слојеви (асфалт-бетони) праве у асфалтним базама по врућем поступку, затим превозе до мјеста уградње и уграђују у више слојева у конструкцију.

Посебне мјере заштите приликом обављања послова асфалтирања обухватају:

- мјере заштите због одвијања процеса рада у близини саобраћаја,
- мјере заштите због кретања и рада возила и машина,
- мјере заштите због одвијања процеса рада на отвореном простору уз повећане температуре,
- мјере заштите од буке и вибрације.

4. АНАЛИЗА СТАТИСТИЧКИХ ПОДАТАКА

Према [1] у Републици Србији послодавац је дужан да одмах, а најкасније у року од 24 часа од настанка, усмено и у писменој форми пријави надлежној

инспекцији рада и надлежном органу за унутрашње послове сваку смртну, колективну или тешку повреду на раду, повреду на раду због које запослени није способан за рад више од три узастопна радна дана, као и опасну појаву која би могла да угрози безбједности и здравље запослених.

Упркос дугогодишњем постојању законске регулативе и завода за статистику подаци из Србије, па и Европске Уније, нису довољно детаљни и не приказују нискоградњу, односно израду путева и мостова, као одвојену цјелину у грађевинарству. Из тог разлога анализа података у овом раду је извршена на основу података о повредама на простору читавих Сједињених Америчких Држава. Подаци се односе на повреде настале у периоду између 2003. и 2015. године и преузети су са званичне странице америчког Завода за статистику рада (<https://www.bls.gov/>).

Подаци се односе на повреде настале при градњи аутопутева, путева и мостова. Према тежини повреде подаци су подијељени у двије групе, повреде са смртним исходом и повреде без смртог исхода. Обе групе су приказане у зависности од више параметара.

Број повреда са смртним исходом је приказан у зависности од:

- старости радника,
- догађаја или изложености радника која је довела до повреде,
- извора повреде,
- повријеђеног дијела тијела,
- природе повреде или болести и
- радне активности која је узрок повреди.

Број повреда без смртог исхода је приказан у зависности од:

- старости радника,
- догађаја или изложености радника која је довела до повреде,
- извора повреде,
- повријеђеног дијела тијела,
- природе повреде или болести,
- дужине радног стажа повријеђеног радника код послодавца код кога је настала повреда,
- дужине изостанка радника са посла,
- дана у седмици када је повреда настала,
- доба дана када је повреда настала и
- броја сати рада прије настанка повреде.

5. ЗАКЉУЧАК

У овом раду анализиране су повреде које су се у посматраном периоду (од 2003. до 2015. године) десиле на градилиштима везаним за путеве, аутопутеве и мостове, широм Сједињених Америчких Држава. Анализиране су повреде са смртним исходом и повреде без смртог исхода, а подаци обухватају узроке настанка повреда, природу повреда, временске оквири дешавања повреда и карактеристике самих радника.

Главни узроци за настанак повреда са смртним исходом јесу возила и машине и инциденти који настају при њиховом коришћењу. Чак 80% смртних случајева настаје услед ових инцидента. Код повреда без смртног исхода осим главни узроци за настанак повреда јесу ситуације у којима долази до падова (20%), превеликих напора (19%) и додира са објектима или опремом (34%).

До смрти радника у већини случајева долази услед вишеструких повреда (55% случајева) и повреда главе (19% случајева).

Повреде које немају смртни исход су такве да су најчешћи повријеђивани дијелови тијела екстремитети (50%) и торзо (29%). Уколико се посматра природа ових повреда видљиво је да најчешће долази до истегнућа и уганућа (34%).

Структура повреда без смртног исхода је таква да се јасно издвајају повреде услед којих радник изостаје више од 30 дана. Оваквих повреда је 36%.

Ако се посматрају временски оквири долази се до закључка да је почетак радне седмице најризичнији по раднике, са благо гором ситуацијом у току уторка (21% свих повреда), у односу на понедељак (20%) и сриједу (19%). Овакво стање се вјероватно може приписати недостатку концентрације и радне доктрине код радника након одмора, односно викенда. Доба дана када се највећи број повреда десио је између 08:00 и 12:00 часова (35%). Нешто боља ситуација је у периоду између 12:00 и 16:00 часова (24%). Ови подаци потврђују податке који описују број повреда у зависности од броја сати проведених на радном јесту прије него што је до повреде дошло. Према тим подацима, најризичнији период за раднике је након што проведу на градилишту између 2 и 4 сата (20%). Након тог временског периода број повреда постепено опада.

Радници који се најчешће повријеђују јесу радници старости између 35 и 44 године (28%). Након њих са нешто мањим бројем повреда слиједе радници старости између 45 и 54 године (25%), односно радници старости између 25 и 34 године (24%). У ситуација када долази до смрти услед повреда старосна доб радника се помјера, па је доминантна група радника старости од 45 до 54 године (29%). Њу са нешто мањим бројем слиједи група радника старости од 35 до 44 године (22%), односно од 55 до 64 године (19%). Ако се посматра дужина радног стажа радника код послодавца код којег је настала повреда, јасно се издвајају радници чија дужина радног стажа не прелази 12 мјесеци (38%). Оваква ситуација се вјероватно може приписати недостатку радног искуства и неприпремљености радника на нову радну околину.

Из свега наведеног се може закључити да је број повреда још увијек забрињавајући, узимајући у обзир тренутни степен развоја цивилизације, ниво развоја технике и технологије, али и могућности учења из доступних књига, података и искустава других људи. Због тога је неопходно да инвеститори и људи стручни у различитим областима преузму још више

одговорности на себе, у циљу сталног развоја закона, процеса рада, процеса обуке и заштите радника, организације грађења, начина комуницирања, као и начина прикупљања и обраде статистичких података.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Службени гласник СР Србије, *Закон о безбедности и здрављу на раду*
- [2] Горан Ћировић, Славка Лазић-Војиновић: *Безбедност и заштита здравља на раду у грађевинарству*, Висока грађевинско-геодетска школа, Београд, 2009.
- [3] <http://www.buildmagazin.com/index2.aspx?fld=tekstovi&ime=bm2209.htm> посљедња посјета 15.12.2017. г.
- [4] Санела Тешић (2015.), *Анализа утицаја ризика градилишта на повреде на раду у грађевинарству*, Факултет техничких наука, Нови Сад
- [5] <https://www.minrzs.gov.rs/lat/medjunarodna-organizacija-rada.html> посљедња посјета 9.11.2017. г.
- [6] Влада Републике Србије, *Стратегија безбедности и здравља на раду у Републици Србији за период од 2013. до 2017. године*
- [7] Никола Хархаји (2011.), *Безбедност и здравље на раду у грађевинарству – анализа примене законске регулативе и усаглашеност са европским нормама*, Факултет техничких наука, Нови Сад
- [8] Службени гласник СР Србије, *Правилник о заштити на раду при извођењу грађевинских радова*
- [9] <http://www.znrinfo.com/index.php/oblasti-znr/gradevinarstvo/31-tehnicke-mjere-zastite-prilikomk-zemljanih-radova>, посљедња посјета 25.10.2017. г.
- [10] Држислав Видаковић, *Заштита на раду при извођењу грађевинских радова*, Технички прописи и нормизација, Грађевински факултет свеучилишта Ј. Ј. Strossmayera, Осиек, 2008. г.
- [11] Mary Ann Butler, *Health effects of occupational exposure to asphalt*, U.S. Department of health and human services, December 2000.
- [12] Службени гласник СР Србије, *Правилник о начину регулисања саобраћаја на путевима у зони радова*
- [13] Службени гласник СР Србије, *Правилник о превентивним мерама за безбедан и здрав рад при излагању вибрацијама*
- [14] Службени гласник СР Србије, *Правилник о превентивним мерама за безбедан и здрав рад при излагању буци*

Кратка биографија:



Милан Шикачевић рођен је у Бањој Луци 1992. године. Основне студије завршио је у јуну 2016. године, на Архитектонско-грађевинско-геодетском факултету У Бањој Луци, из области грађевине, на тему Потпорне конструкције од армираног тла.

PROJEKAT DVOBRODNE ARMIRANOBETONSKE HALE SA PREDNAPREGNUTIM KROVNIM NOSAČIMA**THE DESIGN PROJECT OF REINFORCED TWO-BAY CONCRETE HALL WITH PRESTRESSED ROOF GIRDERS**Marko Radovanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu je prikazan projekat konstrukcije montažne dvobrodne armiranobetonske hale sa prednapregnutim krovnim nosačima, kao i uporedna analiza proračuna efekata prednapreznja prema Evrokodu 2 i PNB71.

Abstract – In this paper is presented a design project of precast reinforced two-bay concrete hall with prestressed roof girders, and comparative analysis of the effects of prestressing according to PNB71 and EC2.

Ključne reči: Prethodno naprezanje, dvobrodna hala, Evrokod.

1. UVOD

Projektnim zadatkom je predviđeno projektovanje dvobrodne armiranobetonske hale (slika 1.) koju opslužuju dve nezavisne dvogredne mostne dizalice (mostni kranovi), nosivosti 32t, raspona 23.1m [1], sa kotom gornje ivice šine (GIŠ) na 8.25m od kote nivoa poda ($\pm 0.00m$). Projektnim zadatkom je takođe predviđeno da je visina kuke za podizanje tereta naminimalno 5.5m od kote nivoa poda. U delu hale koji čine 2 polja, mora se predvideti kancelarijski prostor koji čine prizemlje i sprat. Lokacija na kojoj se objekat nalazi je Novi Sad. Konstrukcija je modelirana kao prostorni model uz pomoć softvera za analizu i proračun konstrukcija - Radimpex Tower 7.0.

2. TEHNIČKI OPIS**2.1 Dispoziciono rešenje objekta**

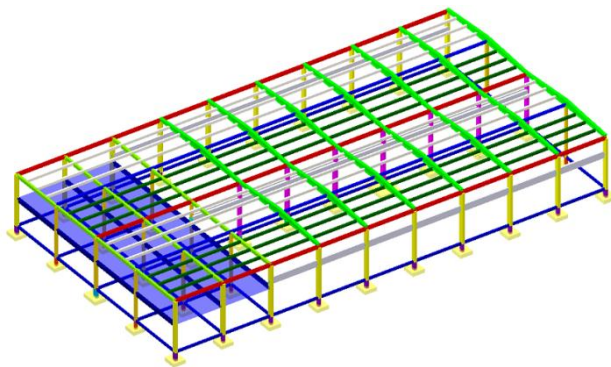
Na osnovu zahteva iznesenih u projektnom zadatku, projektovan je objekat gabaritnih dimenzija 50,30x90,50m. Svetla širina jednog broda je uslovljena rasponom kрана i iznosi 23,80m. Visina hale u slemenu iznosi 12,10m, dok je svetla visina u proizvodnom delu 10,30m (od kote $\pm 0.00m$). Glavnu krovnu konstrukciju hale čine prednapregnuti glavni krovni nosači Pos GN-1 koji premošćavaju raspon jednog broda. Kao krovni pokrivač odabran je krovni panel debljine 10cm, proizvođača marke „Silex”. Paneli se oslanjaju na sekundarne krovne nosače-rožnjače, i na olučne grede. Rožnjače (Pos RO) imaju ulogu prijema opterećenja sa krovnog pokrivača i prenosa na glavne krovne nosače.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Zoran Brujić.

Olučne grede imaju ulogu prijema dela opterećenja sa krovnog pokrivača i prenosa direktno na stubove, ali i da, kao koritasti elementi, skupljaju kišnicu koja se vertikalnim olukom dalje vodi do kolektora kišnice. Mostni kranovi se kreću po nosačima kranske staze Pos NKS koji se preko kratkih elemenata oslanjaju na stubove. Dimenzije stubova su $b/d=50/90cm$.

Međuspratnu tavanicu kancelarijskog prostora čine „PI” ploče Pos Pi koje se oslanjaju na međuspratne grede Pos MG. Temeljnu konstrukciju čine temelji samci i temeljne grede. Temelji samci Pos TS imaju ulogu prijema opterećenje sa stubova i prenosa na tlo, dok temeljne grede preuzimaju opterećenje od zidova.



Slika 1. Izometrijski prikaz modela konstrukcije

Kvalitet betona za sve elemente konstrukcije je klase C30/37, osim za prednapregnute krovne nosače kod kojih je korišten beton klase C40/50 i temelje samce koji su izrađeni od betona klase C35/45. Svi elementi su armirani betonskim čelikom B500B ili armaturnim mrežama MA400/500.

3. ANALIZA OPTEREĆENJA

Analiza opterećenja koja deluju na objekat sprovedena je prema odgovarajućim standardima za sledeća opterećenja:

- Stalno opterećenje: sopstvena težina konstruktivnih i nekonstruktivnih elemenata
- Korisno opterećenje kancelarijskog prostora $q_k=4,0kN/m^2$, saglasno standardu EN 1991-1-1, [2]
- Opterećenje snegom $q_s=1,17kN/m^2$, saglasno standardu EN 1991-1-3, [3]
- Opterećenja vetrom je proračunato saglasno standardu EN 1991-1-4, [4], za lokaciju Novi Sad, 2. kategoriju terena i slučaj ravnog krova ($\alpha=3,4^\circ < 5^\circ$).

Fundamentalna vrednost osnovne brzine vetra iznosi $v_{b,0}=26\text{m/s}$.

- Opterećenje od kрана je proračunato saglasno standardu EN 1991-3. Kran je marke „Stahl“ i usvojene su dimenzije kрана koje odgovaraju rasponu od 23,1m i nosivosti od 32t, [1].
- Seizmičko opterećenje i uticaji su dobijeni primenom multimodalne spektralne analize, koja na osnovu proračunatih tonova oscilovanja i ulaznih podataka, za svaku modalnu masu sračunava odgovarajuću inercijalnu silu. Uticaji od seizmičkog dejstva se dobijaju kao statička kombinacija uticaja (SRSS) svakog pojedinačnog tona. Objekat je 3. kategorije i tip tla je B.

4. PRORAČUNSKI MODEL KONSTRUKCIJE

Proračun i analiza elemenata konstrukcije su urađeni pomoću programskog paketa „Tower 7“ [5], koji je baziran na metodi konačnih elemenata i pomoću kog se omogućava formiranje prostornog modela konstrukcije linijskim i površinskim elementima. Isti programski paket je korišćen za statički i dinamički proračun, kao i za dimenzionisanje konstruktivnih elemenata. Svi uticaji u konstrukciji su određeni na osnovu proračunskog modela koji dovoljno realno predstavlja stvarnu konstrukciju i njeno ponašanje pod različitim dejstvima.

Objekat je projektovan i modeliran kao armirano-betonska dvobrodna okvirna konstrukcija (slika 1). Proračunski raspon jednog broda je 24m, dok su poprečni okviri na međusobnom osovinskom rastojanju od 10m. Pri modeliranju korišćeni su konačni elementi prosečne veličine 0,5x0,5m.

Temeljnu konstrukciju čine temelji samci koji su projektovani kao pločasti elementi debljine $d=70\text{cm}$ i $d=50\text{cm}$ koji se preko površinskog oslonca oslanjaju na tlo. Dozvoljeni naponi u tlu su ograničeni na $\sigma_{\text{dop}}=250\text{kN/m}^2$. Za model tla je usvojen jedno-parametarski Vinklerov model tla kojim se tlo tretira kao elastična podloga, a zasniva se na proporcionalnosti između pritiska na tlo u posmatranoj tački i vertikalnog elastičnog sleganja u toj tački. Stišljivost podloge se izražava preko koeficijenta posteljice i iznosi 15000kN/m^3 .

Rožnjače, olučne i međuspratne grede su modelirane kao linijski elementi.

Glavni krovni nosači su modelirani sa realnim karakteristikama zbog globalnog proračuna konstrukcije, dok je sam proračun elementa, kao prednapregnutog, urađen odvojeno.

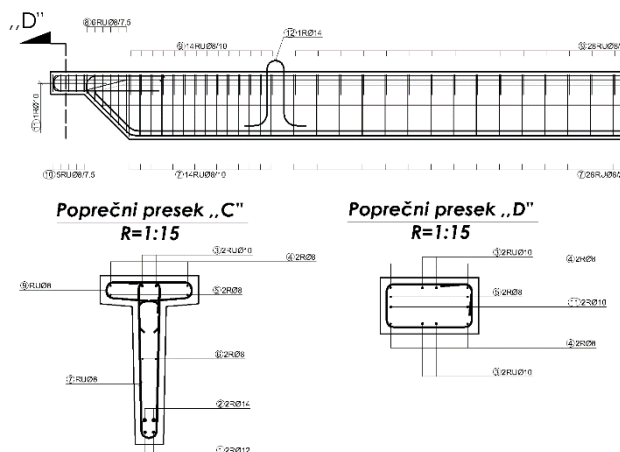
Međuspratna tavanica koju čine „Pi“ ploče je modelirana kao puna ploča koji prenosi opterećenje u jednom pravcu pošto je njen proračun urađen izolovano od modela konstrukcije, dok je njeno prisustvo neophodno zbog krutosti i seizmičke analize.

Nosači kranske staze i kratki elementi su modelirani prostornim modelom ali njihova analiza i dimenzionisanje su urađeni odvojeno od globalnog modela konstrukcije.

Stubovi su linijski elementi uklješteni u temeljne stope, a zglobno su vezani sa grednim elementima.

5. DIMENZIONISANJE I ARMIRANJE ELEMENATA KONSTRUKCIJE

Elementi su dimenzionisani prema evropskim standardima, prema uticajima merodavnih graničnih kombinacija opterećenja [6]. Za armiranje je upotrebljena rebrasta armatura B500B. Prednapregnuti glavni krovni nosači su projektovani odvojeno od modela konstrukcije. Njihovo prednaprezanje je izvršeno pomoću kablova 4x4Ø16. Primenjeni sistem prednaprezanja je „SPB SUPER“. Rožnjače (slika 2.), olučne grede, „Pi“ tavanice i međuspratne grede su dimenzionisane kao elementi izloženi čistom savijanju usled gravitacionih opterećenja.



Slika 2. Armiranje rožnjače

Nosači kranske staze su opterećeni koncentrisanim vertikalnim i horizontalnim pokretnim opterećenjem i kao takvi su dimenzionisani i armirani. Kompletno opterećenje sa konstrukcije se preko stubova prenosi do temelja samaca. Stubovi su dominantno opterećeni na savijanje usled seizmičkih uticaja i sile pritiska usled gravitacionog opterećenja te su dimenzionisani kao elementi opterećeni složenim savijanjem.

6. UPOREDNI PRORAČUN EFEKATA PREDNAPREZANJA GLAVNOG KROVNOG NOSAČA PREMA PNB71 I EC2

Za potrebe proračuna prednapregnutih konstrukcija, pretpostavka o „idealnom“ prednaprezanju nije ostvariva jer sila u kablju nije konstantna celom dužinom kabla i jednaka sili na presi kojom je kabl zategnut. Zbog različitih efekata koji se ne mogu izbeći, kod realnog prednaprezanja, sila u kablju se menja u toku zatezanja kabla, a početne postignute sile se menjaju i u toku vremena. Ti efekti koji utiču na promenu sile u kablju se zovu gubici sile prednaprezanja i dele se na:

- Početne (trenutne) gubitke sile prednaprezanja
- Vremenske (konačne) gubitke sile prednaprezanja

Za numerički proračun prednaprezanja i poređenje rezultata prema PNB71 i EC2 odabran je krovni nosač T poprečnog preseka, raspona 24m i visinom u sredini raspona od 1,5m i početnom silom prednaprezanja $P_0=3100,8\text{kN}$.

6.1 Trenutni gubici sile prednaprezanja - Trenje

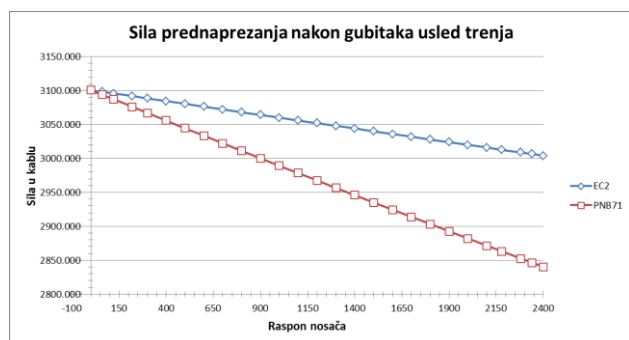
Pri naknadnom prednaprezanju, kretanje kabla pri zatezanju je praćeno pojavom kontinualnog trenja kabla o zidove cevi, čime se gubi deo sile u kablu. Na taj način se trenje „opire” izduženju kabla te smanjuje silu zatezanja. Izraz za proračun pada sile prednaprezanja prema pravilniku PNB71 [7] glasi:

$$\Delta P_x = P_0 \cdot (1 - e^{-(\mu \cdot \alpha + k \cdot x)})$$

Evrokodom [8] se propisuje sledeći izraz:

$$\Delta P_x = P_0 \cdot (1 - e^{-\mu \cdot (\alpha + k \cdot x)})$$

Analiza rezultata proračuna pada sile prednaprezanja usled trenja kabla je pokazana na grafiku 1:



Grafik 1. Pad sile prednaprezanja usled trenja

S obzirom da se prednaprezanje nosača vrši samo sa jedne strane, može da se vidi očekivani pad sile prednaprezanja usled trenja kablova o zaštitne cevi. Prilikom proračuna, koristeći obrazac koji se propisuje Evrokodom, sila ima pad od 3,12% u odnosu na početnu silu prednaprezanja, dok primenom obrazca prema PNB71, pad sile na kraju nosača iznosi 8,41% sile na presi.

6.2 Trenutni gubici sile prednaprezanja – uvlačenje klina pri ankerovanju

Uvlačenje klina pri ankerovanju kablova dovodi do smanjenja početne sile u kablu za veličinu izgubljenog izduženja, što može imati značajnu vrednost kod kratkih kablova. Nakon što se dostigne potrebna sila na presi, vrši se ukotvljenje kabla i oslobađanje prese. Nakon oslobađanja, dolazi do hoda klina, jer klinovi „zubima” moraju da „ugrizu” užu pri uvlačenju u anker ploču. Usled hoda klina postignuto izduženje užeta na presi se smanjuje za veličinu uvlačenja klina, te se gubi i sila u kablu. Pad sile u kablu usled uvlačenja klina se može proračunati pomoću sledećeg PNB71 izraza:

$$\Delta N_{kl} = \frac{\Delta l_k}{L} \cdot E_k \cdot F_k$$

Dužina na kojoj se manifestuje pad sile se proračunava na sledeći način:

$$x_o = \sqrt{\frac{\Delta l_k \cdot E_k}{\sigma_{k0} \cdot \left(\frac{\mu + \mu'}{2} \cdot \frac{\theta}{l} + k \right)}}$$

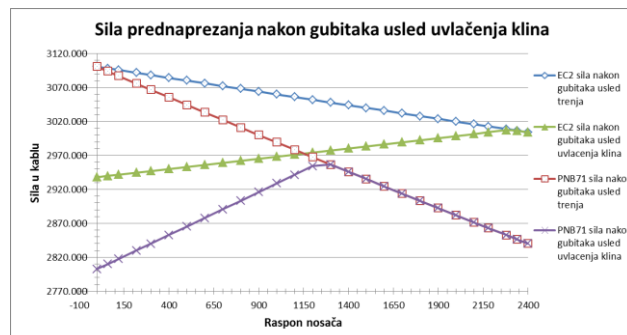
Prema Evrokodu (sistem Dywidag) navedeni izraz glasi:

$$P_e = P_0 \cdot (1 - 2 \cdot L_e \cdot \mu \cdot \gamma_l)$$

Dužina na kojoj se manifestuje pad sile se određuje na sledeći način:

$$L_e = \sqrt{\frac{\Delta L_n \cdot E_p \cdot A_p}{P_0 \cdot \mu \cdot \gamma_l}}$$

Analiza rezultata proračuna pada sile prednaprezanja usled uvlačenja klina je pokazana na grafiku 2:



Grafik 2. Pad sile prednaprezanja usled uvlačenja klina

Nakon pada sile usled uvlačenja klina, sila prednaprezanja proračunata prema EC2 je u svim presećima veća od sile proračunate prema PNB71, odnosno gubici sile su veći prema srpskim propisima nego prema evropskim, dok se pad sile prema EC2 rasprostire na većoj dužini. Razlika u dužini se javlja jer se u izrazu prema PNB71 javlja koeficijent povratnog trenja pri vraćanju užeta i on dovodi do smanjenja dužine rasprostiranja gubitaka.

6.3 Trenutni gubici sile prednaprezanja – Elastične deformacije

Unošenje sile prednaprezanja izaziva deformaciju konstrukcije (skraćenje elementa), što kao posledicu ima pad sile. Kod naknadnog prednaprezanja, kada se svi kablovi zatežu istovremeno, sila prednaprezanja se preko presa istovremeno prenosi i na čeonu površinu betonskog elementa. Betonski element se skraćuje istovremeno sa istezanjem kablova, pre fiksiranja kotvi, pa nema gubitaka od elastičnog skraćivanja betonskog elementa. Međutim, istovremeno zatezanje svih kablova u praksi često nije moguće realizovati, te gubitke sile usled elastičnog skraćivanja betona potrebno analizirati. U praksi se kablovi zatežu i ankeruju jedan po jedan, te pri zatezanju svakog narednog kabla, betonski element se postepeno skraćuje zajedno sa već prethodno ankerovanim kablovima, te zbog toga dolazi do odgovarajućeg pada sile. Ukoliko bi svi kablovi bili istovremeno zategnuti, odgovarajuća deformacija AB elementa u nivou položaja težišta kablova bi se mogla, prema PNB71, odrediti kao:

$$\Delta \varepsilon_{bk} = \frac{1}{E_b} \left[\left(\frac{N_k^0}{A_i} + \frac{N_k^0 \cdot y_{ik}^2}{I_i} \right) - \frac{M_g}{I_i} y_{ik} \right]$$

Uvažavanjem činjenice da će se kablovi zatezati jedan po jedan, pad sile se može proračunati na sledeći način:

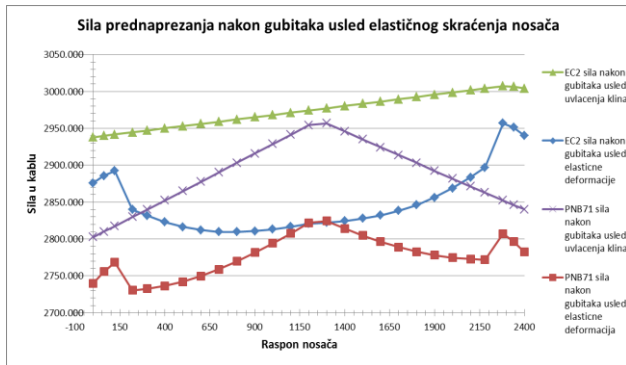
$$\Delta N_k^0 = \frac{1}{2} \cdot \frac{r - 1}{r} \cdot E_k \cdot F_k \cdot \Delta \varepsilon_{bk}$$

Prema Evrokodu, izraz za određivanje pada sile je dat na sledeći način:

$$\Delta P_{el} = A_p \cdot E_p \cdot \sum \left[\frac{j \cdot \Delta \sigma_c(t)}{E_{cm}(t)} \right]; \text{ gde je:}$$

- $\Delta \sigma_c(t)$ – promena napona u težištu kablova u vremenu t
- j – iznosi: $(n-1)/2n$

Pad sile prednapreznja nakon gubitaka usled elastičnog skraćenja elementa je prikazan na grafiku 3:



Grafik 3. Pad sile prednapreznja usled elastičnog skraćenja

Na grafiku 3. može da se vidi da nakon trenutnih gubitaka sile prednapreznja, sila u kablovima na sredini nosača je približno ista bez obzira da li se nosač proračunavao prema EC2 ili PNB71. Na ostalom delu nosača se javlja nešto veća sila prednapreznja prema Evrokodu nego prema PNB71.

6.4 Gubici sile prednapreznja usled vremenskih deformacija

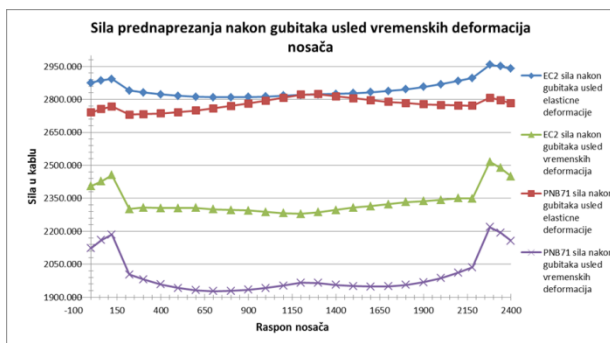
Skupljanje i tečenje betona, kao i relaksacija kablovskog čelika takođe izazivaju pad sile u kablovima. Pravilnik PNB71 daje izraz za proračun pada napona u kablovima [9]:

$$\Delta \sigma_k(t) = \frac{n \varphi \sigma_{b0} + E_k \varepsilon_{sk} + \Delta \sigma_{rel}}{1 + n \frac{F_k}{F_b} (1 + \chi \varphi)}$$

Evrokodom se propisuje modifikovan prethodni izraz:

$$\Delta \sigma_{c+s+r} = \frac{\varepsilon_{cs} E_p + 0.8 \Delta \sigma_{pr} + \frac{E_p}{E_{cm}} \varphi(t, t_0) \sigma_{c,qp}}{1 + \frac{E_p}{E_{cm}} \frac{A_p}{A_c} \left(1 + \frac{A_c}{I_c} z_{cp}^2 \right) [1 + 0.8 \varphi(t, t_0)]}$$

Konačna sila prednapreznja se videti na grafiku 4:



Grafik 4. Pad sile prednapreznja usled vremenskih deformacija

Na grafiku 4. može da se primeti da u kablovima, prema EC2 i PNB71, nakon gubitaka sile usled vremenskih deformacija, dolazi do neke vrste ujednačavanja sile u kablovima duž nosača. Ovo se jedino ne može reći za delove nosača u blizini oslonaca gde se, zbog promene krutosti i kao rezultat proračuna gubitaka sile usled elastičnog skraćenja elementa, javlja skokovita promena sile prednapreznja.

7. ZAKLJUČAK

Dobijena sila prednapreznja, analizirana primenom Evrokoda, ima veću vrednost od sile proračunate primenom pravilnika PNB71. Rezultati uporedne analize pokazuju da se ukupan pad sile prednapreznja kreće oko 26% primenom Evrokoda, dok se primenom PNB71 dobija pad sile od prosečno 36%. U tom slučaju se može reći da će nosači proračunati primenom evropskog standarda imati veći otpor prema spoljašnjem opterećenju jer će se generisati veće ekvivalentno zamenjujuće opterećenje.

Primenom Evrokoda, savremenijeg propisa, dobijaju se nešto racionalnije konstrukcije koje sa manjim utroškom materijala mogu savladati velike raspone sa velikim opterećenjem. S obzirom na predstojeće usaglašavanje domaće regulative s evropskom, poznavanje Evrokoda za beton predstavlja prioritet za svakog inženjera.

8. LITERATURA

- [1] „STAHL Crane Systems“ – Product Information
- [2] EN 1991-1-1:2002 – Dejstva na konstrukcije
- [3] EN 1991-1-3:2003 – Dejstva snega
- [4] EN 1991-1-4:2005 – Dejstva vetra
- [5] Tower 7 - Build 7631 – uputstvo
- [6] EN 1992-1-1:2004 - Evrokod 2, Proračun betonskih konstrukcija - Deo 1-1: Opšta pravila i pravila za zgrade
- [7] Romić, Slobodan [1982.]: Prednapregnuti beton u teoriji i arhitektonskoj praksi, Beograd
- [8] Gukov, Igor [2007.]: Prednapeti beton – Predavanja, Zagreb
- [9] Brčić, Stanko [2014./15.]: Prednapregnute i spregnute konstrukcije - materijal sa predavanja, Građevinski fakultet u Novom Pazaru

Kratka biografija:



Marko Radovanović rođen je u Bijeljini 1987. god. Zvanje diplomiranog inženjera građevinarstva stiče u oktobru 2014. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo - Konstrukcije - Montažne betonske konstrukcije, odbranio je 2017. god.

PROCENA STANJA I KONSTRUKTIVNA SANACIJA VIŠESPRATNE STAMBENE ZGRADE U NOVOM SADU**ASSESSMENT AND STRUCTURAL REPAIR OF MULTISTORY RESIDENTAL BUILDING IN NOVI SAD**

Miloš Paroški, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je dato sanaciono rešenje za zidanu višespratnu stambenu zgradu, neotpornu na dejstvo seizmičkih sila. Izvršen je kontrolni proračun konstrukcije i zaključeno je da konstrukcija ne može prihvatiti seizmičke sile. Kao sanaciono rešenje, postavljena su armirano-betonska platna, koja prihvataju sile od seizmike, izvršen je statički proračun platana i njihovo dimenzionisanje. Opisan je postupak izvođenja platana. Priložena su i sanaciona rešenja za pojavu kapilarne vlage i za difuziju vodene pare u zidovima objekta.

Abstract – This paper presents a repair solution for masonry multistory residential building, which is resistless on seismics forces. Control analysis for construction was performed and it was concluded that the construction can not accept seismic forces. Reinforced concretes panels, that accept seismic forces, were set as repair solution. Static analysis of panels and it's dimensioning was performed. Also, a procedure of making panels was described. Repair solutions for appearance capillary moisture and for diffusion aerated water in walls of this object were attached.

Glavne reči: armiranobetonska seizmička platna, HIO tehnologija, paropropusni malteri

1. UVOD

U teorijskom delu rada, data je kratka istorija zidanih objekata. Analizirani su materijali koji se koriste za gradnju zidanih konstrukcija. Opisane su vrste zidanih konstrukcija poput nearmiranih, armiranih, prednapregnutih i zidova uokvirenih armiranobetonskim serklazima. Priložen je sažet postupak proračuna zidanih konstrukcija na horizontalna i vertikalna opterećenja po domaćem Pravilniku za zidane konstrukcije i po Evrokodu 6.

1.1. Cilj rada

Cilj ovog rada je povećavanje otpornosti zidane zgrade na dejstvo zemljotresa, odnosno, produženja „životnog veka“ konstrukcije. To se postiže uvođenjem armiranobetonskih platana, raspoređenim po obimnim zidovima objekta, sa unutrašnje strane, sa što većom težnjom simetričnosti. Teži se ravnomernijoj raspodeli krutosti elemenata objekta po svakoj etaži i ravnomernijoj raspodeli masa elemenata objekta po svakoj etaži, kako bi razmak centara krutosti i

masa bio što manji. Sa manjim ekscentricitetom, javlja se manji momenat torzije, usled dejstva seizmičkih sila. Pored osposobljavanja objekta za prijem sila zemljotresa, saniraju se oštećeni zidovi usled dejstva kapilarne vlage i difuzije vodene pare. Za saniranje zidova usled dejstva kapilarne vlage, koristi se HIO tehnologija, a za saniranje zidova oštećenih usled difuzije vodene pare, koristi se malterisanje zidova paropropusnim malterom.

2. OPIS KONSTRUKCIJE

Osnova predmetnog objekta je razučena, približno je u obliku ćiriličnog slova П, najvećih dimenzija 22.85 m x 13.5 0m. Temeljnu konstrukciju čine armiranobetonski trakasti temelji širine 81cm, 68cm i 55cm, u zavisnosti od debljine nosećeg zida.

Dubina fundiranja iznosi 1.54m, sa dvorišne strane i 2.64m sa ulične strane objekta. Masivni konstruktivni sistem objekta čine zidani zidovi opekom debljine 51cm, 38cm i 25 cm. Visina zidova suterena iznosi 270 cm, a visina zidova prizemlja, prvog, drugog i trećeg sprata je 321 cm. Visina zidova potkrovlja je promenljiva, odnosno, prati nagib krovnih ravni. Najveća visina zidova potkrovlja je 276 cm, a najmanja 124 cm. Zidovi od suterena do drugog sprata, uključujući i drugi sprat, nemaju vertikalne serklaže, jer u vreme projektovanja ove konstrukcije nisu postojali seizmički propisi zidanih konstrukcija.

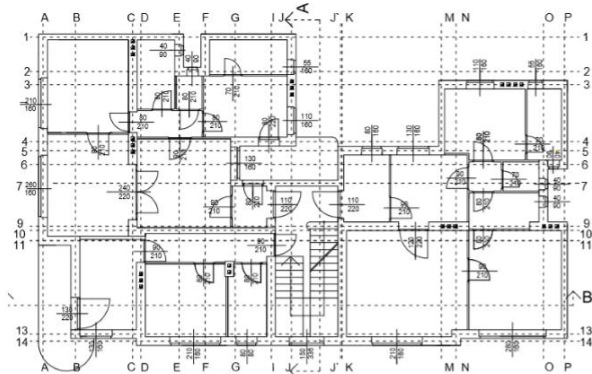
Noseći zidovi potkrovlja su debljine 25cm, obloženi termoizolacionim slojem. Ovi zidovi, kao i zidovi trćeg sprata sadrže vertikalne serklaže, jer su u vreme projektovanja trećeg sprata i potkrovlja korišćeni novi propisi koji uključuju seizmičko opterećenje zidanih konstrukcija. Podna ploča je armirano-betonska, debljine 15 cm. Međuspratnu konstrukciju čini armiranobetonska rebrasta tavanica. Visina rebara je 22cm, širina je 20cm, a debljina ploče je 10cm.

Rebra se nalaze na osovinskom rastojanju od 74cm. Na svakih 3m, nalazi se rebro za ukrucenje, upravno na ostala rebra. Međuspratnu konstrukciju nadograđenog sprata čini puna armiranobetonska ploča debljine 20 cm. Stepenište je trokrako, osim u suterenu, gde je dvokrako. Širina stepenišnih gazišta je 30 cm, a visina iznosi 16,7 cm. Debljina krakova, podesta i međupodesta je 10cm.

Stepenišni krakovi su oslonjeni na armiranobetonske grede dimenzija 40x30cm, a grede se oslanjaju na noseće zidove. Krovnu konstrukciju čine čelični kutijasti nosači dimenzija 140x80x6mm. Osovinski razmak rogova je 79cm. Krovni pokrivač je termoizolacioni, profilisani lim.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Vlastimir Radonjanin, red. prof.



Slika 1. – Osnova objekta

3. PROCENA STANJA

Analiziran je objekat koji se nalazi na uglu ulica Stevana Branovačkog i Jovana Boškovića, u Novom Sadu. Objekat je izgrađen 1939.godine, a kasnije je nadograđen treći sprat i potkrovlje. Sprovedena je procena stanja, kojoj je prethodilo pribavljanje postojeće projektno-tehničke dokumentacije. Pronađeni su crteži svih osnova i jedan presek. Takođe, dat je statički proračun konstrukcije. Zatim je usledio „terenski rad“, izlazak na sam objekat, uporedna analiza izvedenog stanja sa onim što je navedeno u pronađenoj projektnoj dokumentaciji i registrovanje postojećih defekata i oštećenja. Svi registrovani defekti i oštećenja su praćeni foto-dokumentacijom. Na osnovu registrovanih defekata i oštećenja formiran je zaključak o stanju objekta.

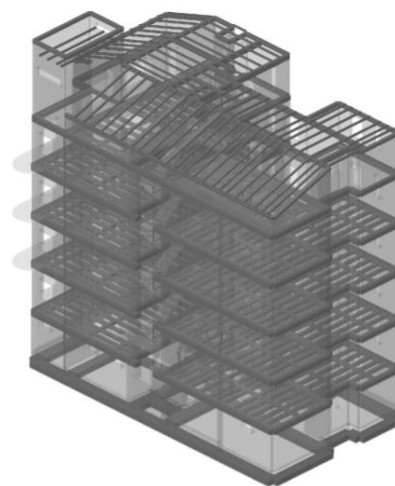


Slika 2. Pojava kapilarne vlage u zidu u osi 3

4. KONTROLNI PRORAČUN POSTOJEĆEG STANJA KONSTRUKCIJE

Kontrolni proračun postojeće konstrukcije objekta sproveden je na računarskom modelu koji je izrađen u računarskom programu za proračun građevinskih konstrukcija Tower 7.0. Sproveden je prema važećem pravilniku za armiranobetonske konstrukcije, „Pravilnik BAB 87“ i prema domaćem, „Pravilniku za zidane konstrukcije“. Budući da je stambena zgrada izgrađena 1939. godine, kada nije postojao pravilnik o izgradnji objekata visokogradnje u seizmički aktivnim područjima,

dimenzionisanje elemenata konstrukcije sprovedeno je prema teoriji dopuštenih napona, bez delovanja seizmičkog opterećenja. Kako se prema važećem pravilniku „O tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima“ iz 1981.godine, Novi Sad nalazi u seizmičkom području, VIII stepen seizmičnosti po skali MCS, tako je postojeća konstrukcija objekta, postala izložena i seizmičkom dejstvu. U kontrolnom proračunu dimenzionisanje elemenata konstrukcije je sprovedeno prema teoriji graničnih stanja, što je u skladu sa važećim pravilnikom BAB 87.



Slika 3. 3D model objekta

4.1. Analiza opterećenja

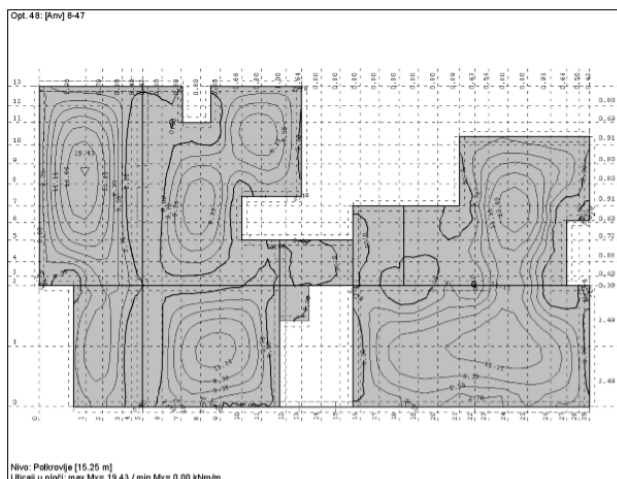
Analizirana su sva opterećenja koja deluju na objekat. Tu spadaju stalno opterećenje (sopstvena težina objekta, dodatno stalno opterećenje, kao i opterećenje tla), korisno opterećenje $p=1.5\text{kN/m}^2$, opterećenje snegom $s=1.0\text{kN/m}^2$, opterećenje vetrom, dato u dva pravca i četiri smeru delovanja i seizmičko opterećenje, koje ima alternativno dejstvo, što znači da ima jednak intenzitet u jednom pravcu, a suprotan smer. Poput opterećenja vetrom, deluje u dva pravca.

4.2. Modeliranje konstrukcije

Grede, serklaži i trakasti temelji su modelirani linijskim, a svi pločati elementi (zidovi i ploče) pločastim elementima. Mehaničke karakteristike su određene skupom karakteristika definisanih za odgovarajući beton (korišćene marke MB20 i MB35) i čelik (korišćena armatura GA240/360 i RA400/500). Geometrijske karakteristike su definisane na osnovu homogenosti bruto betonskog preseka, sa izuzetkom torziona krutosti koja je smanjena na 10% iste. Ovo se smatra potpuno opravdanim iz razloga brzog pada torziona krutosti koja se pri dostizanju granične nosivosti može zanemariti.

Najmanje realno u modeliranju konstrukcije jeste, svakako, modeliranje tla. Programski paket Tower 7.0 ima mogućnost modeliranja tla pomoću Vinklerovog modela. Vinklerov model tla je jednoparametarski model. Podloga se prikazuje u vidu modela u kome je tlo zamenjeno bskonačnom serijom međusobno nevezanih opruga. Pritisak u nekoj tački je posledica sleganja samo te tačke, nema trenja u kontaktnoj površi, a u ovom obliku oprugama je moguće preneti preneti i pritisak i zatezanje,

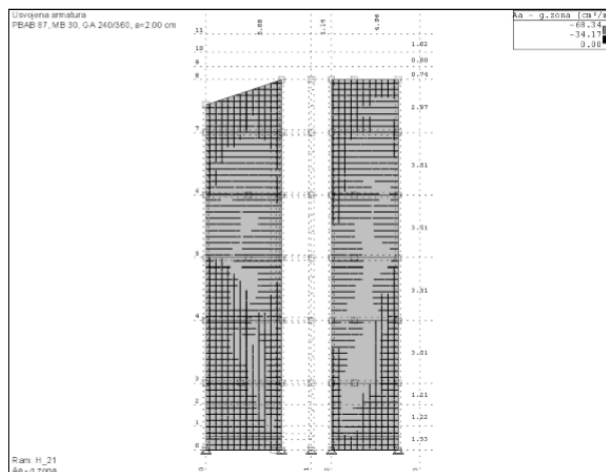
Prema Pravilniku razmatraju se najnepovoljnije kombinacije dejstava na konstrukciju, što ima za posledicu različito tretiranje dejstava koja imaju povoljan efekat na presečne sile od onih koje nemaju. Parcijalnim koeficijentima sigurnosti (koji su posledica osiguravanja procenjenih karakteristika materijala i dejstava) kojima se množe dejstva pri međusobnom kombinovanju, nastoji se dati neophodna sigurnost proračunu dimenzionišući konstrukciju na uvećane uticaje.



5. PRORAČUN I DIMENZIONISANJE ARMIRANO-BETONSKIH SEIZMIČKIH PLATANA

Dimenzionišu se po teoriji graničnih stanja nosivosti. U kritičnom preseku su opterećeni velikim momentima savijanja i aksijalnom silom.

Merodavna je kombinacija koja umanjuje povoljno dejstvo aksijalne sile pritiska i maksimizira momente savijanja. Potrebnu količinu vertikalne armature je moguće odrediti korišćenjem interakcionih dijagrama za simetrično armirane preseke. U zoni najvećih uticaja bilo bi najbolje izbeći nastavljjanje vertikalne armature. Prijem smičućih napona se u potpunosti poverava horizontalnoj armaturi, pa njena potrebna količina određena iz tog uslova ne sme biti manja od $Aa=1.1 \cdot \frac{T_u}{B \cdot \sigma_{yk}}$. Izraz se odnosi na ukupnu armaturu, po oba lica. Zidovi u ovom objektu su orijentisani u oba pravca (x i y) i klasifikovani su kao „normalni” debljine 20cm.



U jednom krilu AB platna, u osi 1, najveća količina vertikalne armature jeste u podnožju platna, gde je usvojeno 21RØ32/15cm. Idući ka višim spratovima, količina armature se smanjuje: 21RØ25/15cm, pa 21RØ19/15cm do konstantne količine usvojene armature 21RØ12/15cm. Horizontalna armatura je konstantna celom visinom zida i iznosi RØ12/20cm.

U drugom krilu AB platna, u osi 1, najveća količina vertikalne armature jeste u podnožju platna, gde je usvojeno 31RØ25/10cm. Idući ka višim spratovima količina armature se smanjuje: 31RØ19/10cm, do konstantne količine usvojene armature 31RØ16/10cm. Horizontalna armatura je konstantna celom visinom i iznosi RØ12/20cm.

U jednom krilu AB platna, u osi 10, najveća količina vertikalne armature jeste u podnožju platna, gde je usvojeno 30RØ25/10cm. Idući ka višim spratovima, količina armature se smanjuje do konstantne količine usvojene armature 30RØ12/10cm. Horizontalna armatura je konstantna celom visinom zida i iznosi RØ12/10cm.

U drugom krilu AB platna, u osi 10, najveća količina vertikalne armature jeste u podnožju platna, gde je usvojeno 28RØ19/10cm. Idući ka višim spratovima količina armature se smanjuje do konstantne količine usvojene armature 28RØ16/10cm. Horizontalna armatura je konstantna celom visinom i iznosi RØ16/10cm.

U jednom krilu AB platna, u osi C, najveća količina vertikalne armature jeste u podnožju platna, gde je usvojeno 29RØ19/10cm i ona je konstantna celom visinom zida. Horizontalna armatura je konstantna celom visinom zida i iznosi RØ14/20cm. Ista količina vertikalne i horizontalne armature je i u drugom krilu tog platna.

U jednom krilu AB platna, u osi P, najveća količina vertikalne armature jeste u podnožju platna, gde je usvojeno 27RØ20/10cm. Idući ka višim spratovima, količina armature se smanjuje do konstantne količine usvojene armature 27RØ16/10cm. Idući ka višim spratovima količina armature se smanjuje do konstantne količine usvojene armature 27RØ16/10cm. Horizontalna armatura je konstantna celom visinom zida i iznosi RØ16/10cm.

U drugom krilu AB platna, u osi P, najveća količina vertikalne armature jeste u podnožju platna, gde je usvojeno 41RØ18/10cm. Idući ka višim spratovima količina armature se smanjuje do konstantne količine usvojene armature 41RØ16/10cm. Horizontalna armatura je konstantna celom visinom i iznosi RØ12/10cm.

6. SANACIJA OBJEKTA

Kod predmetnog objekta postoje dva problema koje treba sanirati: difuzija vodene pare i kapilarno upijanje vode.

Kao sanaciono rešenje, preporučuje se malterisanje zidova na oštećenim mestima paropropusnim malterom. Ovaj malter se, za razliku od ostalih maltera, sastoji od oko 35% vazdušnih pora, poluprečnika oko 0.5mm. Pore su međusobno povezane neprekinutim kapilarima. Kroz kapilare, odnosno, mikropore voda može da prolazi samo u gasovitom stanju, dok je njeno kretanje u tečnom stanju nemoguće. Na ovaj način, vodena para nesmetano prolazi kroz malter i ne pravi pritisak na njega.

Za sanaciono rešenje protiv kapilarne vlage, voda može da prolazi samo u gasovitom stanju, dok je njeno kretanje u tečnom stanju nemoguće. Na ovaj način, vodena para nesmetano prolazi kroz malter i ne pravi pritisak na njega.

HIO-tehnologija se koristi kao sanaciono rešenje. Zidovi se seku u njihovom podnožju, posebnom mašinom, a zatim ubacujemo PVC šine koje sprečavaju kapilarno penjanje vlage. Iako su zidovi presečeni, stabilnost i nosivost nisu ugroženi, jer zahvaljujući svojoj čvrstoći, šine prihvataju opterećenje i prenose ga na temelje.

6.1. Postupak izrade AB seizmičkih platana

Potrebno je odštemati podnu ploču objekta, tako da budući otvor u njoj bude dimenzija temelja seizmičkih platana osnovi. Pre uklanjanja tog dela betona, skidaju se svi slojevi poda na toj ploči. Štemanje se obavlja uz pomoć specijalnih mašina za štemanje betona, koje konstantno vibrirajući uklanjaju beton. Sledeći postupak je ručno iskopavanje temeljne jame za seizmička platna, dubine do 99cm u odnosu na donju kotu ploče. Zatim se nasipa tampon sloj šljunka u sloju od 10cm, a nakon toga sloj mršavog betona od 5cm.

Uloga mršavog betona jeste da se napravi zaštitni sloj betona koji iznosi 4cm. Nakon postavljanja armature temelja seizmičkih platana, predviđene prema projektu, vrši se betoniranje temelja. Kroz sve ploče i rebra međuspratne konstrukcije, potrebno je probušiti rupe i u njih ankerisati vertikalne armaturene šipke, prečnika predviđenih prema projektu, kako bi se omogućilo nastavljjanje armature seizmičkih platana. U izbušene rupe, pre postavljanja armaturnih šipki, rupe treba ispuniti injekcionom masom, koja će omogućiti dobru adheziju betonske međuspratne konstrukcije i armaturnih šipki. Sledeći postupak jeste

montaža oplata platana i montaža armature platana. Oplata mora imati dva izbušena otvora u gornjem i donjem delu. U donji deo će se ubaciti gumeno crevo betonske pumpe, a gornji otvor služi da se istisne vazduh i da se stekne sigurnost da je beton popunio sav prostor u oplati. Nakon montaže oplata i armature, pristupa se betoniranju.

Koristi se poseban beton, dovoljno tečan da lako popuni sav prostor u oplati i, takođe, sa određenom količinom vode kako se ne bi pojavile prsline usled sakupljanja nakon betoniranja. Ovaj postupak betoniranja naziva se „pumpanje”. Ovakav postupak se sprovodi za svako seizmičko platno u objektu. Veličina agregata u betonu zavisi od ras- tojanja armaturnih šipki. Oplata mora biti dobro zaptivena, stabilna i dobro pričvršćena, da bi izdržala hidrostatički pritisak betona i pritisak pumpe, kojom se ostvaruje kompaktiranje. Pumpanje se vrši sve dok se ne ispuni ceo prostor predviđen za sanaciju i dok se ne primeći da je oplata pod dodatnim pritiskom. Kada beton očvrstne i dobije zadovoljavajuću čvrstoću (prema PBAB-u) nakon 28 dana (u praksi taj period se može skratiti na 7 dana) oplata se skida, a beton se neguje.

7. ZAKLJUČAK

Sanacijom, konstrukcija se vraća u prvobitnu funkciju i omogućava se da konstrukcija prihvati dodatno opterećenje. Nosiva konstrukcija objekta treba da bude sigurna, upotrebljiva i trajna za predviđeno vreme.

Potrebno je da se u toku trajanja objekta, odnosno njegovog korišćenja, obavlja redovno održavanje, te eventualne popravke.

8. LITERATURA

- [1] M.Muravljev i B.Stefanović – Zidane I drvene konstrukcije zgrada, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd 2003.
- [2] SRPSU.C7.123 – Srpski standard sa obaveznom primenom od 1988 – stalna opterećenja građevinskih konstrukcija
- [3] SRPSU.C7.121 - Srpski standard sa obaveznom primenom od 1988 – korisna opterećenja stambenih i javnih zgrada
- [4] SRPSU.C7.110-112 – Srpski standard sa obaveznom primenom od 1992 – opterećenje vetriom
- [5] EVROKOD 6 – Proračun zidanih konstrukcija
- [6] EVROKOD 8 – Proračun seizmički otpornih konstrukcija
- [7] Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmički aktivnim područjima
- [8] M.Malešev, V.Radonjanin; Materijal sa predavanja – Trajnost, procena stanja I sanacija zidanih konstrukcija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
- [9] M.Malešev, V.Radonjanin: Materijal sa predavanja-Trajnost, procena stanja I sanacija betonskih konstrukcija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Kratka biografija:



Miloš Paroški rođen je u Novom Sadu, 2.juna 1993.god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo–Konstrukcije odbranio je 2017. god.

АНАЛИЗА КВАЛИТЕТА ВАЗДУХА НА ТЕРИТОРИЈИ ГРАДА СРЕМСКА МИТРОВИЦА**ANALYSIS OF AIR QUALITY IN THE TERRITORY OF THE CITY OF SREMSKA MITROVICA**

Никола Вученовић, Јелена Радонић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област – ЗАШТИТА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

Кратак садржај – У мастер раду је описан проблем контаминације амбијенталног ваздуха и процеси транспорта и трансформације полутаната у ваздуху. Такође, у раду су приказани и резултати континуираног праћења нивоа концентрација суспендованих честица, чађи, сумпор–диоксида и азот–диоксида на репрезентативним локалитетима у граду Сремска Митровица и њихова анализа у складу са законском регулативом.

Abstract – The master thesis describes the problem of ambient air contamination and processes of transport and transformation of pollutants in the air. Also, the thesis presents the results of continuous monitoring of the concentration levels of suspended particles, soot, sulphur dioxide and nitrogen dioxide at representative locations in the city of Sremska Mitrovica and data analysis in accordance with the legislation.

Кључне речи: суспендоване честице, амбијентални ваздух, Сремска Митровица.

1. УВОД

Загађење ваздуха озбиљно нарушава здравље људи и стање екосистема. Квалитет ваздуха у урбаним срединама је условљен радом енергетских постројења, порастом броја моторних возила и индустријском производњом, а зависи и од врсте, броја и извора загађења. Циљ рада је анализирати емисије штетних супстанци у ваздуху на територији Сремске Митровице и њихових сезонских варијација током године. Општи циљ је да се спречи односно редукује и, у крајњем случају, спречи контаминација и негативни утицај хемијских супстанци на квалитет ваздуха у животној средини.

2. ЗАКОНСКА РЕГУЛАТИВА У ОБЛАСТИ ЗАШТИТЕ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

У процесу европских интеграција, са циљем усаглашавања са прописима Европске Уније, Република Србија је у децембру 2004. године донела сет од четири закона из области заштите животне средине (Закон о заштити животне средине, Закон о процени утицаја на животну средину, Закон о стратешкој процени утицаја на животну средину и

Закон о интегрисаном спречавању и контроли загађивања животне средине), а након тога донети су и одређени подзаконски акти.

3. ОПИС ЛОКАЦИЈЕ УЗОРКОВАЊА

Програмом контроле квалитета ваздуха се успоставља локална мрежа мерних станица и мерних места за праћење квалитета ваздуха на територији града Сремска Митровица за 2016. годину, одређује се број и распоред мерних станица и мерних места, као и обим, врста и учесталост мерења. Праћење квалитета ваздуха остварује се контролом нивоа загађујућих материја пореклом од стационарних извора загађивања и од покретних извора загађивања и праћењем утицаја загађеног ваздуха на здравље људи и животну средину. На основу података о нивоу загађујућих материја у ваздуху, врши се оцењивање квалитета ваздуха.

Избор мерног места је извршен у складу са захтевима корисника услуга и Уредбе о условима за мониторинг и захтевима квалитета ваздуха (Сл. гласник РС 11/10, 75/10 и 63/2013) у насељеном подручју. Мерна места су репрезентативна за индустријску зону и стамбену зону јер се налазе у оквиру фирме, „MetalferSteelMill“ и у школи „9. мај“ која се налази у стамбеној зони. Мерна места се налазе у правцу доминантног смера дувања ветра и нивои загађења су последица укупних утицаја свих извора загађења у непосредној околини мерних места. Узорковање је реализовано у периоду од 01.01.2016. до 31.12.2016. године.

У оквиру анализе резултата мерења нивоа концентрације загађујућих материја у ваздуху, извршено је поређење квалитета ваздуха у индустријској и у стамбеној зони и добијени су подаци о варијацијама емисија загађујућих материја током године.

4. МЕТОДЕ УЗОРКОВАЊА

Поступак узорковања амбијенталног ваздуха се састоји из следећих фаза:

- Планирање узорковања ваздуха;
- Припрема за узорковање ваздуха;
- Узорковање ваздуха;
- Транспорт узорака;
- Пријем и обележавање узорака.

НАПОМЕНА:

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је била др Јелена Радонић, ванр. проф.

4.1. Узорковање сумпор(IV)-оксида, азот(IV)-оксида и чађи

Колектовање узорка ваздуха врши се помоћу апарата за узорковање AT 801 X2 Проекос (Слика 1), при чему се гасовите загађујуће материје апсорбују из познате запремине ваздуха у погодни апсорпциони раствор. Узорци чађи се добијају филтрирањем познате запремине ваздуха кроз филтер папир.



Слика 1. Стаклене испиранице

Апарат се поставља на изабрано мерно место. Активирање и подешавање апарата и поступак узорковања се реализују у складу са упутством за рад са апаратом за узорковање ваздуха, односно методом узорковања. Унапред припремљене испиранице са апсорпционим раствором се обележавају водонепропусном налепницом и, у део „Број узорка по реду / параф узоркивача“, уноси се број и датум узорковања. Испиранице се постављају у апарат за узорковање ваздуха, на мерном месту. Након завршеног узорковања, на дисплеју апарата се читава запремина ваздуха за период од 24h и вредности се уносе у Записник за узорковање ваздуха. Такође се, након завршеног једног циклуса, поставља нова серија испираница са апсорпционим растворима за следеће узорковање.

За улазак ваздуха у апарат се користи левак од стакла постављен на силиконско црево, као доводни канал ваздуха спојен са апаратом за узорковање. Апарат се поставља у затворен простор, а доводно усисно црево се провлачи кроз рам прозора или адекватан канал у зиду просторије, како би могао да се извуче у спољашњу средину. Усисно црево треба да је удаљено најмање 1 m од зида, а 2,5 m изнад тла, вегетације или неке друге препреке, односно површине која може својим физичким присуством утицати на коректност састава узорка и изван утицаја локалних извора загађивања. На тај начин се обезбеђује да апарат усисава репрезентативну струју ваздуха за предвиђено мерно место.

Апарат је стациониран, прикључен на електро мрежу, напона од 220 V, са уграђеним дигиталним мерачем протока ваздуха. Мерач протока мери проток ваздуха помоћу бленде и врши ажурирање вредности протока преко процесорског склопа сваког минута, обрачунавајући укупну количину провученог ваздуха

за сваки канал тј. узорак у току 24-часовног узорковања, уз меморисање података запремине ваздуха и времена узорковања. Апарат поседује електромагнетну вибрациону пумпу номиналног протока до 3 l/min. Програмирањем рада апарата, доступни су подаци о тренутном протоку и укупном времену узорковања. У случају нестанка електричне енергије, процесор региструје престанак рада пумпе у току 24 часа рада за сваки дан.

За испитивање узорка ваздуха се користе стандардне методе у складу са међународним стандардима и Правилником, чије се ознаке налазе уз резултате испитивања [1].

4.2. Узорковање суспендованих честица

Узорковање суспендованих честица врши се узоркивачем амбијенталног ваздуха Модел LVS 3 SVENLECKEL Немачка (Слика 2). Методе испитивања су у складу са Стандардом SRPS EN 12341 - Квалитет ваздуха - одређивање фракције PM10 суспендованих честица. Мерна несигурност лабораторијских метода и узорковања је израчуната као проширена мерна несигурност и износи: $\pm 14,02 \%$.



Слика 2. Узоркивач амбијенталног ваздуха

Апарат се поставља на изабрано мерно место. Активирање, подешавање апарата и поступак узорковања се врши у складу са упутством за рад са апаратом за узорковање суспендованих честица ваздуха, односно у складу са стандардном методом узорковања. Непосредно пре узорковања потребно је записати стање гасног сата и време почетка узорковања, подесити *тајмер* на апарату за рад у току захтеваног броја сати и проток од 2,3 m³/h.

Ваздух се усисава кроз кружни отвор између кућишта и округле плоче монтиране на врху.

Покривач изнад усисног отвора служи као заштита од кише и снега. Унутар отвора за узорковање, проток ваздуха се убрзава кроз 8 ударних отвора, а потом усмерава ка ударној површини. Наизменично, ток ваздуха се спроводи преко улазне цеви према држачу филтра.

Након постављања кондиционираног папира у узоркивач, теренски *бланк* у стакленој посуди се поставља у ормар испод апарата, како би био изложен при истим условима на којима се узима и реални узорак.

Узорак суспендованих честица добија ознаку *P* и троцифрени број узорка (идентификациони број, ИД) из Књиге евиденције узорака ваздуха.

Идентификациони број из Књиге евиденције прати узорак и записе о испитивању до завршетка испитивања, и уједно представља број извештаја о испитивању и број на месечном Извештају о квалитету ваздуха.

5. ПРОЦЕНА УТИЦАЈА НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ

Под проценом утицаја на животну средину (*Environmental Impact Assessment, EIA*), у најопштијем смислу, подразумева се инструмент превентивног управљања заштитом животне средине.

EIA је поступак у коме се обезбеђује одговарајућа информациона основа за доношење одлука о активностима на подручју заштите животне средине. Сви значајни утицаји одређених активности на животну средину треба да буду идентификовани, анализирани и процењени пре него што се да дозвола за реализацију одређеног пројекта [2].

У теорији се сматра да би идеалан систем процене утицаја на животну средину требало да има следеће карактеристике:

- 1) Да се примењује на све пројекте за које се очекује да ће имати значајан утицај на животну средину и да обухвати све утицаје који би могли бити значајни;
- 2) Да обезбеди алтернативу са предложеним решењем (укључујући могућност да се на локацији не предузима никакав развој), управљачким техникама и мерама за ублажавање утицаја;
- 3) Да, као резултат, има јасан документ (студију) о процени утицаја, којим се указује на важност утицаја и њихових специфичних карактеристика за које је вероватно да ће настати;
- 4) Да омогући широко учешће јавности и строг административни ревизиони поступак;
- 5) Да временски буде програмиран тако да обезбеди информације потребне за доношење одлуке;
- 6) Да буде проводив;
- 7) Да укључује мониторинг и процедуре за могућност повратних информација [3].

6. РЕЗУЛТАТИ ИСПИТИВАЊА КВАЛИТЕТА АМБИЈЕНТАЛНОГ ВАЗДУХА

У периоду од 01.01.2016. до 31.12.2016. године вршена су континуирана мерења концентрација загађујућих материја: SO_2 , NO_2 , суспендованих честица и чађи у ваздуху. Прикупљени подаци су систематизовани, обрађени, анализирани и интерпретирани у складу са Уредбом о условима за мониторинг и захтевима квалитета ваздуха (Сл. гласник РС 11/10, 75/10 и 63/2013).

6.1. Анализа резултата испитивања концентрације SO_2

Појединачне дневне концентрације SO_2 током 2016. године на мерном месту код Економске школе „9. мај“ кретале су се од $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ до $330 \mu\text{g}/\text{m}^3$. У току године евидентирано је 5 дана са концентрацијом SO_2 преко дозвољене граничне вредности за један дан. Измерене концентрације SO_2 дана 26.01.2016, 06.02.2016, 07.02.2016, 22.02.2016. и 11.12.2016. године износиле су $153 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $172 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $280 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $330 \mu\text{g}/\text{m}^3$ и $149 \mu\text{g}/\text{m}^3$, респективно.

6.2. Анализа резултата испитивања концентрације NO_2

У току године није евидентирано прекорачење концентрација азот(IV)-оксида преко дозвољене граничне вредности и дозвољене толерантне вредности за један дан. Средња годишња вредност имисије азот(IV)-оксида је $19,43 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Добијена вредност није прешла дозвољену средњу годишњу граничну вредност.

6.3. Анализа резултата испитивања концентрације чађи

Појединачне дневне концентрације чађи током 2016. године кретале су се од $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ до $83 \mu\text{g}/\text{m}^3$. У току године евидентирано је четири дана прекорачење концентрације чађи преко дозвољене граничне вредности за један дан. Измерене концентрације чађи износиле су за 18.01.2016, 21.02.2016, 17.11.2016. и 09.12.2016. године, $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $76 \mu\text{g}/\text{m}^3$ и $83 \mu\text{g}/\text{m}^3$, респективно. У току године је забележено прекорачење концентрације чађи два дана преко дозвољене толерантне вредности за један дан. 17.11.2016. године измерена концентрација износила је $76 \mu\text{g}/\text{m}^3$, док је дана 09.12.2016. концентрација износила је $83 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Сва прекорачења су детектована на мерном месту код Економске школе „9. Мај“.

6.4. Анализа резултата испитивања концентрације ПМ10 суспендованих честица

Појединачне дневне концентрације суспендованих честица ПМ10 током 2016. године кретале су се до $194 \mu\text{g}/\text{m}^3$. У току године евидентирано је 130 дана са појединачним концентрацијама суспендованих честица ПМ10 преко дозвољене граничне вредности за један дан.

Средња годишња вредност имисије суспендованих честица ПМ10 износила је $51,55 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Добијена вредност је прешла дозвољену средњу годишњу граничну вредност за насељена подручја од $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, као и средњу годишњу толерантну вредност.

7. ЗАКЉУЧАК

Највиши нивои загађујућих материја емитовани су у зимском периоду, односно током јануара, фебруара и децембра. Емисија суспендованих честица у амбијентални ваздух током зимских месеци била је најзначајнија. Евидентирано је да чак 130 дана годишње у емисији суспендованих честица долази до одступања од дозвољених граничних вредности. У случају емисије чађи и SO₂, одступања су детектована 4, односно 5 дана у години, респективно. На основу добијених резултата мерења квалитета амбијенталног ваздуха, потребно је ставити акценат на веома учестало прекорачење емисије суспендованих честица које изазивају озбиљне проблеме по здравље људи и животну средину. Као најзначајнији извори емисије суспендованих честица у амбијентални ваздух, издвајају се индивидуална ложишта и саобраћај.

Загађење ваздуха представља значајан еколошки проблем у Србији, који је настао као последица слабих оквира еколошке политике и њеног спровођења. Економски инструменти су усмерени само на убирање такси, а не на своју основну функцију, а то је да омогуће подршку за еколошки одговорно понашање.

8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Завод за јавно здравље, Годишњи извештај о мерењу квалитета ваздуха у Сремској Митровици, Сремска Митровица, 2016.
- [2] Colombo A.G, ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT; Kluwer Academic Publishers; Dordrecht/Boston/London, 1992 ,str.1
- [3] Canter L, ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT; McGraw-Hill Inc;1996, str. 2-3

Кратка биографија:



Никола Вученовић рођен је у Сремској Митровици 1992. године. Дипломски мастер рад на Факултету техничких наука из области Инжењерство заштите животне средине одбранио је 2017. године.



Јелена Радонић рођена је у Новом Саду 1976. Докторирала је на Факултету техничких наука 2009. године. У звање ванредног професора изабрана је 2015. Област интересовања је инжењерство заштите животне средине, квалитет вода и ваздуха.

PROCENA ŠTETE OD POPLAVA ESTIMATION FLOOD DAMAGE

Bojana Tišanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast –ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE

Kratak sadržaj – U ovom radu su analizirane poplave, njihovi uzroci i posledice i njihovi efekti na životnu sredinu, društvenu zajednicu i ekonomiju. Glavni cilj rešavanja problema poplava je zaštita ljudi i smanjenje posledica, što se može postići različitim merama, opisanim u radu.

Abstract – In this paper analyzes floods, their causes and consequences and their effects on the environment, community and economy. The main goal in dealing with flood problems is to protect people and reduce damage, which can be achieved by the various measures described further in the work.

Ključne reči – vodostaj, poplave, mere zaštite, reke.

1. VELIKE VODE

1.1. Uvod

Velika voda prema UNESCO-u i Svetskoj meteorološkoj organizaciji se može definisati na tri načina:

- Kao povišenje vode u vodotoku do najviše vrednosti, od koje visina vode počinje polako opadati;
- Kao rastuća plima
- Kao veliki tok vode meren visinom vodostaja ili veličinom protoka.

Velike vode se prema veličini mogu podeliti na obične, srednje i izvanredne, odnosno katastrofalne.

Uzroci nastanka velikih voda su jake kiše, topljenje snega. Druga podela velikih voda je na mirne (u ravnici) i na bujične (brdovitom području) [1].

Bujične poplave se po sastavu bujične mase dele na:

- blatne,
- blatno/kamene i
- vodeno/kamene.

1.2. Specifičnosti bujičnih poplava

Problematika bujičnih poplava nasuprot ravničarskim poplavama dobija novu dimenziju, jer se bujična voda ne sastoji samo od vode, nego od rastvorenog, nošenog i plivajućeg materijala.

Bujični vodotoci u periodu redovnog tečenja voda u vodotoku mogu se uočiti i iz vazduha, a njihove karakteristike su velike, neobrasle ili slabo obrasle kamene i blatne naplavine na rečnim obalama, meandriranje korita vodotoka, značajno odsustvo vegetacije, česte jaruge koje se prostiru ka glavnom toku vodotoka i drugi, lako uočljivi erozioni procesi. Najveću energiju ima „buična pesnica“ (Sl. 1), odnosno početni strmi talas koji za sobom nosi najveću količinu materijala, kamenja, stabala, itd.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Đorđe Čosić.



Slika 1: Buična pesnica [3]

Osnovni parametri bujičnog toka su:

- Oblik bujičnog sliva,
- Gustina mreže pritoka,
- Reljef bujičnog sliva,
- Stanje i vrsta vegetacionog pokrivača,
- Stanje erozionih procesa u slivu,
- Klimatske karakteristike sliva,
- Antropogeni uticaj.

1.3. Istorijat hidroloških osmatranja

Zadatak hidrologije je da doprinese analizi problema količina, kvaliteta i raspodele voda kako bismo njima upravljali što uspešnije. Hidrologija je nauka koja nalazi primenu u korišćenju i kontroli vodnih resursa na površini zemlje tj kopnu [2].

Prva sistemska osmatranja na teritoriji Srbije otpočela su u prvoj polovini XIX veka. Prva vodomerna stanica na našim prostorima postavljena je 1812. godine kod vojnog utvrđenja Petrovaradin – Novi Sad, a zatim i na desnoj obali Bezdana (1856. god.), Zemun (1859. god.), Slankamen (1888. god.) Novi Bečej (1885. god.), Senta (1860. god.), itd [2]. U periodu do Prvog svetskog rata na Dunavu je postojalo 12 vodomernih stanica na kojima su uglavnom vršena terminska osmatranja vodostaja.

U periodu između dva Svetska rata hidrološka služba funkcionisala je u okviru Generalne direkcije voda, odnosno počev od 1938. godine u okviru hidrotehničkog odeljenja Ministarstva Građevina [6].

Posle Drugog Svetskog rata potpisana je „Konvencija hidrometeorološka služba prihvatila zadatak i obavezu o prikupljanju i razmeni informacija sa takozvanih „izveštajnih stanica“ koje su bile uglavnom locirane duž Dunava i njegovih neposrednih pritoka. Sve intenzivnija plovidba na Dunavu i njegovim pritokama, češća pojava velikih voda i odbrana od njih, kao i izgradnja velikih vodoprivrednih sistema, uslovljala je proširenje i moder-

nizaciju mreže izveštajnih stanica i mreže stanica za koje se izdaju hidrološke prognoze i informacije. Sve intenzivnija plovidba na Dunavu i njegovim pritokama, češća pojava velikih voda i odbrana od njih, kao i izgradnja velikih vodoprivrednih sistema, uslovljavala je proširenje i modernizaciju mreže izveštajnih stanica i mreže stanica za koje se izdaju hidrološke prognoze i informacije (Sl. 2).



Slika 2: Slivovi na teritoriji Republike Srbije [4]

2. PROCENA POTENCIJALNIH ŠTETA

2.1. Hidrološko-hidrauličke analize

Tipologija poplava zavisi od veličine sliva i njegovih karakteristika. Nepohodno je identifikovati moguće uzroke poplava (intenzivne kiše, topljenje snega, koincidencija velikih voda). Kao što je poznato, poplave obično nastaju kada površinski oticaj usled dugotrajnih ili intenzivnih kišnih epizoda u uslovima vodom zasićenog tla, premaši kapacitet rečnih korita. Rizik od poplava se dodatno povećava usled klimatskih promena, kao i usled raznih antropogenih uticaja, kao što je smanjenje retenzionog kapaciteta u priobalju usled urbanizacije ili neke druge izmene u nameni površina. U niskim aluvijalnim područjima, režim podzemnih voda je osetljiv na visoke kote nivoa u rekama, tako da poplave usled „unutrašnjih“ (podzemnih) voda mogu izazvati velike štete. S druge strane, bujične poplave u brdskim područjima mogu takođe imati ozbiljne posledice. Velika učestalost poplava u urbanim područjima praćeno je zagušenjem kanizacionih sistema, narušavanjem kvaliteta voda i zagađenjem životne sredine.

Bez obzira na vrstu poplave, granice plavnog područja moraju se odrediti hidrauličkim proračunom, koristeći modele linijskog i/ili ravanskog tečenja. Savremeni pristup zahteva da se rezultati hidrauličkih proračuna prikazuju u GIS okruženju, jer ono integriše ulazne podatke i rezultate različitih proračuna i omogućava lako kombinovanje raznih tematskih sadržaja, kao što su namena površina, plavne zone, štete itd.

2.2. Indikatori potencijalne štete

Za izražavanje šteta od poplava koriste se dva parametra [1]:

- Najveća maksimalna šteta (S_{max}) je najveća procenjena vrednost imovine za datu nemenu površine. Reč je o gornjoj granici štete („totalnoj šteti“), koja se ne može ostvariti čak i u slučaju najvećih poplava.
- Faktor štete (α) je indikator moguće štete, izražen kao procenat u odnosu na najveću štetu S_{max} . Promenljivost ovog parametra se definiše pomoću funkcija štete – zavisnosti između dubine plavljenja i štete za određeni tip namene površina. Novčani iznos potencijalne štete, shodno definiciji navedenih parametara, definiše se kao:

$$S = \alpha \times S_{max}.$$

2.3. Funkcija štete

Funkcije štete predstavljaju zavisnosti između dubine plavljenja i vrednosti plavljenjem ugrožene imovine, potencijalne štete. Funkcije štete, koje imaju vrednosti između 0 (nema štete) i 1 (totalna šteta, potpuni gubitak imovine), karakteriše početak (prva pojava štete), najveća vrednost (maksimum funkcije) i oblik funkcije. Moguća su dva tipa ovih funkcija. Jedan, zasnovan na stvarnim štetama (registrovanim u prošlosti) i drugi, na sintetičkim štetama. Sintetičke funkcije štete, koje se u nastavku razmatraju, koriste se u prognostičke svrhe, najčešće za potrebe ekonomskih analiza dobiti i troškova („benefit-cost“), u sklopu projekata sistema za zaštitu od poplava.

U Nemačkoj, u praksi važe sledeće preporuke za izradu sintetičkih funkcija štete u urbanim područjima :

- formirati klase objekata na osnovu njihove veličine;
- za svaku klasu odabrati nekoliko reprezentativnih stambenih objekata i proceniti njihovu vrednost, kao i vrednost inventara u tim objektima. Vrednost štete se određuje na osnovu karakterističnih kota iznad i ispod nivoa terena, pri čemu snimanje na terenu zvanično obavlja akreditovana geodetska služba;
- osrednjavanjem šteta na reprezentativnim objektima, dobija se merodavna vrednost štete za svaku klasu objekata, a uzimanjem u obzir porast štete sa dubinom plavljenja, dolazi se do traženih funkcija štete.

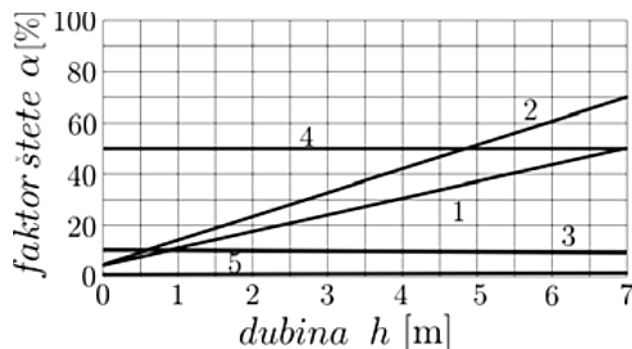
Do sad ne postoji opšte prihvaćena metodologija za konstrukciju ovih funkcija, jer odražavaju lokalne uslove. Zato se, od zemlje do zemlje, veoma razlikuju (Slika 3, Funkcija potencijalnih šteta za reke Rajnu i Elbu u Nemačkoj) [1].

3. GEOGRAFSKI POLOŽAJ OPŠTINE BEOČIN

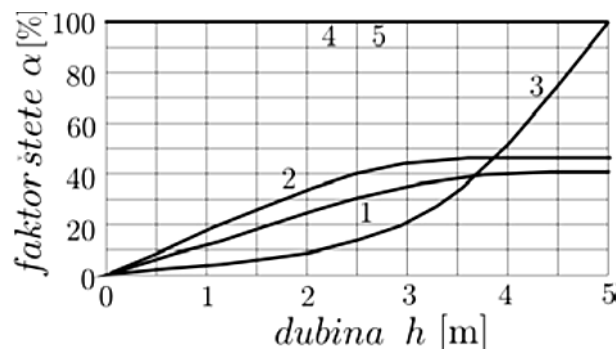
Opština Beočin se nalazi u centralnom delu AP Vojvodine, u severozapadnom delu Srbije. Teritorijalno pripada severnom delu Srema, severnom granicom opštine protiče reka Dunav koja deli opštinsku teritoriju od teritorije grada Novog Sada, a južnu stranu Opštine obuhvataju obronci planine Fruske Gore.

Novi Sad, koji je administrativni centar AP Vojvodine, udaljen je od Beočina 17 km. Za Frušku Goru karakteristično je to da je izgrađena od slabo propustljivih stena pa se stoga površinske vode zadržavaju na površini terena što je uzrokovalo razvijenu hidrografsku mrežu.

Teritorija opštine Beočin predstavlja deo AP Vojvodine koji prima najveću količinu vodenih taloga (kiša, sneg, grad) tokom cele godine. U samom naselju Beočin, podzemne vode su na dubinama od 1, 3m do 9, 5m.



Obzirom da je urađen nasip regionalnog puta P-107, vode Dunava ne ugrožavaju naselje Beočin ali su sela Čerević, Banoštor i Susek i dalje ugrožena.



Slika 3: Funkcija štete od poplava u dolini reke Rajne (levo) i Elbe (desno) 1. -naselja, 2-saobraćajna infrastruktura, 4-poljoprivreda, 5-šume[1].

4. POPLAVE U OPŠTINI BEOČIN 2006. GODINE

Za procenu štete usled poplava, zadužena je Komisija za procenu štete nastale usled poplava. Komisija je počela sa radom (posle održanih sastanaka na kojima je izgrađen operativni plan rada) 3. maja. 2006. godine.

Po operativnom planu napravljene su 3 podkomisije: dve za procenu štete na građevinskim objektima i jedna za procenu štete u poljoprivredi. Komisija je obradila sve građevinske objekte po mesnim zajednicama oštećene od elementarnih nepogoda u svim mesnim zajednicama na teritoriji opštine i izvršila procenu [4]:

1. MZ Beočin grad (naselje Dunav – naselje Šljivik) ukupno 115 obrađenih objekata,
2. MZ Čerević ukupno 135 obrađenih objekata,
3. MZ Banoštor ukupno 43 obrađenih objekata,
4. MZ Susek ukupno 53 obrađena objekta,
5. MZ Rakovac ukupno 9 obrađenih objekata.
6. Pregled i procena privatnih subjekata (koji su sami izvršili procenu) - ukupno 4.

Ukupno je obrađeno i procenjeno 357 predmeta štete.

Procena štete u poljoprivredi i ribarstvu - Komisija je izvršila procenu štete nastale u poljoprivredi usled poplava, klizišta i podzemnih voda.. Rekapitulacija je data po mesnim zajednicama [4]:

1. MZ Rakovac (26 zahteva): ukupno procenjeno štete - 2.198.778,00 RSD,
2. MZ Beočin (24 zahteva): ukupno procenjeno štete - 996 532,00 RSD,
3. MZ Čerević (17 zahteva): ukupno procenjeno štete - 1.003.159, 00 RSD,
4. MZ Banoštor (2 zahteva): ukupno procenjeno štete - 35.000,00 RSD i
5. MZ Susek (49 zahteva): ukupno procenjeno štete - 1.994.410,00 RSD.

Ukupno je obrađeno 118 zahteva a iznos ukupno procenjene štete je 6.227.879, 00 RSD.

Ukupna šteta u ribarstvu je procenjena na: 12.888.785,00 RSD.

5. POSLEDICE POPLAVA 2014. GODINE NA SRBIJU

Poplave u Srbiji 2014. godine su posledice obilnih padavina i to je dovelo do povećanja velikih voda na Savi, Tamnavi, Kolubari, Jadru, Zapadnoj Moravi, Velikoj Moravi, Mlavi i Peku. Ukupno gledano poplave su pogodile oko 1,6 miliona ljudi koji žive u 38 opština i gradova, uglavnom u centralnoj i zapadnoj Srbiji, od toga su dva grada i 17 opština teško pogođeni.

Pri tome, 32.000 ljudi je privremeno evakuisano, a 57 osoba je izgubilo život [6]. Kada je reč o poljoprivredi, poplavljeno je oko 80.000 hektara poljoprivrednih površina, pri čemu se procenjuje da je ovom elementarnom nepogodom pogođeno oko 33.000 poljoprivrednika.

Sudeći po tome da je u Srbiji zasejano ukupno 3 miliona hektara, procenjeno je da su poplave direktno uticale na smanjenje poljoprivredne proizvodnje za oko 2,5 %. Procenom stanja saobraćajne infrastrukture konstatovano je da je oštećeno 945 km puta, što železnice i auto-puteva, a poplavama je oštećeno i 307 mostova.

6. ZAKLJUČAK

Poplave, kao problem današnjice, trebalo bi detaljno analizirati i raditi na suštini problema. Jedno od rešenja bilo bi formiranje stalnog tela, koje bi se bavilo ovom temom, kao i formiranje radnih grupa sačinjenih od stručnjaka iz ove oblasti.

Zasad, najbitnije je načiniti prve korake radi rešavanja i suzbijanja problema poplava u Srbiji. Na teritoriji Opštine Beočin izgrađena je linija odbrane od poplava na putu od Ledinaca do Čerevića. Međutim, trasa nije završena na deonici od Beočina do Čerevića, kao i na delu fabričkog kanala, što bi u budućnosti bio zadatak za opštinu Beočin. Beočin, kao opština, trebalo bi takođe da vodi računa o održavanju postojećih obaloutvrda i izgradnji novih, zatim da edukuje stanovništvo i više angažuje ljude iz stručnog tima koji su zaduženi za poplave. Bilo bi korisno i da žitelji grada budu u mogućnosti da lako dođu do svih potrebnih informacija na ovu temu.

7. LITERATURA

- [1] Jovanović M. (2009). *Kartiranje rizika od poplava*. Građevinski fakultet, Beograd
- [2] Stefanović M. (2014). *Priručnik: Lokalna zajednica i problematika bujičnih poplava*. Organizacija za evropsku bezbednost i saradnju, Misija u Srbiji. Beograd
- [3] Kolaković S, Vujović S. *Osnova zaštita voda II skripta sa predavanja*. Fakultet tehničkih nauka. Novi Sad
- [4] Skupština Opština Beočin (2006). *Poplave 2006 - arhiva*. Opština Beočin. Beočin
- [5] Vlada Republike Srbije (2014). *Poplave u Srbiji 2014*. Vlada Republike Srbije. Beograd
- [6] Web izvor: <https://meteoplaneta.rs./Istorijat-hidrologije-srbiji/>

Kratka biografija:



Bojana Tišanović, rođena 1988. g u Novom Sadu. Zvanje diplomiranog inženjera Zaštite životne sredine stiče 2012. godine u Novom Sadu na Fakultetu tehničkih nauka. Odbranila master rad na temu: Procena štete od poplava, 2017. g na Fakultetu tehničkih nauka.

EVAKUACIJA U VANREDNIM SITUACIJAMA PRILIKOM PRIRODNIH I TEHNIČKO-TEHNOLOŠKIH KATASTROFA**EVACUATION IN EMERGENCY SITUATIONS DURING NATURAL AND TECHNOLOGICAL DISASTERS**

Andrea Andrić, Slobodan Krnjetin, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – INŽENJERSTVO ŽIVOTNE SREDINE

Kratak sadržaj – U radu se razmatra način modelovanja evakuacije u vanrednim situacijama prilikom tehnoloških i prirodnih akidenata. Osnova planiranja evakuacije je Metodologija o proceni ugroženosti od elementarnih nepogoda i drugih nesreća u vanrednim situacijama koja sadrži plan evakuacije. Metodologija je zakonski propisana i donešena za teritoriju Republike Srbije, i kao takva primenjuje se na opštinskom, pokrajinskom i nacionalnom nivou.

Abstract – This paper discusses the way the modeling of evacuation in emergency situations when technological and natural accidents. The basis of planning the evacuation of the methodology of assessment of the threat of natural disasters and other disasters in emergency situations comprising evacuation plan. The methodology is prescribed by law and brought to the territory of the Republic of Serbia, and as such applies to municipal, provincial and national levels.

Cljučne reči: Vanredne situacije, evakuacija, prirodne katastrofe, tehničko-tehnološke katastrofe.

1. UVOD

Vanredne situacije su jedna od konstanti ljudske istorije i njegovo pojmovo određenje opredeljuju pre svega različite vrste opasnosti, koje ugrožavaju bezbednost i koje, uzrokovane dejstvom prirode ili delatnošću ljudskog faktora, mogu da dovedu do njenog nastanka na određenoj teritoriji. Upravo stoga, zbog mnogobrojnih faktora, vrlo je teško formulisati jedinstvenu, sveobuhvatnu i preciznu definiciju vanrednih situacija, koja bi obuhvatala sve njihove karakteristike i specifičnosti. Imajući u vidu šta je prethodno rečeno definisanje vanrednih situacija najčešće se vrši prema konkretnim potrebama.

2. MATERIJALI I METODI**2.1 Materijali**

Cljučna dokumentacija, koja prati sva poglavlja ovog rada je zakonska regulativa iz oblasti vanrednih situacija i zaštite od požara. Primer modelovanja evakuacije koji se nalazi u šestom poglavlju rada je plan evakuacije izrađen za potrebe pravnog lica i kao takav daje uvid na koji način se izrađuje i šta treba da sadrži plan evakuacije poslovnih prostora i preduzeća u Republici Srbiji.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Slobodan Krnjetin.

Sedmo poglavlje rada sadrži istorijski pregled prirodnih katastrofa u cilju sticanja jasnije slike o tome u kojoj meri može biti ugrožen ljudski život i životna okolina ukoliko se nivo upravljanja ovakvim katastrofama ne podigne na zahtevan. Takođe, u sedmom poglavlju su data neka od savremenih rešenja zaštite od prirodnih elementarnih nepogoda.

2.2 Metodi

Metodi koji su se koristili odnose se na primenu metoda kvalitativne i deskriptivne analize. Analizirani su brojni propisi, procedure, pravila, problemi, savremena rešenja i slično kako bi se stekao sveobuhvatan uvid u mogućnosti planiranja evakuacije i primene planova zaštite i spasavanja u vanrednim situacijama. Pored toga za potrebe izrade ovog rada primenjene su i statističke metode za statističku analizu podataka koji su relevantni za problematiku rada.

3.3. OSNOVNI POJMOVI**3.1 Glavne komponente upravljanja akcidentalnim rizicima**

Glavne komponente upravljanja akcidentalnim rizicima:

- Hazard;
- Ranjivost;
- Rizik - procena i kvantifikacija.

3.2 Pojam vanrednih situacija

Pod pojmom vanrednih situacija u Republici Srbiji se podrazumeva: „Stanje kada su rizici i pretnje ili posledice katastrofa, vanrednih događaja i drugih opasnosti po stanovništvo, životnu sredinu i materijalna dobra takvog obima i intenziteta da njihov nastanak ili posledice nije moguće sprečiti ili otkloniti redovnim delovanjem nadležnih organa i službi, zbog čega je za njihovo ublažavanje i otklanjanje neophodno upotrebiti posebne mere, snage i sredstva uz pojačan režim rada“.

3.3 Procena ugroženosti

Procena ugroženosti od elementarnih nepogoda i drugih nesreća je osnovni dokument za izradu Plana zaštite i spasavanja u vanrednim situacijama na nivou Rep. Srbije i Plana zaštite i spasavanja u vanrednim situacijama organa državne uprave, autonomnih pokrajina, jedinica lokalne samouprave, privrednih društava, drugih pravnih lica i drugih organizacija a izrađuju je svi subjekti definisani Zakonom o vanrednim situacijama ("Službeni glasnik RS", br. 111/09 i 92/11). Nosioci izrade Procene formiraju stručni tim za izradu Procene, koji se sastoji od stručnjaka po vrsti delatnosti od značaja za zaštitu i spasavanje, odnosno procenu rizika [2].

3.4 Planovi zaštite i spasavanja

Plan se izrađuje u skladu sa Uredbom o sadržaju i načinu izrade planova zaštite i spasavanja u vanrednim situacijama ("Službeni glasnik RS", broj 8/11) i uputstvom o metodologiji za izradu procene ugroženosti i planova zaštite i spasavanja u vanrednim situacijama. Planove su dužni da izrade svi subjekti definisani Zakonom o vanrednim situacijama i Uredbom.

3.5 Zaštita od elementarnih nepogoda, potrebe odbrane i zaštita od ratnih i elementarnih razaranja

Prilikom utvrđivanja namene i korišćenja prostora u seizmički ugroženim zonama, polazi se od ocene prihvatljivog simičkog rizika. (Seizmički rizik izražava očekivane gubitke usled zemljotresa: broj izgubljenih života ljudi, broj povređenih, gubitak imovine, prekid privrednih i društvenih aktivnosti. U Eurokodu 8 definisani su osnovni principi za određivanje stepena zaštite pri projektovanju seizmički otpornih zgrada [1].

4. EVAKUACIJA U VANREDNIM SITUACIJAMA

Evakuacija je plansko, organizovano i privremeno premeštanje ljudi, životinja, materijalnih i kulturnih dobara, državnih organa, privrednih društava i drugih pravnih lica sa ugrožene teritorije na teritoriju određenu Planom zaštite i spasavanja u vanrednim situacijama na kojoj ne postoji opasnost i koja pruža uslove za život i zaštitu. U zavisnosti od stepena opasnosti i mogućih posledica, evakuacija može biti delimična ili potpuna [2].

4.1 Plan evakuacije

Planiranje evakuacije vrši se na osnovu Procene ugroženosti, a radi pravovremenih priprema za organizovano sprovođenje evakuacije. Spasavanje podrazumeva organizovano sprovođenje radnji kojim se licima zatečenim u ugroženim objektima pruža pomoć kada sami ne mogu napustiti prostorije i zgradu. Plan evakuacije nalazi se u Planu mera i zadataka civilne zaštite koji je sastavni deo Plana zaštite i spasavanja.

4.2 Mere za efikasno upravljanje procesom evakuacije

Postoji veliki broj mera kojima se proces evakuacije može učiniti efikasnijim i bezbednijim. Veoma je bitno definisati adekvatne mere, u skladu sa ciljem koji se želi postići, a koje mogu biti primenjene za različite scenarije. U nekim scenarijima potrebno je smanjiti vreme potrebno za evakuaciju kako bi stanovništvo bezbedno stiglo do cilja. Najlakši način za smanjenje vremena potrebnog za evakuaciju jeste evakuacija manjeg broja ljudi. To podrazumeva da ljudi koji nisu direktno ugroženi opasnošću od poplava, na primer ljudi koji stanuju u višespratnim stambenim zgradama i kućama, imaju način da izbegnu poplavu, tako što će se pomeriti na više spratove i na taj način biti bezbedni. Smanjenjem broja ljudi koji se evakuiraju, smanjuje se i broj zahteva koji se uspostavlja na mrežu, pa je manja šansa da će doći do velikih zagušenja tokom evakuacije. Još jedan od načina da se smanji ukupan broj ljudi koji se evakuiraju, a da oni budu bezbedni, jeste uvođenje skloništa blizu rizičnog područja. Skloništa mogu biti škole, stambene zgrade sa četiri i više spratova, bolnice, stadioni (ukoliko su zatvoreni) itd. Potrebno je unapred isplanirati mesta na kojima će se skloništa nalaziti i njihovi kapaciteti.

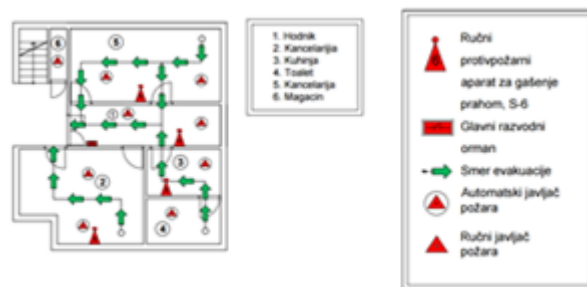
5. EVAKUACIJA U SLUČAJU IZBIJANJA POŽARA

5.1 Zaštita od požara

Sistem zaštite od požara obuhvata skup mera i radnji za planiranje, finansiranje, organizovanje, sprovođenje i kontrolu mera i radnji zaštite od požara, za sprečavanje izbijanja i širenja požara, otkrivanje i gašenje požara, spasavanje ljudi i imovine, zaštitu životne sredine, utvrđivanje i otklanjanje uzroka požara, kao i za pružanje pomoći kod otklanjanja posledica prouzrokovanih požarom. Subjekti zaštite od požara su državni organi, organi autonomne pokrajine, organi jedinica lokalne samouprave, privredna društva, druga pravna i fizička lica.

5.2 Evakuacija ljudi u zgradama

U zgradama u kojima boravi veći broj ljudi, jedna od najvažnijih „primarnih“ mera zaštite od požara je pravilno izvođenje evakuacionih puteva. Ona podrazumeva projektovanje dovoljnog broja evakuacionih izlaza iz najugroženijih prostora i dobro dimenzionisane i raspoređene evakuacione puteve. Uzimajući u obzir sve osobenosti prinudne evakuacije, zgrade moraju biti projektovane tako da svi ljudi mogu biti dovedeni do sigurnih prostora pre nastanka kritičnih uslova.



Slika 1. Primer plana evakuacije rađen u autocad-u

Pri definisanju uslova za sigurnu evakuaciju iz ugroženih javnih ili poslovnih objekata i robnih kuća, potrebno je ograničiti maksimalno dozvoljene dužine evakuacionih puteva, na osnovu određenog dopuštenog vremena evakuacije. Ovo vreme se može odrediti: računskim postupcima, na osnovu vremena dostizanja kritičnih temperatura ili kritičnih koncentracija otrovnih gasova ili primenom inostranih normi (domeće ne postoje), u kojima su tabelarno naznačene potrebne mere evakuacionih prolaza i izlaza. Računski postupak treba primeniti uvek kada se radi o objektima za smeštaj više od 600 ljudi.

6. PLAN EVAKUACIJE – PRIMER

6.1 Lokacija i opis objekta

Poslovne prostorije, u kojima posluju preduzeća „Panonić“ DOO i „Betner“ DOO iz Novog Sada su deo stambeno-poslovnog objekta u prizemlju, odnosno delu visokog prizemlja, i delu suterena objekta, na lokaciji ulica Miroslava Antića br. 7. Predmetni objekat je objekat starogradnje, spratnosti podrum, prizemlje i dva sprata (Po+P+2). Delatnost oba preduzeća se odvija u prostorijama smeštenim u visokom prizemlju i suterenu objekta. Prilaz suterenskim prostorijama je dvokrakim betonskim stepeništem.

6.2 Procena ugroženosti

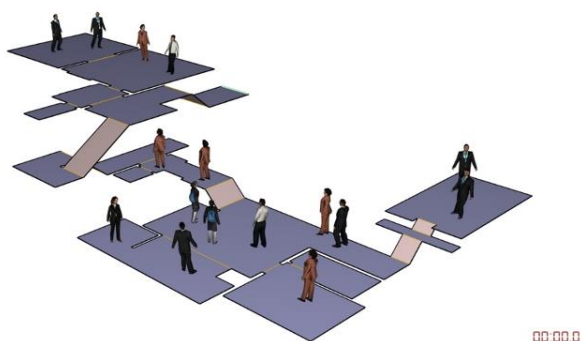
Požar može da uzme velike razmere i da ugrozi ljudske živote pri čemu materijalna šteta može da bude ogromna. Gašenje ovih požara je komplikovano, jer se u istom prostoru često smešta i čuva raznovrstan materijal kako po opasnostima, tako i po mogućnostima gašenja. Obzirom da su prostorije u prizemnom i suterenskom delu objekta, moguća je relativno laka intervencija vatrogasne jedinice u slučaju požara.



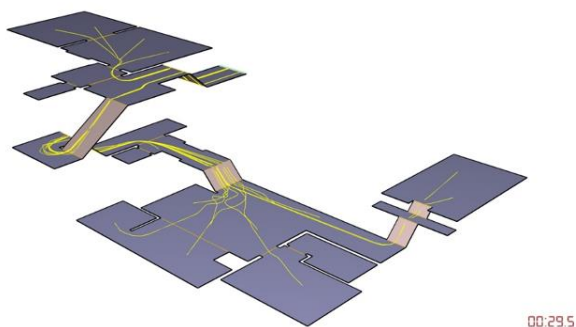
Slika 2: Put prilaza vatrogasnog vozila do objekta (poslovnih prostorija)

6.2 Analiza evakuacije

Tok evakuacije: 0,00 s – Svi ljudi u poslovnom prostoru su na svojim radnim mestima – pocetak evakuacije.



Slika 3: Simulacija kretanja prilikom početka evakuacije



Slika 4: Kraj evakuacije

Proračunsko vreme evakuacije je manje od zahtevanog (34,5s < 95s)

Proračunsko vreme od 34,5 sekundi je dovoljno da svi prisutni u najugroženijem prostoru bezbedno napuste prostorije, odnosno, primenjene mere ZOP u objektu obezbeđuju sigurnu evakuaciju ljudi iz prostorija.

Lice koje je primetilo požar i obavestilo vatrogasnu jedinicu dužno je sačekati dolazak vatrogasne jedinice i dati potrebne podatke. Obzirom da se radi o relativno malom prostoru pojava početnog požara za vreme radnog vremena bi bila lako uočljiva i informacija o tome bi se prenela lično na sve zaposlene kao i ostale prisutne. Oni će dalje procenjivati situaciju i preduzimati potrebne mere (dojavu, uzbunjivanje, evakuacija, pozivanje spoljnih faktora i sl). Isti postupak sprovodi se i u slučaju pojave opasnosti od bilo koje elementarne nepogode.

Lice koje je primetilo požar i obavestilo vatrogasnu jedinicu ili Rukovodilac evakuacije i spasavanja dužno je sačekati dolazak vatrogasne jedinice i dati potrebne podatke.

6.3 Preventivne mere

Vlasnik odnosno korisnik poslovnih prostorija u objektu obavezan je da organizuje sprovođenje preventivnih mera zaštite od požara s potrebnim brojem lica stručno osposobljenih za sprovođenje zaštite od požara. Pored mera predviđenih internim aktom o zaštiti od požara sa stanovišta bezbedne evakuacije moraju se sprovesti sledeće mere:

- Ulaz u poslovne prostorije preduzeća mora biti uvek slobodan za nesmetan prolaz.
- Na putu za evakuaciju ne smeju se nalaziti predmeti koji pomažu širenju požara, stvari koje bi mogle da ometaju izlaz, ogledala koja bi mogla da zbune osobe u slučaju evakuacije.
- Evakuacioni putevi moraju biti uvek prohodni i vidno obeleženi (svetlosne oznake moraju uvek biti u ispravnom i funkcionalnom stanju); zabranjeno je odlaganje i držanje bilo kakvog zapaljivog i drugog materijala izuzev sredstava i opreme za gašenje požara.
- Zaposleni mora kroz osposobljavanje iz oblasti zaštite od požara da bude upoznat sa postupkom evakuacije.

U cilju sprovođenja protivpožarne zaštite, potrebno je (u toku eksploatacije poslovnih prostorija u objektu) stalno sprovesti niz mera, od kojih izdvajamo sledeće (održavanje):

- Elektroinstalacije redovno pregledati (jednom u tri godine), nedostatke odmah otklanjati, a o tome voditi redovnu knjigu evidencije.
- Kontrolu ispravnosti instalacija (i uređaja) mogu vršiti isključivo lica koja su kvalifikovana za određenu oblast rada.
- Voditi računa o opremljenosti, ispravnosti i pravilnog rasporeda aparata za gašenje početnih požara.
- Sprovoditi periodično teorijsku i praktičnu obuku radnika iz oblasti zaštite od požara.
- Obučiti sve zaposlene radnike za rukovanje i upotrebu aparata za gašenje požara.
- Održavati objekat u čistom i urednom stanju.
- Vršiti redovni pregled prenosnih vatrogasnih aparata za gašenje početnih požara svakih 6 meseci. Pregled mora-ju izvršiti odgovarajući ovlašćeni vatrogasni servisi.

7. NAJVEĆE PRIRODNE KATASTROFE – ISTORIJSKI PREGLED

7.1 Najveće prirodne katastrofe u svetu

CIKLON BOLA – 1970. godina

Ciklon Bola koji je 1970. godine pogodio Istočni Pakistan (danas Bangladeš) je najsmrtonosniji tropski ciklon ikada zabeležen i jedna od najvećih prirodnih katastrofa modernog doba.

Više od pola miliona ljudi je izgubilo život u oluji, pre svega usled posledica olujnih talasa, a nakon ovoga vlada Pakistana je žestoko bila kritikovana zbog neuspešnog sprovođenja akcije spasavanja. Te večeri 12. novembra ciklon je dostigao svoj maksimum udarajući o obalu brzinom od 185 kilometara na čas i to u vreme najveće plime što je još više doprinelo njegovom katastrofalnom razaranju.

7.2 Poplave 2014. u Srbiji

Tokom treće nedelje maja 2014. godine, velike kiše su pogodile Srbiju, a njih je izazvalo polje niskog vazdušnog pritiska („Ivet“) koje se formiralo iznad Jadranskog mora. Zabeležene su rekordne količine padavina; više od 200 mm kiše je palo u zapadnoj Srbiji tokom jedne nedelje, što je jednako količini tromesečnih padavina pod uobičajenim uslovima. Tokom ove prirodne katastrofe 51 osoba je izgubila život, od čega se 23 udavilo.

7.3 Primeri moderne arhitekture u zaštiti od poplava

Žedni beton na čijoj površini se ne zadržava voda

Topmix Permeable je porozni beton koji može da propusti 600 litara vode po kvadratnom metru svakog minuta, što bi u budućnosti moglo da spreči poplave i spase ljudske živote.

Svake godine širom sveta neki region zadese katastrofalne poplave. Svedoci smo obilnih kiša kao prošle godine na Balkanu, međutim najveći problem u gradovima jeste što se odvodi na ulicama i trotoarima brzo zapuše i počnu da se izlivaju. Rešenje stiže u vidu poroznog betona.



Slika 5: „Žedni beton“

Karbonske zatege - novi način zaštite od zemljotresa

Slavni arhitekta Kengo Kuma prvi je u građevinarstvu upotrebio ovaj novi materijal koji, pored toga što je čvrst, ujedno je i veoma lagan. Japanska tekstilna laboratorija Komatsu Seiten Fabric Laboratory kreirala je novi termoplastični materijal sačinjen od vlakana ugljenika. Novi materijal nazvan CABKOMA Strand Rod, u osnovi čine ugljenična vlakna, pokrivena sintetičkim vlaknima i završno obrađena termoplastičnom smolom.



Slika 6: Karbonske zatege

8. ZAKLJUČAK

Evakuacija je plansko, organizovano i privremeno premeštanje ljudi, životinja, materijalnih i kulturnih dobara, državnih organa, privrednih društava i drugih pravnih lica sa ugrožene teritorije na teritoriju određenu Planom zaštite i spasavanja u vanrednim situacijama na kojoj ne postoji opasnost i koja pruža uslove za život i zaštitu. U zavisnosti od stepena opasnosti i mogućih posledica, evakuacija može biti delimična ili potpuna. Plan evakuacije izrađuje se kao poseban dokumenat i čini sastavni deo Plana zaštite i spasavanja u vanrednim situacijama

9. LITERATURA

- [1] Krnjetin., S., 2009, Graditeljstvo i zaštita životne sredine, Novi Sad.
- [2] Zakon o vanrednim situacijama („Službeni glasnik RS“, br. 111/09, 92/11 i 93/12).

Kratka biografija:



Andrea Andrić, rođena je u Novom Sadu, 1991. god. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Inženjerstva zaštite životne sredine, odbranila je 2015. god. Master akademske studije upisala je 2015. godine na Fakultetu tehničkih nauka na istom studijskom programu.

ANALIZA STANJA I PRIMENE MERA BEZBEDNOSTI I ZDRAVLJA NA RADU NA GRADILIŠTIMA U NOVOM SADU, REPUBLIKA SRBIJA**ANALYSIS OF STATION AND APPLICATION OF MEASURES OF SECURITY AND HEALTH AT WORK ON BUILDINGS IN NOVI SAD, REPUBLIC OF SERBIA**

Đorđe Pavlović, Vladimir Mučenski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – INŽENJERSTVO ZAŠTITE NA RADU

Kratak sadržaj – Rad se bavi analizom preventivnih mera bezbednosti i zdravlja na radu na privremenim i pokretnim gradilištima. U radu je izvršena eksperimentalna analiza primene zakonske regulativne na gradilištima u Novom Sadu i dat je predlog mera unapređenja.

Abstract – The paper deals with the analysis of preventive measures of safety and health at work in temporary and mobile construction sites. An experimental analysis of the application of legal regulation at construction sites in Novi Sad was carried out in the paper and the proposal of measures for improvement was given.

Ključne reči: preventive mere, gradilišta, bezbednost i zdravlje na radu.

1. UVOD

U ovom radu su analizirane preventivne mere bezbednosti i zdravlja na radu koje je neophodno primeniti na gradilištima u cilju zdravijeg i bezbednijeg rada. Primenom preventivnih mera se postiže povećanje stepena upravljanja sistemom bezbednosti i zdravlja na radu i postizu ciljevi koji deprimose uslovima rada radnika na gradilištima.

Ocena primenjenosti mera dobijena je kroz eksperimen-talan deo, koji je podrazumevao istraživanje kroz obilazak gradilišta u Novom Sadu i ispunjavanje kontrolne ček liste koje je imala svojstvo upitnika za zatečene šefove gradilišta i lica za bezbednost i zdravlje na radu. U odnosu na date odgovore, dobijeni su rezultati u pogledu ispunjenosti zakonskih obaveza iz oblasti.

2. ZAKONSKA REGULATIVA

Plan preventivnih mera i tehnička dokumentacija za izgradnju objekta u skladu sa propisima o planiranju i izgradnji čine osnovu za procenu rizika od nastanka povreda i oštećenja zdravlja na radnim mestima i u radnoj okolini na predmetnom gradilištu. Procena rizika vrši se u skladu sa propisima u oblasti bezbednosti i zdravlja na radu, a način i mere za njihovo otklanjanje čine sastavni deo elaborata o uređenju gradilišta koji izrađuje poslodavac.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Vladimir Mučenski.

2.1 Prijava gradilišta

Investitor, odnosno zastupnik investitora je dužan da popuni Prijavu gradilišta bez obzira na trajanje radova i broj zaposlenih koji izvode te radove, kada se na gradilištu izvode radovi navedeni u Pregledu radova pri kojima se pojavljuje specifičan rizik od nastanka povreda i oštećenja zdravlja zaposlenih.

Investitor, odnosno zastupnik investitora je dužan da popunjenu Prijavu gradilišta dostavi nadležnoj inspekciji rada najkasnije 15 dana pre početka rada na gradilištu, a kopiju Prijave gradilišta postavi na vidno mesto na gradilištu [1].

2.2 Faza izrade projekta

Investitor, odnosno zastupnik investitora je dužan da, u svim fazama pripreme i izrade projekta, uzima u obzir načela obezbeđivanja preventivnih mera, koja su utvrđena Zakonom o bezbednosti i zdravlju na radu, a naročito kada: odlučuje o arhitektonskim, tehničkim, tehnološkim i/ili organizacionim rešenjima, u cilju planiranja različitih aktivnosti ili faza radova koji treba da se izvode istovremeno ili jedan za drugim, procenjuje vreme potrebno za završetak tih radova ili faza radova [1].

3. NAČIN I ORGANIZACIJA IZVOĐENJA RADOVA

Tehnološki i radni procesi na gradilištu obuhvataju aktivnosti koje je potrebno preduzeti kako bi se uspešno organizovao proces izgradnje objekta pod najpovoljnijim uslovima, koristeći optimalne materijalne i ljudske resurse.

Svi radovi na objektu se prethodno moraju analizirati i planirati, pri čemu se moraju obuhvatiti dve faze i to tehničku i operativnu.

Tehnička priprema odnosi se na proučavanje elemenata i redosleda izvođenja radova koji predstavljaju tehničke i tehnološke karakteristike radova, kao i organizacione probleme koji prate te radove.

Operativna priprema direktno i neposredno razmatra sve ono što je vezano za realizaciju radova, operativno na objektu koji se odnosi na izvođenje. Operativna priprema se ne može realizovati bez tehničke pripreme jer su one uzajamno povezane.

3.1 Prethodni i pripremni radovi

Najvažniji element u pripremi izgradnje objekta je izbor najracionalnijeg tehnološkog procesa jer se dalja priprema i razrada zasniva na njemu.

Najbolje izabran tehnološki postupak je onaj kod koga je najmanji utrošak živog i opterećenog rada, tj radne snage, materija i energije uz odabir najbezbednijeg načina rada.

3.2 Pregled sredstva i opreme za ličnu zaštitu na radu prema poslovima koji zahtevaju njihovo korišćenje

U skladu sa procenjenim rizicima u radnom procesu i na osnovu pregleda opasnosti i štetnosti koje zahtevaju korišćenje sredstava i opreme za ličnu zaštitu na radu zaposlenima se moraju obezbediti sledeća sredstva i oprema za ličnu zaštitu na radu:

RED. BR.	VRSTA ZAŠTITE	SREDSTVA I OPREME ZA LIČNU ZAŠTITU NA RADU	POSLOVI
1	ZAŠTITA GLAVE:	Zaštitni šlem za građevinarstvo	Svi poslovi
2	ZAŠTITA STOPALA I NOGU	Cipele sa zaštitnom kapom i zaštitom od proboda	Svi poslovi
		Gumene čizme sa čeličnom kapom	Rad na raskvačenom terenu
3	ZAŠTITA RUKA I ŠAKA:	Zaštitne rukavice	Svi poslovi Rad sa grubim i oštrim površinama
4	ZAŠTITA TELA:	Pamučno radno odelo	Svi poslovi
		Kišna kabanica	Svi poslovi atmosferske padavine
		Zimska jakna	Svi poslovi u zimskim uslovima
6	ZAŠTITA OČIJU I LICA	Zaštitne naočare sa bočnom zaštitom Zaštitni viziri	Rad sa ručnim mehanizovanim alatima Uklanjanje i lomljenje delova-štemovanje Ugradnja betona mašinskim putem
7	ZAŠTITA CELOG TELA	Oprema za zaštitu od pada (zaštitni opasač, prihvatno užje i dr)	Radovi na visini
8	ZAŠTITA SLUHA	Antifoni ili čepovi za uši	Rad na sa alatom na pneumatski pogon Rad sa mehanizovanom opremom
9	ZAŠTITA DISAJNIH ORGANA	Zaštitna maska	Procesi u kojima se javlja prašina
10	UOČLJIVOST NA GRADILIŠTU	Fluorescentni (reflektujući) prsluk	Kretanje po gradilištu Rad na unutrašnjem transportu

3.3 Pešački prolazi i staze za kretanje na gradilištu

Pešački prolazi i staze za kretanje radnika u krugu gradilišta uređuju se i održavaju tako da podloga bude ravna i tvrda, u poprečnom padu radi odvodnjavanja, prohodna i po mogućnosti sa horizontalnom niveletom,

posuta šljunkom, kamenom ili ciglarskom sitneži, šljakom ili nekim sličnim materijalom; posle jakih kiša i drugih nepogoda, kao i posle otapanja snega pregledaju se sa okolinom i dovode u ispravno stanje.

Na podlozi i stranama ne sme da se nalazi odbačeni materijal, građa sa ekserima, komadi sa oštrim ivicama i drugi građevinski otpad.

3.4 Električna instalacija na gradilištu

Gradilišne (privremene) električne instalacije, instalacioni pribor, uređaji, oprema i postrojenja postavljaju se prema tehničkoj dokumentaciji i prikazu, a po potrebi i opisu mera zaštite radnika od opasnog dejstva el. struje.

Tehnička dokumentacija sa merama zaštite na radu za električne instalacije niskog napona na gradilištu za objekat koji se gradi, dograđuje, popravlja, prepravlja ili ruši, kao i za njegove delove, izrađuje se na osnovu propisa i standarda za privremene električne instalacije čiji su zahtevi strožiji, dok se za radne i ostale prostorije gradilišta (kancelarije, garderobe, restorani, spavaonice, toaleti, kupatila i druge radne i pomoćne prostorije) izrađuje na osnovu propisa i standarda sa opštim zahtevima.

4. EKSPERIMENTALNA ANALIZA

Istraživački deo rada sastojao se od obilaska deset (10) lokacija privremenih gradilišta na teritoriji grada Novog Sada, prilikom čega je prisutnim Šefovima gradilišta i Licima za bezbednost i zdravlje na radu, uručen upitnik u vidu ček liste (tabela 3.1), u cilju utvrđivanja trenutnog stanja u primeni dokumentacije iz oblasti bezbednosti i zdravlja na radu.

Ček lista sadrži ključna pitanja relevantna za donošenje zaključka, u kojoj meri se poštuju Zakonske odredbe u vezi bezbednosti i zdravlja na privremenim gradilištima u Novom Sadu.

Kao podloga za sastavljanje ček liste, korišćena je Kontrolna ček lista nadležne inspekcije Republike Srbije koja je sastavni deo nadzora inspektora nad predmetnim gradilištima.

Postavljena pitanja odnose se na dokumentaciju koju su u obavezi da izrade izvođači radova pre i u toku izvođenja radova na gradilištu.

Analizirana dokumentacija koju su dužni da izrade i čuvaju na gradilištu svi izvođači radova predstavlja dokaz o ispunjenosti propisa iz oblasti bezbednosti i zdravlja na radu, njihovu primenu i upoznavanje zaposlenih o merama za sprečavanje i kontrolu rizika sa kojima se susreću prilikom obavljanja radnih zadataka.

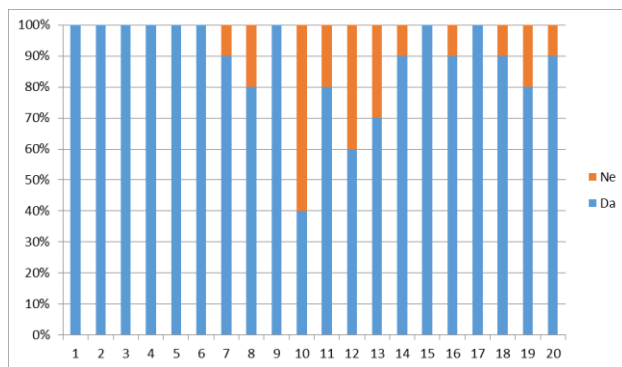
4.1. Ček liste za predmetno gradilište

ČEK LISTA ZA GRADILIŠTE: (III) TREĆE		
1.	Da li imate Prijavu radova?	Da Ne
2.	Da li imate Elaborat o uređenju gradilišta?	Da Ne
3.	Da li ste izradili Plan preventivnih mera?	Da Ne
4.	Da li je investitor, odnosno zastupnik investitora odredio koordinatora za bezbednost i zdravlje na radu u fazi izvođenja radova u slučajevima propisanim Uredbom o bezbednosti i zdravlju na privremenim ili pokretnim gradilištima?	Da Ne
5.	Da li imate Akt o proceni rizika za predmetno gradilište?	Da Ne
6.	Da li imate ažurirane prijave gradilišta?	Da Ne
7.	Da li imate dokumenta o osposobljenosti zaposlenih lica za bezbedan i zdrav rad u skladu sa aktom o proceni rizika?	Da Ne
8.	Da li je gradilište obezbeđeno od pristupa nezaposlenih lica i od prilaza vozila koja ne vrše prevoz za potrebe gradilišta?	Da Ne
9.	Da li su rukovaoci građevinskom mehanizacijom stručno osposobljeni za rukovanje istom?	Da Ne
10.	Da li su na gradilištu uređeni pešački prelazi i staze za kretanje zaposlenih?	Da Ne
11.	Da li su preduzete posebne mere zaštite od obrušavanja prilikom iskopa?	Da Ne
12.	Da li se pri izvođenju radova na visini koriste propisane mere zaštite (postavljena zaštitna ograda, užad)?	Da Ne
13.	Da li su skele koje zaposleni koriste pri radu projektovane, postavljene i održavane u skladu sa propisima iz oblasti bezbednosti i zdravlja na radu?	Da Ne
14.	Da li zaposleni koji rade na radnim mestima sa povećanim rizikom imaju odgovarajuće lekarske preglede?	Da Ne
15.	Da li su zaposlenima obezbeđena propisana sredstva i oprema za ličnu zaštitu na radu u skladu sa aktom o proceni rizika?	Da Ne
16.	Da li imate Stručni nalaz o opremi koja podleže prethodnom i periodičnom ispitivanju?	Da Ne
17.	Da li imate Stručni nalaz o izvršenom pregledu i proveru električnih instalacija izdat od strane ovlašćenog lica?	Da Ne
18.	Da li poslodavac vodi propisane evidencije iz oblasti bezbednosti i zdravlja na radu u skladu sa zakonom?	Da Ne
19.	Da li imate dovoljno obučениh zaposlenih lica za pružanje prve pomoći?	Da Ne
20.	Da li se Ugovori o radu zaposlenih nalaze na gradilištu?	Da Ne

4.2. Rezultati i diskusija

Na grafiku 1. prikazani su statistički podaci na osnovu sprovedene ankete i dobijenih rezultata.

Očitavanjem rezultata sa grafika jasno se može videti da investitori, odnosno predstavnici investitora i izvođači radova poštuju zakonsku regulativu kada su u pitanju privremena gradilišta na teritoriji Novog Sada.



Grafik 1. Statistički podaci

Uredno poseduju svu dokumentaciju kao što je blagovremena Prijava radova, Elaborat o uređenju gradilišta, Plan preventivnih mera, Akt o proceni rizika i ostali Stručni nalazi koji su zahtevani za sredstva i opremu za rad.

Ono što bi trebalo da brine jesu propusti i način na koji se odnose prema zaposlenim uskraćujući im osnovno pravo tokom boravka na gradilištu, a to je pravo na bezbedan i zdrav rad. Možda to izgleda bezazleno, ali samo 40% ispitanih gradilišta ima uređene staze za pešake, iako je članom 6. Pravilnika o zaštiti na radu prilikom izvođenja građevinskih radova („Službeni glasnik RS“, br.53/97) jasno rečeno da sva gradilišta moraju imati uređene staze i pešačke prelaze, kao i način na koji se uređuju i održavaju.

Pored toga, uočeno je da pojedina gradilišta ne poseduju tehničko obezbeđenje čiji je zadatak da spreči ulazak na gradilište nezaposlenim licima što direktno dovodi treća lica u opasnost od potencijalnih rizika. Prema Zakonu o bezbednosti i zdravlju na radu („Službeni glasnik RS“, br.101/2005 i 91/2015 član 20.), poslodavac je dužan da preduzme mere za sprečavanje pristupa u krug objekta ili u područje gradilišta licima i sredstvima saobraćaja koja nemaju osnova da se nalaze u njima [2].

Prilikom obavljanja zemljanih radova, odnosno tokom iskopa moraju se preduzeti posebne mere zaštite od obrušavanja koje se izvođe pod stalnim nadzorom i uputstvima stručnog radnika. Obrušavanje strana iskopa sprečava se kosim ili stepenastim iskopom, ali najčešće se to radi podgradom koja se sastoji od oplata i unutrašnjih elemenata (član 18. Pravilnik o zaštiti na radu prilikom izvođenja građevinskih radova, „Službeni glasnik RS“ br. 53/97).

Treba dodati da su sva anketirana gradilišta imala zaštitu od odrona prilikom iskopa, međutim na dva gradilišta je ta zaštita od strane nadležne inspekcije ocenjena kao nedovoljna i dužni su da je unaprede. Još jedna zabrinjavajuća okolnost jeste ta što se prilikom rada na visini zaposlena lica ne pridržavaju propisanih mera.

Bilo bi bezobzirno kada bi se sva krivica prebacila na poslodavce iz razloga što mnogo radnika ne želi da se pridržava tih mera i da koriste predviđena sredstva lične zaštite jer im ono smeta i predstavlja opterećenje, međutim ovde priča ne treba da se završi. Šef gradilišta i Lice za bezbednost i zdravlje na radu treba da preduzmu sve što je u njihovoj moći da spreče ovakve radnje, kako ne bi došlo do ugrožavanja zdravlja i života zaposlenih, pa ako je neophodno i izreći zabranu obavljanja tih delatnosti.

Međutim, kada je reč o nepostojanju zaštitne ograde koja treba radnika da upozori na opasnost, a u slučaju potrebe i da spreči pad sa visine ili upad u dubinu, krivicu snosi poslodavac jer nije na vreme obezbedio potrebnu zaštitu. Radnik ima pravo da odbije da obavlja svoje dužnosti dok se ne stvore uslovi za bezbedan i zdrav rad, ali to se retko dešava. Članom 73. Pravilnika o zaštiti na radu prilikom izvođenja građevinskih radova (Službeni glasnik RS, br. 53/97), jasno je definisano da se radne skele postavljaju, održavaju, koriste i uklanjaju prema odgovarajućoj tehničkoj dokumentaciji koju obezbeđuje rukovodilac radova izvođača i o njoj se stara i vodi računa da sa njom budu upoznati svi odgovorni radnici, a sa merama zaštite na radu pri montaži, održavanju, demontaži i svi radnici koji učestvuju u ovim radovima.

Za spajanje elemenata skela mogu da se koriste samo sredstva predviđena tehničkim propisima, i tu se javlja veliki problem prilikom montaže skela na anketiranim gradilištima. Demontažom skela na kraju radova, odnosno montažom skele prilikom početka radova na drugom gradilištu dolazi do gubitka originalnih delova za spajanje delova skela, i radnici pristupaju improvizaciji, čime, svesno ili nesvesno, ugrožavaju svoj, kao i život i zdravlje svojih kolega.

Korišćenjem neadekvatnih sredstava, kao što su žica, drveni podmetači, itd., umanjuje se konstruktivna nosivost skele i samim tim povećava opasnost od nesreće. Prema rečima zaduženog Lica za obavljanje poslova iz bezbednosti i zdravlja na radu na ispitivanim gradilištima, više puta su upozoravani, i sugerisano im je do kakvih posledica može doći, ali bezuspešno.

Na kraju, sastavljen je zapisnik i priložene su fotografije kao dokaz usled čega je jedino moguće rešenje odustava rada. Prisustvo obučених lica za pružanje prve pomoći je od velike važnosti na svakom gradilištu, pogotovo imajući u vidu da je građevinarstvo, jedna od grana privrede, gde se javlja veliki broj nezgoda.

Postojanje adekvatnih prostora i lica za pružanje pomoći na gradilištu je izuzetno bitno s obzirom da nekada deliči sekunde mogu odlučiti o sudbini povređenog radnika. Prema anketi, na svakom od ispitanih gradilišta postoje i lica i prostorije za pružanje neophodne pomoći, s tim što se na pojedinim gradilištima smatra da to nije dovoljan broj s obzirom na broj radnika koji je prisutan.

5. ZAKLJUČAK

U odnosu na rezultate istraživanja donešeni su zaključci koji se odnose na mere zaštite za one faktore koji su ocenjeni kao najslabiji u sistemu upravljanja oblasti bezbednosti i zdravlja na radu na analiziranim predmetnim gradilištima.

U cilju sprečavanja ulaženja nepozvanih, nezaposlenih i ostalih osoba na gradilište obavezno postaviti tablu sa natpisom „ZABRANJEN PRILAZ I ZADRŽAVANJE NEZAPOSLENIM LICIMA“ jer zbog svoje rasprostranjenosti gradilište se ne može ograditi.

Granice gradilišta obezbediti putem postavljanja odgovarajućih saobraćajnih znakova, kojim je označeno da se izvode radovi na putu, kao i da je zabranjeno kretanje vozila i pešaka u zoni gradilišta. Na gradilištu je obavezna izrada rampi za prolaz vozila, prelaze i prolaze a u svemu prema skicama koje moraju biti sačinjene u skladu sa projektom tehničke regulacije saobraćaja. Iste su sastavni deo ovog Elaborata i nalaze se kod šefa gradilišta – reona.

Svi učesnici u radu na gradilištu, obavezni su da se pridržavaju mera i postupaka bezbednosti i zdravlja na radu predviđenih ovim Elaboratom, kao i mere predviđenih tehničkim i zakonskim propisima.

U suprotnom, rukovodilac radova je obavezan da prekršiće radne i tehnološke discipline udalji sa gradilišta i da o svakom pojedinačnom slučaju obavesti stručno lice zaduženo za bezbednosti i zdravlje na radu.

Građevinski radovi obavljaju se tako da se njihovim izvođenjem ne zagađuje okolina, a u slučaju buke, vibracija, izvođenja radova pod noćnim osvetljenjem, raskopavanja, kaljanja, pojave prašine, podzemne i površinske vode i ostalih pratećih pojava koje mogu ugroziti okolne objekte i stanovništvo, preduzimaju se mere za njihovo otklanjanje ili dovođenje u dozvoljene gradnice.

6. LITERATURA

- [1] Uredba o izmeni Uredbe o bezbednosti i zdravlju na radu na privremenim ili pokretnim gradilištima ("Službeni glasnik RS", broj 95/10).
- [2] Zakon o bezbednosti i zdravlju na radu ("Službeni glasnik RS", broj 101/2005 i 91/15);

Kratka biografija:



Đorđe Pavlović, rođen je u Loznici, 1993. god. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Inženjerstva zaštite na radu, odbranio je 2016. god. Master akademske studije upisao je 2016. godine na Fakultetu tehničkih nauka na istom studijskom programu.

PROJEKTOVANJE I IZRADA ROBOTSKE ŠAKE KOJA SIMULIRA POKRETE PRSTIJU LJUDSKE RUKE I UPRAVLJANJE BEŽIČNIM PUTEM NA DALJINU

DESIGN, PRODUCE AND WIRELESS CONTROL OF THE ROBOT'S HAND

Milan Jovović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MEHATRONIKA, ROBOTIKA I AUTOMATIZACIJA

Kratak sadržaj – Ovaj rad bavi se problematikom koja se odnosi na zamenu čoveka, u određenim uslovima rada, robotom. Tačnije, bavi se projektovanjem i izradom robotske šake koja prati pokrete prstiju čovekove ruke i omogućava bežično upravljanje na daljinu putem Bluetooth komunikacije.

Abstract – This paper deals with the problem of replacing a man, in certain working conditions, by a robot. More specifically, it deals with the design and construction of a robotic arm that monitors the movement of the fingers of the human hand and allows wireless remote control via Bluetooth communication.

Ključne reči: Robotska šaka, projektovanje, izrada, Bluetooth, štampana pločica, senzori, prsti, elektronika, programiranje.

1. UVOD

Jednu od značajnijih definicija robota dao je 1980. godine američki institut robotike: „Robot je višefunkcionalni manipulator s mogućnošću reprogramiranja, projektovanog da prenosi materijale, delove, alate i posebne uređaje, kroz različite programirane pokrete u svrhu obavljanja različitih zadataka“. Da bi bio sposoban da radi složene poslove robot treba da ima veštačku inteligenciju (kao što je mozak kod ljudi i životinja), čula kojima registruje dešavanja u okolini (kao što je čulo sluha ili vida životinja), delove koji se pokreću i pokreću alate i samog robota (kao što su ruke i noge kod životinja) i izvor energije koji napaja sve ove delove [1]. Roboti su danas još uvek elektromehanički – mehaničke delove od metala i plastike pokreću električni delovi, a mozak robota je mali kompjuter (mikroprocesor) koji je i sam elektronski sklop. Nauka koja se bavi razvojem robota zove se robotika i čitava jedna grana tehnike se bavi proizvodnjom robota koji imaju sve širu primenu u industriji i svakodnevnom životu ljudi.

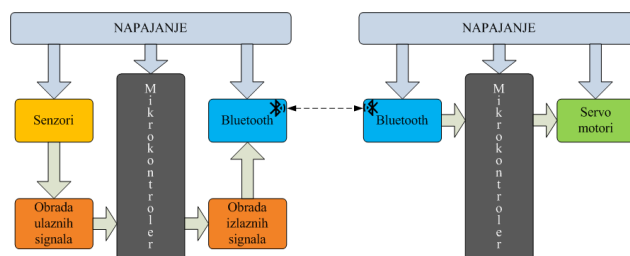
2. ZADATAK RADA

Danas se sve češće javlja potreba da čoveka zameni robot u specijalnim uslovima rada i okruženjima. Jedan od primera je slučaj kada čovekova ruka treba da odradi određene pokrete kako bi se sanirao kvar unutar nekog velikog rezervoara napunjenog opasnim hemijskim sredstvima koje bi nagrizle kožu osobi koja bi to učinila ulaskom u takvu sredinu, u pokušaju saniranja istog kvara.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Vladimir Rajs, docent.

Kako bi se, pre svega, povećao stepen sigurnosti radnika u ovakvim situacijama, tj. radnik izolovao od opasnosti, kao i povećao stepen efikasnosti, zadatak ovog rada je da se projektuje i izradi prototip robotske šake koja treba da prati pokrete ljudske šake. Takođe je potrebno da upravljački deo i izvršni deo komuniciraju bežičnim putem, kako bi korisnik mogao da upravlja sa odgovarajuće razdaljine. U ovom projektnom zadatku, za bežičnu komunikaciju, biće korišćena Bluetooth komunikacija, a blok-šema koja opisuje rad takvog sistema prikazana je na slici 1.



Slika 1. Blok-šema koja opisuje rad sistema

3. BLUETOOTH

Bluetooth predstavlja radio link kratkog dometa koji se koristi za bežične komunikacije između računara, mobilnih telefona i mobilnih uređaja. Bluetooth uređaji rade u frekventnom području od 2.4GHz. Ovaj opseg je nelicenciran i koristi se za prenos signala malih snaga [2].

3.1. Modul HC-05

U ovom projektu, za komunikaciju bežičnim putem, usvojena su dva Bluetooth modula HC-05. Moduli HC-05 pripadaju drugoj klasi Bluetooth uređaja, što znači da im je maksimalan domet u intervalu od 5m do 10m. Ovi moduli su karakteristični po tome što mogu da rade ili u režimu MASTER ili u režimu SLAVE. Režim rada zavisi od postavki parametara, koje se vrše odgovarajućim AT komandama, nakon povezivanja modula sa računarom. Pre povezivanja sa računarom, potrebno je izvršiti hardversku pripremu, a nakon postavki Bluetooth uređaja u odgovarajuće režime rada (jedan MASTER, a drugi SLAVE), potrebno je izvršiti testiranje, kako bi bili sigurni da su uređaji spremni za ugradnju.

4. PROJEKTOVANJE I IZRADA POJEDINIH DELOVA ROBOTSKE ŠAKE

Za projektovanje i izradu robotske šake potrebno je znanje iz mnogih oblasti, kao što su: elektronika, programiranje, mehanika, poznavanje materijala i druge. Takođe je potrebno imati praktičnog iskustva, potreban alat i iskustva sa upravljanjem raznim alatima.

4.1. Konstrukcija i izrada prstiju

Prsti robotske šake su konstruisani po izgledu na prste ljudske ruke. Prst su napravljen od tvrde gume koja je zasečena pod uglom na mestima gde prst treba da se savija, tj. na zglobovima, kako bi se na tom mestu guma oslabila i omogućilo savijanje. Tetivu ljudskog prsta zamenjuje sajla koja je zakačena na vrhu prsta i prostire se duž prsta, kroz kanaliće koji su usečeni u gumi. Kako se sajla zateže, prst se savija, a nakon otpuštanja sajle, elastično svojstvo gume vraća prst u prvobitni položaj. Izolacija za tetivu je bakarna žica koja je savijena u ćirilično slovo „P“ i postavljena u otvore na gumi predviđene za to. Na poledini prsta se saviju krajevi bakarne žice (jedan kraj ka drugom) kako bi se osiguralo od neželjenog ispadanja žice iz otvora, prilikom rada prsta, usled zatezanja sajle. U samom podnožju prsta se nalaze dva vijka matričnog navoja M3 koji služe za učvršćivanje prsta na element na koji predstavlja nosač za prste. Nakon testiranja, prst može da podnese i malo veće opterećenje, bez ikakvih uvijanja i deformacija. Na krajevima sajli postavljene su podesive zakačke, pomoću kojih se sajla može lako zakačiti, a takođe se na tim zakačkama može i grubo podesiti odgovarajuća dužina sajle. Izgled prsta robotske šake prikazan je na slici 2.



Slika 3. Izgled prsta robotske šake

4.2. Odabir aktuatora

Aktuatori su uređaji koji pretvaraju električne ili fluidne ulaze u mehaničke izlaze kao što su pozicija, sila, ugao ili moment [3]. Uloga aktuatora u ovom projektu je da se zameni uloga mišića koje zatežu tetive koje savijaju prste. Nakon razmatranja svih uslova potrebnih za izbor aktuatora, usvojeni su standardni servo motori koji su bili na raspolaganju. Usvojena su četiri servo motora proizvođača *Ansmann* oznake *Basic Line AR 505* i jedan servo motor proizvođača *Modelcraft* oznake *RS-2*.

4.3. Projektovanje držača za prste i motore

Nakon što su izrađeni prsti i usvojeni motori, potrebno je napraviti njihove držače. Takav držač igra ulogu dlana ljudske ruke. Na osnovu dimenzija servo motora i prstiju, projektuje se dlan. Dlan je isprojektovan u softveru za crtanje 3D modela, nakon čega su dimenzije prenete na pleksiglas ploču debljine 5mm i potom ručno izrađen.

4.4. Senzori

Senzori su uređaji koji pretvaraju fizičku veličinu kao što su temperatura, udaljenost, pritisak i slično u neku drugu veličinu, koja se dalje obrađuje. Za ovaj projekat, u optičaju su bili razni senzori, koji nisu usvojeni iz razloga što su bili nedostupni u Srbiji, ili su se, nakon testiranja, pokazali nepouzdati. Nakon traga dužeg vremena traganja rodila se ideja o senzoru koji bi bio napravljen po sledećem opisu: odseče se komad providnog, lako savitljivog creva. Sa jedne strane creva se umetne LED

dioda, a sa druge strane creva se umetne foto-otpornik. Nakon toga, na tako postavljene elemente se navuče termo-bužir odgovarajuće dužine. Kad se LED dioda aktivira, ona kroz cev šalje svetlosne zrake koji bi dopirali do foto-otpornika. Savijanjem tako napravljenog senzora bi se smanjivao intenzitet svetlosti, a samim tim i rasla otpornost na foto-otporniku, sve dok se crevo ne savije do maksimalnog položaja. U tom položaju, vrednost na foto-otporniku bi bila maksimalna vrednost koju senzor može da prouzrokuje savijanjem. Crevo bi trebalo biti providno iz razloga što bi se svetlost prenosila kroz zidove creva, iako bi se crevo skroz savilo i onemogućilo direktno prostiranje svetlosnog zraka do foto-otpornika, a termo-bužir bi imao ulogu kao izolator od spoljnih smetnji, tj. da spreči ulazak svetlosti sa spoljne strane, kako bi izlazne vrednosti sa foto-otpornika bile uvek iste u odgovarajućoj poziciji. Nakon testiranja, ovakvi senzori su se odlično pokazali u radu, pa su oni usvojeni i izrađeno je svih pet senzora. Izgled svih pet senzora, zašivenih za rukavicu, prikazan je na slici 4.



Slika 4. Izgled svih pet senzora na rukavici

4.5. Elektronski sklop za rukavicu

Elektronski sklop za rukavicu treba da obezbedi prijem signala sa senzora, pretvori analogne vrednosti senzora u digitalne vrednosti i bežičnim putem pošalje digitalne vrednosti. Nakon razmatranja uslova elektronike senzorskog dela, usvojene su maksimalno dozvoljene dimenzije pločice (35mm x 70mm) koja će se nalaziti na gumici za kosu, koja ima ulogu narukvice. Takođe je usvojen mikrokontroler kompanije *Microchip* oznake *PIC16F76* pakovanje *SO28*. Usvajanjem operacionog pojačavača *LM358* (pakovanje *SO28*) lako se mogu napraviti dva jedinična pojačavača, na čiji ulaz se dovodi signal sa senzora, a izlazna vrednost se prosleđuje na analogne ulaze usvojenog mikrokontrolera. Za povezivanje *Bluetooth* modula na elektroniku senzorskog dela, usvojena je ženska lestvica od šest pinova. Za izvor napajanja je usvojena blok baterija *Varta Longlife 9V* sa regulatorom napona od 5V oznake *LM78M05* u pakovanju *TO-252*. Nakon usvajanja glavnih elemenata za elektroniku senzorskog dela, vrši se crtanje šeme i izrada *PCB-a* (štampane pločice). Zbog nedostatka prostora, napravljene su dve pločice koje su predviđene tako da jedna bude zašivena na narukvicu, a druga da bude postavljena iznad nje, i da budu međusobno povezane. Posle izrade pločice sledi lemljenje komponenti, programiranje, pa zatim testiranje. Rezultati testiranja su očekivani, senzorski deo radi kako treba. Elektronska senzorskog dela, postavljen na narukvicu, prikazan je na slici 5.



Slika 5. Elektronika senzorskog dela na narukvici

4.6. Elektronski sklop za robotsku šaku

Elektronski sklop za robotsku šaku treba da obezbedi prijem signala koji se odnose na vrednosti analogno/digitalnih konvertora, i na osnovu tih vrednosti da upravlja aktuatorima, tj. da analogno primljenim vrednostima menja ugao zakretanja krstića servo motora. Kako bi projektovali i izradili elektronski sklop za robotsku šaku, kao i kod projektovanja elektronskog sklopa za senzorski deo, prvo je potrebno, na osnovu razmatrenja zahteva sistema da se usvoje glavne komponente koje su od ključnog značaja. Usvojeno je sledeće: maksimalna dimenzija štampane pločice iznosi 40mm x 150mm, identičan mikrokontroler kao i kod elektronike za senzorski deo (PIC16F76), ženska leštica od šest pinova (za Bluetooth modul) i usvojen je adapter (ispravljač) kao izvor napajanja (улазни напон: ~220-230V, 50Hz; излазни напон: 5V и максимална струја: 1.2A). Dalja procedura je ista kao i kod elektronike senzorskog dela. Prvo se crta električna šema, nakon čega se vrši izrada štampane pločice, pa zatim sledi lemljenje komponenti, programiranje, i na kraju testiranje. Rezultati testiranja nisu bili očekivani. Ispravljač nije mogao da priušti dovoljnu količinu struje u trenutku kad su svi servo motori uključeni, pa je dolazilo do resetovanja mikrokontrolera usled pada napona. Kako bi se ovaj problem rešio, potrebno je dovesti adekvatno napajanje, koje će da omogući dovoljnu struju i stabilan napon za sve potrošačke elemente elektronike za robotsku šaku.

4.7. Dodatni regulatorski uređaj za napajanje robotske šake

Projektovanje dodatnog regulatorskog uređaja zahteva da se napravi takav uređaj koji omogućava da se napon sa akumulatorske baterije (12V) prilagodi usvojenom naponu za elektroniku robotske šake (5V), ali da se razdvoji napajanje za mikrokontroler od napajanja za servo motore, kao i da regulatorski uređaj omogući dovoljnu struju za normalan rad robotske šake.

Dovedeni napon od 12V sa konektora koji se nalazi na poslednje napravljenoj štampanoj pločici, se prosleđuje na dva regulatora. Jedan regulator je regulator LM78S05 (pakovanje TO-220) i njegove karakteristike su takve na njegovom izlazu bude napon od 5V i omogući maksimalnu potrošnju struje veličine 2A. Kondenzatori na izlazu iz regulatora imaju ulogu da dodatno stabilizuju napon, prilikom rada servo motora. Servo motori se napajaju sa regulatora LM78S05. Drugi regulator je LM7805 (pakovanje TO-220) koji takođe na svom izlazu daje napon od 5V, ali njegova karakteristika je takva da

ne može da podrži potrošnju veću od 1A, te je on iskorišćen za napajanje mikrokontrolera i Bluetooth modula na prethodno napravljenoj štampanoj pločici za robotsku šaku.

4.8. Vođice za sajle i distnaceri

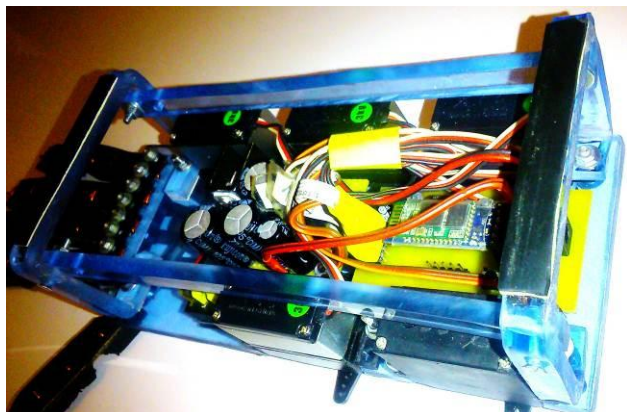
Za testiranje robotske šake, sajle su se mogle povezati sa krstićima, uz pomoć zatezača koji su lako izrađeni od vijka učvešćenih za dlan robotske šake, preko kojih se nalazi plastična zaštita, kako navoj ne bi isekao sajle. Takvo rešenje nije dugoročno, jer se može desiti da se, prilikom otpuštanja (prethodno savijenog) prsta sajla opusti i preskoči zatezač, te prouzrokuje zapetljavanje sa ostalim sajlama. Takođe može doći i do prekida sajle, usled trenja, nakon dužeg koršćenja, pa kao takva, robotska šaka zahteva češće održavanje i redovnu zamenu sajli. Za dugoročno rešenje postavljena su PVC creva unutrašnjeg prečnika 3mm, kroz koja sajle nesmetano prolaze. Ovakvo rešenje ne dozvoljava da se sajle zamrse, a creva su dovoljno glatka da je i trenje smanjeno. Izgled ruke sa prednje strane, na kojoj se vide postavljena PVC creva, prikazan je na slici 6.



Slika 6. Izgled robotske šake sa prednje strane

Sledeći nedostatak ove robotske šake je to što se, u ležećem položaju, ruka oslanja na elektroniku, što može da prouzrokuje velike probleme, ako se ruka zadesi na nekoj metalnoj površini. Metalna površina može da prouzrokuje kratak spoj između elemenata na pločicama ili čak spojeve između bakarnih vodova, što dovodi do

neželjene havarije. Ovakav problem se rešava jednostavno, pravljenjem distancera i postavkom na odgovarajuća mesta. Termičkom obradom pleksiglasa, napravljena su dva distancera i, vijčanom vezom, postavljeni na odgovarajuća mesta na robotskoj šaci. Izgled poledine robotske šake na kojoj se mogu videti elektronika za robotsku šaku, regulatorski uređaj, međusobno povezani kao i distanceri, prikazan je na slici 7.



Slika 7. Izgled poledine robotske šake

5. UPUTSTVO ZA PUŠTANJE U RAD ROBOTSKJE ŠAKE

Uputstvo za puštanje robotske šake u rad je sledeće:

1. Na konektor za napajanje elektronike robotske šake dovesti napajanje sa akumulatorske baterije. Obratiti pažnju na polaritet!
2. Uključiti prekidač koji se nalazi na robotskoj šaci.
3. Na konektor za napajanje elektronike senzorskog dela dovesti napajanje sa blok baterije od 9V.
4. Uključiti elektroniku senzorskog dela na prekidač koji se nalazi na provodniku za napajanje.
5. Sačekati od 2s - 4s da se uređaji (bežičnim putem) povežu. Usporeno treperenje crvene diode signalizira da su uređaji povezani.
6. Sačekati 10s da elektronika senzorskog dela pošalje signal za start.
7. Robotska šaka je spremna za upotrebu!

6. ZAKLJUČAK

Ovakva robotska šaka, uz minimalne prepravke kao što su zamena servo motora sa voodootpornim motorima iste konstrukcije, dodatno zalivanje elektronike u plastičnu masu ili neku drugu nepropusnu masu, može da spreči propuštanje tečnost do same elektronike i samim tim spreči havariju u nekoj tečnoj sredini. Robotska šaka, iz ovog projekta, pogodna je za mnoga nadograđivanja i poboljšavanja.

Neki od primera su dodavanje još jednog stepena slobode na palac robotske šake (pomeranje palca levo-desno) ili upravljanje robotskom šakom uz pomoć mobilnog telefona.

Takođe, kao ideja za poboljšanja, jeste povećavanje dometa između elektronike na robotskoj šaci i senzorskog dela, tako da sa robotskom šakom, uz odgovarajući stepen zaštite mreže, može da upravlja osoba koja se nalazi na drugom kraju grada, države ili čak kontinenta. Zamislite da doktor sa jednog kontinenta, uz pomoć ovakve ruke, može da izvrši operaciju osobe koja se nalazi na drugom kontinentu i spasi toj osobi život!

Robotska šaka, konstruisana po izgledu i po funkcijama ljudske šake ima široku primenu, kao i sama čovekova šaka, i predstavlja jedan od mnogobrojnih primera gde robot zamenjuje čoveka.

Danas se pojavljuju i nano roboti koji su mikroskopske mašine za koje ne možemo reći da su mehaničke jer deluju na molekularnom nivou. U budućnosti će roboti možda biti od krvi i mesa kao mi, iako ih nije stvorila priroda već čovek da ispunjavaju određene zadatke.

7. LITERATURA

- [1] Robotika - Sajt odseka Mehatronika, Tehnička škola Trstenik [pristupljeno 05.10.2017.] <https://mehatronikats.wordpress.com/robotika/>
- [2] Gordana Ostojić, Skripta iz predmeta „Industrijske komunikacione mreže i protokoli“, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad.
- [3] Ivan Darkić, LabView - priprema za 1. kolokvijum [pristupljeno 05.10.2017.] <https://drakic.files.wordpress.com/2011/10/i-kolokvijum.pdf>

Kratka biografija:



Milan Jovović rođen je u Novom Sadu 1992. god. Osnovne akademske studije, na Fakultetu tehničkih nauka, smer Mehatronika, upisuje 2011. god. Osnovne akademske studije završava 2015. god. Nakon čega, iste godine, upisuje Master studije, smer Mehatronika, robotika i automatizacija. Posle nekoliko meseci od upisa, odlazi u Ameriku da radi, nakon čega se vraća u Srbiju da završi master studije. Master rad, na Fakultetu tehničkih nauka, radi iz oblasti Digitalna upravljačka elektronika. Master rad odbranio 2017. god.



Vladimir Rajs rođen je 1982. godine u Apatinu. Diplomirao je 2007. a doktorirao 2015. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Od 2016. godine zaposlen je kao docent na Departmanu za elektroniku, energetiku i telekomunikacije FTN-a. Oblasti interesovanja su mu elektronika i primenjena elektronika

DIDAKTIČKI MODEL ZA OBUKU IZ INDUSTRIJSKIH KOMUNIKACIONIH MREŽA

DIDACTIC MODEL FOR INDUSTRIAL COMMUNICATION NETWORKS TRAINING

Miloš Topalović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MEHATRONIKA

Kratak sadržaj –U ovom radu je opisana je realizacija didaktičkog modela za obuku iz industrijskih komunikacionih mreža.

Abstract – This paper describes realization of didactic model for industrial communication networks training.

1. UVOD

Jedan od najvažnijih segmenata učenja je svakako posedovanje adekvatnih alata i pomagala pomoću kojih oni koji uče mogu da na realnom primeru primene ono što su naučili. U domenu industrijske automatizacije to obuhvata najčešće sisteme sa veoma skupim komponentama. Da bi se moguće greške u rukovanju svele na minimum i time sprečilo uništavanje opreme, didaktički model mora da bude projektovan tako da se uticaj pogrešnog rukovanja svede na minimum. Ovaj rad prikazuje šta je potrebno da bi se projektovao jedan takav sistem i šta sve treba uzeti u obzir.

Sistem projektovan u okviru ovog rada služi za obuku studenata za rad sa nekim osnovnim industrijskim komunikacionim mrežama i protokolima. Uz pomoć ovog didaktičkog modela, studenti mogu da nauče, na realnom primeru, kako isprogramirati programabilno logički kontroler, odnosno PLK (eng. PLC), da komunicira sa više uređaja na različite načine. U radu su implementirani sledeći vidovi komunikacija: *CANopen*, RS-232, *IO-Link*, *Bluetooth*. Bez ikakvih izmena, postojeći sistem se može povezati sa nekim drugim didaktičkim modelom putem neke od magistrala na nivou polja (eng. *Fieldbus*). Time se dobija didaktički model na kom studenti mogu da savladaju praktično sve ono što su do tad naučili u teoriji, vezano za ovu oblast.

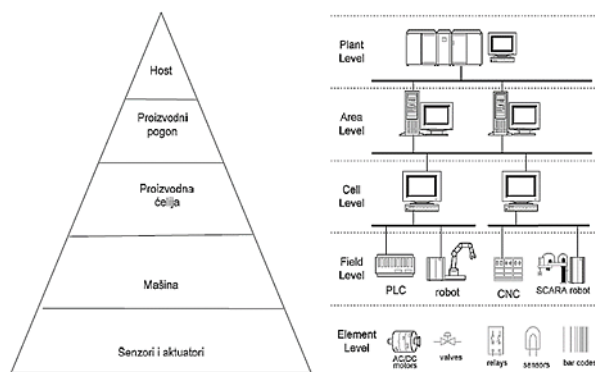
2. TEORIJSKA RAZMATRANJA

Za prenos podataka u industrijskim sistemima koriste se komunikacione mreže. Postoji velik broj tipova komunikacionih mreža prilagođenih specifičnim zahtevima industrijskih sistema. Industrijski sistemi mogu biti veoma složeni i obično su organizovani na hijerarhijski način. Svakom nivou hijerarhije odgovara nivo komunikacije koji postavlja neke specifične zahteve u pogledu komunikacione mreže. Na slici 2.1 prikazan je primer upravljačke hijerarhije kod industrijskih sistema. Najniži nivo je vezan za sam proizvodni proces i obuhvata senzore, aktuatora i mašine.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Stevan Stankovski, red.prof.

Kako se krećemo naviše, uz piramidu, primarni zadatak postaje menadžment i upravljanje proizvodnjom na visokom nivou.



Slika 2.1- Primer upravljačke hijerarhije kod industrijskih sistema

2.1 CAN magistrala

CAN, (eng. *Controller Area Network*) je dvožična *half-duplex* serijska mreža. Uobičajeno se koristi za komunikaciju između uređaja koji se nalaze na malom rastojanju, npr. u vozilima, ali takođe ima veliku primenu u industriji. *CAN* protokol je *CSMA-CD* (eng. *Carrier sense multiple access with collision detection*) protokol što znači da radi na principu višestrukog pristupa sa osluškivanjem nosioca uz otklanjanje sukobljavanja. *CSMA* osigurava da svaki čvor mora da čeka određeni vremenski period pre slanja poruke. *CD* osigurava da će sukobljavanje biti izbegnuto odabirom poruke na osnovu njenog prioriteta. *CAN* obezbeđuje protok podataka od 125 kbps do 1 Mbps. Koristi ISO-11898 standard[1] i radi na principu *OSI* modela.

Arhitektura se sastoji od 3 nivoa:

- Nivo aplikacije: zadužen za interakciju sa operativnim sistemom ili aplikacijom *CAN* uređaja.
- Nivo veze: Služi za razmenu i validaciju podataka.
- Fizički nivo: Reprezentuje hardver.

CAN protokol definiše četiri tipa poruke:

- Poruku sa podacima (eng. *data frame*);
- Poruku sa zahtevom za podacima (eng. *remote frame*);
- Poruku greške (eng. *error frame*);
- Poruku o zauzetosti (eng. *overload frame*);

Poruka sa podacima je najčešći tip poruke i koristi se kada čvor šalje korisne podatke ostalim čvorovima u sistemu.

Poruka sa zahtevom za podacima se koristi kada jedan čvor traži informaciju od drugog čvora. Ona se od poruke sa podacima razlikuje u tome što nema polje sa podacima.

Poruka greške predstavlja specijalnu poruku koja namerno ruši standardni format CAN poruke. Nju najpre šalje čvor koji je prvi uočio grešku sa namerom da upozori ostale čvorove na grešku, posle čega svaki od njih šalje poruku ovog tipa.

Poruka o zauzetosti se šalje kada je čvoru potrebno još vremena da obradi podatke koje je već primio. Savremeni brzi procesori podataka retko susreću ovakve poteškoće, tako da se u praksi ovakva poruka može očekivati samo kod starih CAN kontrolera.

Fizički nivo CAN-a se sastoji od dvožične serijske veze, tj. od CAN_H i CAN_L, i od njihovog međusobnog odnosa napona zavisi da li se signal tumači kao nula ili kao jedinica. To se zove diferencijalno signaliziranje. Struja teče kroz obe linije ali u različitim smerovima, čime se smetnje svode na minimum i omogućuje se prenos podataka velikom brzinom. Uobičajeno je da dužina magistrale bude dugačka do 40 m i da ima najviše do 30 čvorova. Kablovi kojim se signal prenosi su obično upređeni i mogu biti sa oklopom ili bez.

2.2 CANopen

CANopen je komunikacioni protokol višeg nivoa baziran na CAN protokolu. CANopen je protokol koji standardizuje komunikaciju između uređaja različitih proizvođača. Ako gledamo u okviru OSI modela, CAN pokriva prva dva nivoa tj. fizički nivo i nivo veze. CANopen pokriva gornjih pet nivoa: mrežni, transportni, nivo sesije, nivo prezentacije i aplikativni nivo. Aplikativni nivo definiše kako konfigurisati i sinhronizovati CANopen uređaje.

2.3 IO-Link

IO-Link je bidirekcionalni, od tačke do tačke, (eng. *point-to-point*) komunikacioni protokol[2] koji se koristi u industrijskoj automatizaciji. Nastao je iz potrebe da se unapredi komunikacija sa komponentama koje se nalaze na najnižem stepenu industrijske automatizacije, tj. senzorima i aktuatorima. npr. senzori, RFID čitači, ventili, kontaktori, starter motora, I/O moduli.

IO-Link sistem se sastoji od IO-Link uređaja i IO-Link master-a. Master može biti uređaj bilo kojeg dizajna ili stepena zaštite. IO-Link master može imati jedan ili više portova. Samo jedan IO-Link uređaj može biti povezan na jedan port. IO-Link master može biti povezan sa PLC-om ili industrijskim računarom preko bilo koje vrste industrijske mreže, tako da to predstavlja veliku prednost, naročito kada se IO-Link implementira u već postojeće sisteme.

Za povezivanje master-a i IO-Link uređaja se koriste M12 konektori i to, najčešće, četvoropinski za senzore i petopinski za aktuatore, dok master generalno ima petopinske konektore.

Postoje dva tipa portova i to, A i B. Sledeći pinovi su zajednički za oba tipa:

- Pin 1: 24 V;
- Pin 3: 0 V;
- Pin 4: Prekidačka i komunikaciona linija;

Ova 3 pina se koriste kako za IO-Link komunikaciju tako i za napajanje IO-Link uređaja do maksimalno 200 mA.

Kod porta A funkcija preostala dva pina nije definisana specifikacijom, nego proizvođač ih sam definiše. Pin 2 je

najčešće povezan sa dodatnim digitalnim kanalom. Za ovaj tip porta se najčešće koristi četvorožilni kabl.

Port tipa B se koristi za povezivanje uređaja kojima je struja napajanja veća od 200 mA. U tom slučaju pinovi 2 i 5 obezbeđuju dodatno, galvanski izolovano napajanje. U ovom slučaju je neophodan standardni petožilni kabl.

Maksimalna preporučena dužina provodnika između master-a i uređaja je 20 m[3].

IO-Link portovi na master-u mogu da funkcionišu u sledećim režimima:

- IO-Link: U ovom režimu, port se koristi za IO-Link komunikaciju.
- DI: Port se ponaša kao digitalni ulaz.
- DQ: Port se ponaša kao digitalni izlaz.
- Deaktiviran: Ovaj mod se odnosi na portove koji nisu povezani.

Tri brzine prenosa (eng. *baud rate*) su definisane specifikacijom[4]:

- COM 1 = 4.8 kbaud
- COM 2 = 38.4 kbaud
- COM 3 = 230.4 kbaud

IO-Link uređaj podržava samo jednu od ovih brzina i nju propisuje proizvođač u zavisnosti od namene. IO-Link master podržava sve brzine definisane standardom i u toku rada se prilagođava svakom uređaju.

2.4 RS-232

RS-232 je jednostavan, univerzalan i široko podržan komunikacioni standard koji se odlikuje jednostavnošću i širokom primenom, ali poseduje i veoma ozbiljna ograničenja. Moguća brzina signalizacije je do 256 kbps, a dužine linija su do 15 m. Karakteristike RS-232 standarda su:

- Mogućnost direktnog povezivanja samo dva uređaja (1 drajver, 1 prijemnik),
- Nezavisni kanali za prenos i prijem (*full duplex*)
- Bipolarni naponski nivoi (−3 V do −12 V logička jedinica i od +3 V do +12 V logička nula),
- Maksimalna kapacitivnost komunikacione linije je 2500 pF.

Raspoložive brzine signalizacije koje obezbeđuje UART su od 1200 do 256000 baud-a. Broj informacionih bita koji čini jednu reč može biti 5, 6, 7 ili 8. Početak i kraj reči označavaju se stop bitima kojih može biti 1, 1.5, 2, 2.5 ili više. Postoje tri tipa provere parnosti: parna (eng. *even*) kada je broj jedinica u reči, uključujući i bit parnosti paran broj, neparna (eng. *odd*) kada je broj jedinica neparan ili provera može biti isključena (eng. *none*). Tip *handshake*-a koji se koristi takođe se može podesiti u samom UART-u. Ako se komunicira bez *handshake*-a, znači da će uređaji biti povezani samo informacionim linijama, (Tx, Rx i GND). Ako se koristi softverski *handshake*, uređaji su i dalje povezani samo pomoću informacionih linija (Tx, Rx i GND), ali se za početak i kraj komunikacije šalju odgovarajući, unapred dogovoreni simboli (reči). Kod hardverskog *handshake*-a neophodno je, pored informacionih linija, koristiti i signale RTS i CTS za nepotpuni *handshake*, odnosno signale RTS, CTS, DTR, DSR, DCD i RI za potpuni *handshake*.

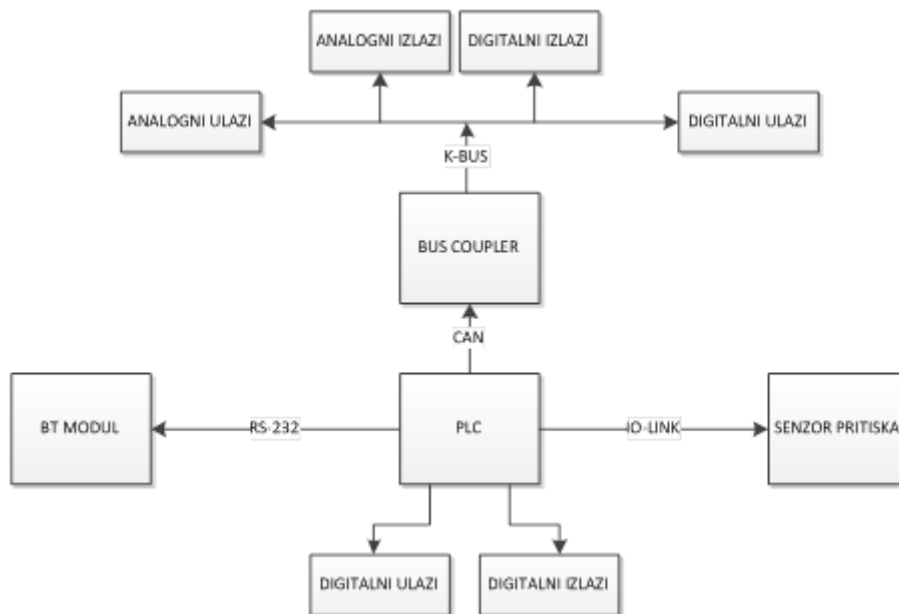
Za povezivanje preko RS-232 standarda najčešće se koriste oklopljeni i neoklopljeni višežični kablovi. U

zavisnosti od primene i tipa komunikacionih uređaja, mogu se ostvariti veze preko 9-pinskog DB9, 25-pinskog DB25 ili 8-pinskog RJ45 konektora.

3. REALIZACIJA DIDAKTIČKOG MODELA

Pošto je cilj ovog rada bila realizacija didaktičke stanice, bilo je potrebno projektovati sistem tako da se što više funkcionalnosti implementira, čime studenti koji bi radili na ovom sistemu stekli što šire znanje. Centralni deo sistema je *PLC* koji je upravlja radom celog sistema. Sa njim je povezano nekoliko komponenti koje komuniciraju

sa njim na različite načine. Sa *PLC*-om je povezan senzor pritiska koji sa njim komunicira preko IO-Link protokola, zatim *Bluetooth* modul koji je povezan preko serijske RS-232 komunikacije i na kraju modul za konverziju komunikacionog protokola (eng. *Bus Coupler*) koji sa *PLC*-om komunicira preko CAN protokola. Uloga *Bus Coupler*-a je da se na njega povežu kartice (eng. *Terminal bus extensions*) sa analognim i digitalnim ulazima i izlazima čime se povećava broj ulaza i izlaza kojima upravlja *PLC*. Da bi sistem bio funkcionalniji, dostupni su i svi ulazni i izlazni portovi samog *PLC*-a, koji se mogu koristiti nezavisno od ostalih komponenta sistema. Blok šema sistema data je na slici 3.1.



Slika 3.1 Blok šema didaktičkog modela

3.1 Programabilni logički kontroler

Najvažnija komponenta ovog sistema je *PLC*. Njegov glavni zadatak je da upravlja i komunicira sa svim ostalim komponentama. *PLC* koji se koristi je CECC-S firme Festo. Odabran je zbog toga što adekvatno odgovara zahtevima ovog sistema.

I/O interfejs omogućuje *PLC*-u da obrađuje signale sa senzora koji su povezani na njegove ulaze, kao i da kontroliše aktuatora i druge komponente povezane na izlaznim portovima. I/O interfejs ima i zasebno napajanje.

Pošto je upravljanje digitalnim ulazima i izlazima osnovna stvar kada se uči rad sa *PLC*-ovima, na samoj didaktičkoj stanici izvučeni su ženski konektori pomoću kojih se pristupa ulazima i izlazima *PLC*-a. Takođe da bi se olakšao rad i učenje, na 8 ulaza povezani su prekidači. Time se postiže pojednostavljena upotreba ulaza i simulacija rada senzora.

CECC-S ima interfejs za *CANopen* sa funkcionalnošću *CANopen master*-a. U ovom radu, *CANopen* interfejs je iskorišćen poveže *PLC* sa modulom za konverziju komunikacionog protokola (BK5120) i time proširi broj ulaznih i izlaznih modula. Takođe postoje i 2 RS-232 interfejsa. U istom redu nalaze se konektori za *IO-Link master* i *device* interfejs. Na ovom modelu, preko RS-232 *PLC* će komunicirati sa *Bluetooth* modemom, a preko *IO-Link*-a sa senzorom pritiska.

3.2 Modul za konverziju komunikacionog protokola

Modul za konverziju komunikacionog protokola (eng. *Bus coupler*), služi da poveže dva uređaja koji komuniciraju preko različitih protokola. U ovom slučaju, reč je o modulu BK5120, proizvođača Beckhoff. Na njega su povezane ekspanzione kartice sa ulazima, odnosno izlazima (eng. *Bus terminals*). On sa *PLC*-om komunicira preko *CANopen* protokola, a sa karticama preko *K-BUS*-a. Time se postiže proširivanje broja ulaza i izlaza *PLC*-a korišćenjem *CANopen*-a.

Ovakav sistem predstavlja direktnu vezu *fieldbus* nivoa i nivoa senzora i aktuatora. Sistem se sastoji od *Bus coupler*-a kao glavne stanice i do 64 terminala (kartice) od kojih je zadnji terminal za terminaciju. Do 255 terminala se može povezati na *Bus Coupler* korišćenjem dodatnih uređaja za proširenje.

Za svaki oblik signala postoji terminal u verziji za jedan, dva, četiri ili osam kanala, tako da po potrebi može se napraviti kombinacija koja odgovara zahtevima sistema. Svi terminali imaju istu strukturu i dimenzije tako da su komplikacije prilikom projektovanja svedene na minimum. Ovaj sistem se proizvodi u verzijama za sve poznate *fieldbus* sisteme.

U ovom radu se radi konkretno o uređaju koji sa *PLC* komunicira putem *CANopen* magistrale.

3.3 Kartice (moduli) za povezivanje

Kartice koje su korišćene u ovom radu su osnovne I/O kartice. Pored njih postoje različite kartice za komunikaciju, specijalne kartice namenjene za rad sa određenim senzorima i aktuatorima (za očitavanje temperature, merenje otpornosti, drajveri za koračne motore i mnoge druge namene). Jednostavne su za montažu, montiraju se tako što se slažu jedna po jedna na *Bus Coupler*.

KL1408 je 8-kanalna kartica sa digitalnim ulazima. Referentni potencijal je 0 V i do nje se dovodi samo signal sa binarnih senzora. Napajanje dobija sa *Bus Coupler*-a preko bočnih kontakata. Na kartici se nalaze signalne diode koje signaliziraju stanje na ulazima. Logička nula je od -3 V do +5 V, a logička jedinica od 15 V do 30 V. Potrebne su 3 ms da ulaz odreaguje na promenu.

KL1408 je 8-kanalna kartica sa digitalnim izlazima. Samo se signal vodi sa izlaza do željenog uređaja, a uređaji moraju imati isti referentni potencijal. Napajanje dobija sa *Bus Coupler*-a preko bočnih kontakata. Na kartici se nalaze signalne diode koje signaliziraju stanje na izlazima. Ugrađena je zaštita od obrtanja polariteta, preopterećenja i kratkog spoja. Maksimalna struja koju izlaz može da da po kanalu je 0,5A.

KL3012 je kartica sa dva analogna ulaza, opsega od 0 do 20 mA. Rezolucija AD konvertera je 12 bita. Ulazi su diferencijalni što omogućuje pouzdan rad i u slučaju kada su elektromagnetne i RF smetnje prisutne. *Run LED* signalizira razmenu podataka sa *Bus Coupler*-om dok *Error LED* signalizira prekid žice ili preopterećenje. Pored diferencijalnih ulaza, na karticu se dovode zajednički referenti napon, kao i uzemljenje.

KL4012 je kartica sa dva analogna izlaza, opsega od 0 do 20 mA. Rezolucija DA konvertera je 12 bita. Pored izlaznih signala, do kartice se dovode +2 4V, 0 V i uzemljenje. *Run LED* signalizira razmenu podataka sa *Bus Coupler*-om.

3.3 Bluetooth modem

PSI-WL-RS232-RS485/BT *Bluetooth* (u daljem tekstu BT) modem ima funkciju da putem RS-232 interfejsa poveže *PLC* sa drugim BT uređajima. Ta veza može biti između dva *PLC*, između *PLC* i mobilnog telefona, računara, ili bilo kog drugog uređaja koji podržava BT komunikaciju.

3.4 Senzor pritiska

U ovom sistemu *PLC* komunicira sa senzorom pritiska preko *IO-Link* komunikacionog protokola. Senzor pritiska koji je implementiran je PP7553 proizvođača *IFM*. Merni opseg ovog senzora je od 0 do 25 bar.

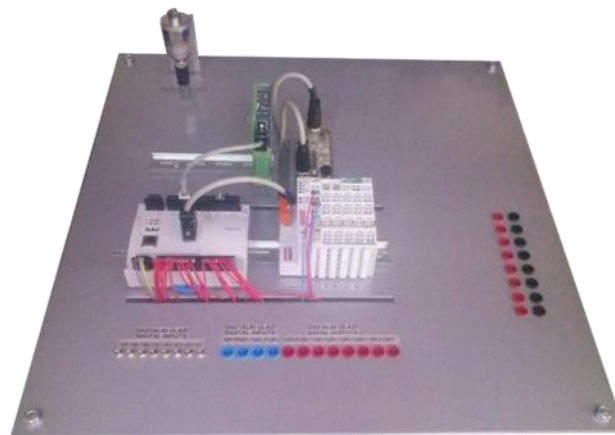
Senzor može da radi u četiri režima. U prvom režimu senzor koristi dva prekidačka izlaza, OUT1 i OUT2. Senzor meri i upoređuje temperature sa zadatim vrednostima (za svaki izlaz ima po jedna zadata vrednost) i u skladu sa tim izlazi su logička nula ili jedinica. U drugom režimu OUT na pinu 2 služi kao prekidački izlaz a pin 4 služi kao signal za učenje. U bilo kom trenutku pomoću ovog signala se trenutni pritisak može postaviti da bude granični pritisak za OUT. U trećem režimu na pinu 4 nalazi se prekidački izlaz, a na pinu 2 se nalazi izlaz za dijagnostiku. Izlaz za dijagnostiku služi da signalizira ako je došlo do greške u sistemu. Poslednji režim služi za razmenu

podataka putem *IO-Link*-a. U ovom režimu nije potrebno podešavati parametre za granične pritiske koji se posmatraju. Umesto toga, vrši se razmena podataka u realnom vremenu putem komunikacionog kanala na pinu 4.

4. ZAKLJUČAK

U okviru ovog rada uspešno je realizovan didaktički model za obuku iz industrijskih komunikacionih mreža. Model se prilikom testiranja pokazao pouzdan i spreman da se koristi u nastavi. Prednost ovog modela je pre svega jednostavna upotreba. Korisnici nemaju potrebe ništa da podešavaju što se tiče hardvera i mogu da se fokusiraju na softverski aspekt komunikacionih mreža, što je i bio cilj projekta. Model je projektovan tako da se uticaj greške korisnika na hardver minimizuje, tako da su male šanse da dođe do oštećenja opreme nestručnim rukovanjem.

Na slici 3.2 prikazan je realizovani didaktički model.

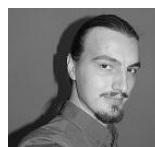


Slika 3.2 Realizovani didaktički model

5. LITERATURA

- [1] <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:11898:-1:ed-2:v1:en> [pristupljeno 28.10.2017.]
- [2] http://www.io-link.com/en/Technology/what_is_IO-Link.php?thisID=76 [pristupljeno 28.10.2017.]
- [3] http://www.io-link.com/share/Downloads/Planung/IO-Link_Design-Guide_10912_V10_Nov16.pdf [pristupljeno 29.10.2017.]
- [4] http://www.io-link.com/share/Downloads/Spec-Interface/IOL-Interface-Spec_10002_V111_Oct11.pdf [pristupljeno 29.10.2017.]

Kratka biografija:



Miloš Topalović rođen je u Šapcu 1992. god. Osnovne akademske studije na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu upisuje 2011. godine, na smeru Mehatronika, usmerenje Mehatronika, robotika i automatizacija. Master akademske studije upisuje na istom fakultetu 2015. godine na smeru Mehatronika, robotika i automatizacija.

REALIZACIJA PAMETNE KUĆE UPOTREBOM RASPBERRY PI RAČUNARA

REALIZING A SMART HOUSE USING A RASPBERRY PI COMPUTER

Lazar Jeremić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MEHATRONIKA

Kratak sadržaj – Ovaj rad se bavi realizacijom pametne kuće upotrebom Raspberry Pi računara. Biće predstavljeno nekoliko sistema koji olakšavaju boravak u kući, čine ga komfornijim, a pri tome i štede energiju.

Abstract – This paper deals with the realization of a smart home using Raspberry Pi computers. Several systems will be presented that make it easier to stay in the home, make it more comfortable, and save energy.

1. UVOD

Kako napreduje razvoj informaciono-komunikacionih tehnologija, tako raste potražnja i interesovanje za uređajima iz ove oblasti. Sistemi za pametne kuće ne predstavljaju više luksuz već postaju potreba pristupačna svakom čoveku. Razvojem tehnologije ljudima se pokušava stvoriti što jednostavniji i kvalitetniji život, kako van doma tako i unutar njega. Jedan od načina poboljšanja kvaliteta življenja unutar doma ostvaruje se njegovom automatizacijom. Pomoću senzora, aktuatora i glavne upravljačke jedinice moguće je modernizovati vlastiti stil privatnog života. Upravo je navedeni primer glavna tema završnog rada. Senzori koji se koriste u završnom radu su temperaturni senzor, senzor za detekciju prepreka, senzor osvetljenja kao i gsm modul. Interakcija je ostvarena pomoću mobilnog telefona, slanjem SMS poruke tako da korisnik na što jednostavniji način zadaje naredbe Raspberry Pi računaru koji upravlja aktuatorima. Završni rad podeljen je na sedam poglavlja u kojima se detaljno opisuje izrada modela pametne kuće i izvedba programskog koda. Takođe su opisani korišteni programski alati koji su olakšali konačnu izvedbu praktičnog dela završnog rada.

2. PAMETNA KUĆA

U moderno doba izgradnje stambenih objekata u većini zemalja kuće su standardno opremljene električnom mrežom, rasvetom, alarmnim sistemom i eventualno zvonom na vratima. Počeci primene automatizacije se odnose na korišćenje računara i informacionih tehnologija za kontrolu kućnih aparata i ostalih sistema. Kako se povećava broj uređaja koji se mogu kontrolisati, tako je implementacija sistema pametne kuće sve poželjnija i pristupačnija na tržištu. Na primer, ako nikoga nema kod kuće i alarmni sistem je postavljen, sistem automatizacije može upozoriti vlasnika ili hitnu službu, ako otkrije uljeza.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Stevan Stankovski.

povećava broj uređaja koji se mogu kontrolisati, tako je implementacija sistema pametne kuće sve poželjnija i pristupačnija na tržištu. Na primjer, ako nikoga nema kod kuće i alarmni sistem je postavljen, sistem automatizacije može upozoriti vlasnika ili hitnu službu, ako otkrije uljeza.

2.1 Pojam pametne kuće

Pametne kuće predstavljaju integrisani i optimizovani sistem centralizovanog upravljanja poslovnim i stambenim prostorima, sa fokusom na energetske efikasnost i potpunu kontrolu okruženja.

Realizacija se bazira na inteligentnim procesorskim mrežama koje povezuju, kontrolišu i upravljaju svim podsistemima: osvetljenje, grejanje, protivprovala, interfon, video nadzor,...

Svoj pun smisao koncept dobija stvaranjem bezbednog, komfornog, ekonomičnog i sigurnog okruženja, uz istovremenu štednju energenata, umanjeње troškova održavanja, produženja životnog ciklusa opreme i značajno smanjivanje zagađenja, koje zgrada emituje u životnu sredinu [1].

3. RASPBERRY PI RAČUNAR

Raspberry Pi je računar koji se sastoji od jedne ploče, a kreirala ga je dobrotvorna ustanova Raspberry Pi Foundation, čiji je primarni cilj ponovno uvođenje učenja računarskih veština u Velikoj Britaniji[2].

Cilj je bio da se ponovo rasplamsa revolucija mikro-računara iz 1980-ih godina, koja je rezultirala pojavom cele generacije kvalifikovanih programera.

Čak i pre nego što je izdat krajem februara 2012. godine, bilo je jasno da je Raspberry Pi stekao veliki broj sledbenika širom sveta (do sada je prodato više od dva miliona jedinica). Na sledećoj slici prikazan je Raspberry Pi Model B:



Slika 1: Raspberry Pi Model B

3.1 GPIO pinovi

GPIO letvica obavlja različite funkcije, a pinove možemo podeliti u nekoliko grupa: I2C, SPI, PWM, GPIO kao i serijski port.

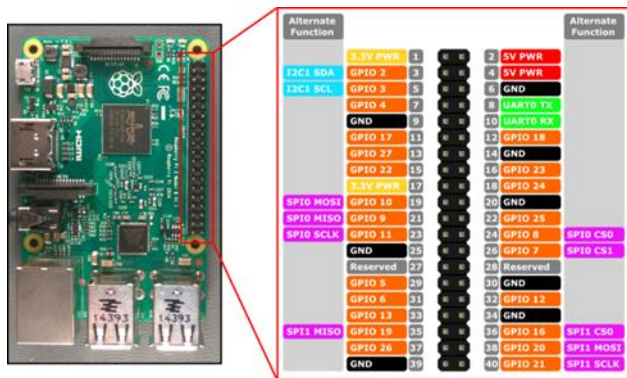
GPIO pinovi se koriste za povezivanje sa svim vrstama elektronskih komponenti kao što su LED i prekidači. Projektovana struja po pinu na GPIO je 3mA. Kada se ne koriste svi pinovi moguće je izvući više od 3mA sve do maksimalnih 16mA po pinu[3].

SPI je skraćenica za serijski interfejs (Serial Peripheral Interface). Na SPI sabirnici se nalaze najmanje jedan 'master' i jedan 'sleju'. Odvojen izvod CE se upotrebljava da ukaže kom 'sleju' je namenjena poruka.

PWM signali se na Raspberry Pi računaru generišu na tri različita načina: frekventnom pobudom, širinom impulsa sa fiksnom učestanošću i širinom impulsa sa promenljivom učestanošću.

I2C je skraćenica za Inter IC Communication i ponekad se piše kao I2C. To je serijski protokol koji je razvio Philips osamdesetih godina prošlog veka za komunikaciju između integrisanih kola i mašina. I2C sabirnica koristi 2 žice, jednu za podatke i jednu za takt. Zato se često naziva dvožični protokol.

Serijski port - RS232 je definisan kao standar 1969 godine za komunikaciju između računara i periferija, obično teleprinter. Uzevši u obzir doba nije iznenađenje da su specifikacije za signale pomalo čudne. Konekcija koristi do osam provodnika za signale i zajedničku masu. Kod Raspberry Pi računara su upotrebljene samo dve od kojih je TX za predaju a RX za prijem podataka. Ono što jedan uređaj šalje, trebalo bi da primi drugi, pa se signalni vodovi ukrštaju. Na sledećoj slici je prikazan raspored pinova na Raspberz Pi 3 Model B računaru.



Slika 2: Raspored pinova na Raspberry Pi Model B računaru

4. HARDVERSKJE KOMPONENTE

U okviru ovog poglavlja biće predstavljene sve hardverske komponente koje su korišćene prilikom realizacije pametne kuće, kao i njihove osnovne karakteristike i princip funkcionisanja.

4.1 Ultrazvučni merač udaljenosti HC-SR04

Ultrazvučni senzori rastojanja se koriste za merenje rastojanja između senzora i objekta koji se nalazi ispred njega. Udaljenost možemo meriti od objekta koji miruje ili

onog koji se kreće. Ovi senzori nude dobru preciznost i jednostavni su za upotrebu. Nema smetnji pri radu gde je veliko osvetljenje za razliku od Sharp senzora. Modul se sastoji od ultrazvučnog predajnika, ultrazvučnog prijemnika i kontrolne elektronike. Rezolucija senzora je 0,3cm, a opseg detektovanja objekta od 2 do 400cm. Senzor pokriva horizontalni ugao do 150. Sam koncept ove tehnologije je jednostavan. Senzor emituje zvučne impulse visoke frekvencije, koji se, u slučaju da se ispred senzora nalazi prepreka, odbijaju od nje ka senzoru. Ako su impulsi detektovani nakon emitovanja, možemo pretpostaviti da se ispred senzora nalazi prepreka. Ovaj efekat možemo uporediti sa bacanjem lopte. Ako loptu bacimo horizontalno i ako se ona vrati nazad, znači da je udarila u neku prepreku od koje se odbila. Razlika između lopte i talasa je u tome što lopta izgubi mnogo više energije na svom putu, dok talas gubi zanemarljivo malu količinu energije. Dateljni opis principa rada je sledeći: modul se aktivira slanjem kontrolnog impulsa dužine najmanje 10 μ s, zatim automatski šalje osam ultrazvučnih impulsa frekvencije 40kHz i kada detektuje povratne ultrazvučne impulse, generiše izlazni signal čija je dužina proporcionalna razdaljini.

4.2 DHT11 – Digitalni senzor vlažnosti i temperature

Senzor temperature i vlažnosti – DHT11 pruža kalibrisane digitalne izlaze za temperaturu i relativnu vlažnost vazduha. Dostupan je u 4-pinskom kućištu, a radi pri naponima između 3.5 i 5.5 V DC. Može da meri temperaturu do 50°C, a vlažnost vazduha u opsegu od 20-90%, što ga čini pogodnim za unutrašnju upotrebu. Senzor je fabrički kalibrisan i ne zahteva dodatne komponente tako da ga možete odmah upotrebiti za merenja. Sastoji se od kapacitivnog senzora vlažnosti vazduha, termistora za merenje temperature i elektronike za komunikaciju sa mikrokontrolerom. Glavne osobine ovog senzora su brzo reagovanje, izdržljivost i otporan je na smetnje.

4.3 Senzor za detekciju svetlosti na bazi LM393

Ovaj senzor je namenjen za detektovanje jačine svetlosti, i nakon dostizanja te jačine, šalje signal ka modulu koji obrađuje signal. Osetljivost se podešava manuelno uz pomoć potencijometra [4].

4.4 SIM800L modul

SIM800L dizajniran od strane kompanije SIMCom je quad band modul koji podržava GSM/GPRS. Dakle ovaj modul se može koristiti za slanje i primanje SMS poruka, poziva kao i za prenos podataka putem interneta. Interakcija sa modulom se ostvaruje upotrebom AT komandi, a modul se putem serijske komunikacije preko Rx i Tx pinova povezuje na neki drugi modul, elektroniku, itd...

4.5 LCD displej sa I2C modulom

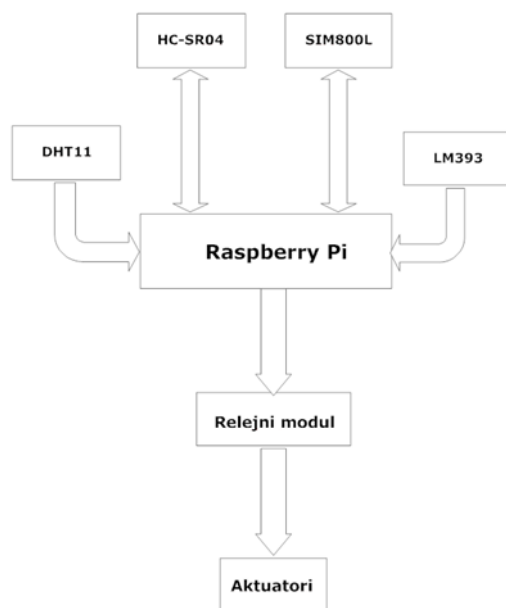
Široku primenu u savremenim mikrokontrolerskim sistemima postigli su LCD displeji koji pored prikaza numeričkih karaktera imaju u sebi implementiran ceo ASCII alfabet, kao i razne specijalne znake. Postoje različiti tipovi alfanumeričkih LCD displeja, ali najveći procenat se bazira na istom čipsetu tipa Hitachi HD44780. Iz tog razloga displeji koji su kompatibilni sa HD44780 mogu koristiti iste softverske rutine, bez obzira na tip ili proizvođača. LCD displej je formata 16x2 karaktera.

5. REALIZACIJA PAMETNE KUĆE

U ovom poglavlju će biti predstavljen opis funkcionalnosti pametne kuće kao i kompletan postupak realizacije projekta.

5.1 Model pametne kuće

Kako bi se čoveku omogućio što komforniji boravak u kući i oko nje, razvijen je ovaj projekat. Ovaj projekat obuhvata niz aktivnosti koje se odigravaju uz minimalan ili čak nikakv napor čoveka koji živi u kući u kojoj je implementiran ovaj sistem. Na sledećoj slici je prikazan model pametne kuće.



Slika 3: Model pametne kuće

Kao što se može videti sa prethodne slike, Raspberry Pi predstavlja centralni deo sistema, koji prikuplja informacije sa senzora, vrši interakciju sa određenim modulima, a na kraju svega i upravlja relejnim modulom, a samim tim i aktuatorima.

5.2 Dvorišna rasveta

Prva funkcionalnost koju ovaj sistem obezbeđuje jeste paljenje dvorišne rasvete nakon zalaska sunca, kao i gašenje nakon izlaska sunca. Ovom akcijom se čovek rasterećuje svakodnevnih aktivnosti paljenja i gašenja dvorišne rasvete. U okviru sistema postoji senzor za detekciju svetlosti na bazi LM393 koji uz pomoć foto diode detektuje jačinu svetlosti i signalizira Raspberry Pi računaru da li je potrebno da pali ili gasi kanal na relejnom modulu zadužen za dvorišnu rasvetu. Osetljivost sistema je moguće korigovati putem potencijometra koji se nalazi na samom senzoru.

5.3 Alarmni sistem

Druga funkcionalnost koju ovaj sistem obezbeđuje jeste alarmni sistem. Sistem je sposoban da detektuje nepoželjan ulazak u kuću, i da nakon toga aktivira alarm. Alarmni sistem je realizovan uz pomoć ultrazvučnog merača udaljenosti HC-SR04. Zamišljeno je da senzor stoji odmah iza ulaznih vrata. Ukoliko dođe do otvaranja vrata, senzor će to detektovati i alarm će se aktivirati,

oglasiti uzbunu, a zatim će Raspberry Pi računar uz pomoć SIM800L modula poslati email poruku vlasniku kuće o neželjenom ulasku u kuću. Da bi alarmni sistem mogao da se aktivira ukoliko dođe do neželjenog ulaska u kuću, potrebno ga je uključiti slanjem SMS poruke sa sadržajem "UKLJUCI ALARM" na broj koji se nalazi u SIM800L modulu. Za isključivanje alarmnog sistema potrebno je poslati SMS sa sadržajem "ISKLJUCI ALARM". Dakle ukoliko je vlasnik u kući, preko dana, i ulazna vrata se često otvaraju, nema potrebe da alarmni sistem bude aktivan, međutim ukoliko je vlasnik napustio kuću, ili tokom noći, javlja se potreba za uključivanjem alarmnog sistema.

5.4 Merenje i regulacija temperature u dnevnom boravku

Još jedna od funkcionalnosti koju sistem pametne kuće obezbeđuje jeste merenje temperature i vlažnosti vazduha u dnevnom boravku, kao i njihov prikaz na LCD displeju. Pored merenja temperature, obezbeđena je i njena automatska regulacija. Ukoliko temperatura u dnevnom boravku pređe 30°C, Raspberry Pi računar će poslati naredbu koja će preko jednog od kanala na relejnom modulu upaliti klima uređaj i spustiti temperaturu u prostoriji. Ova funkcionalnost omogućava vlasniku kuće da nakon što dođe kući, ne mora sam da pali klima uređaj, i da čeka da se prostorija rashladi, već će po dolasku kući zateći prijatan ambijent i rashlađenu prostoriju.

5.5 Otvaranje i zatvaranje dvorišne kapije SMS porukom

Poslednja od funkcionalnosti koja je obuhvaćena ovim radom jeste otvaranje i zatvaranje kapije slanjem SMS poruke na SIM800L modul. Dakle kako bi se prilikom parkiranja ili isparkiranja iz dvorišta kuće izbegao izlazak iz automobila, osmišljena je ova funkcionalnost pametne kuće. Dakle ukoliko korisnik hoće da se parkira u dvorište kuće, moguće je otvoriti kapiju slanjem SMS poruke na broj koji se nalazi unutar SIM800L modula. Nakon što sim modul primi poruku, Raspberry Pi računar će obraditi poruku i na osnovu nje će putem jednog od kanala na relejnom modulu izdati naredbu za otvaranje ili zatvaranje kapije.

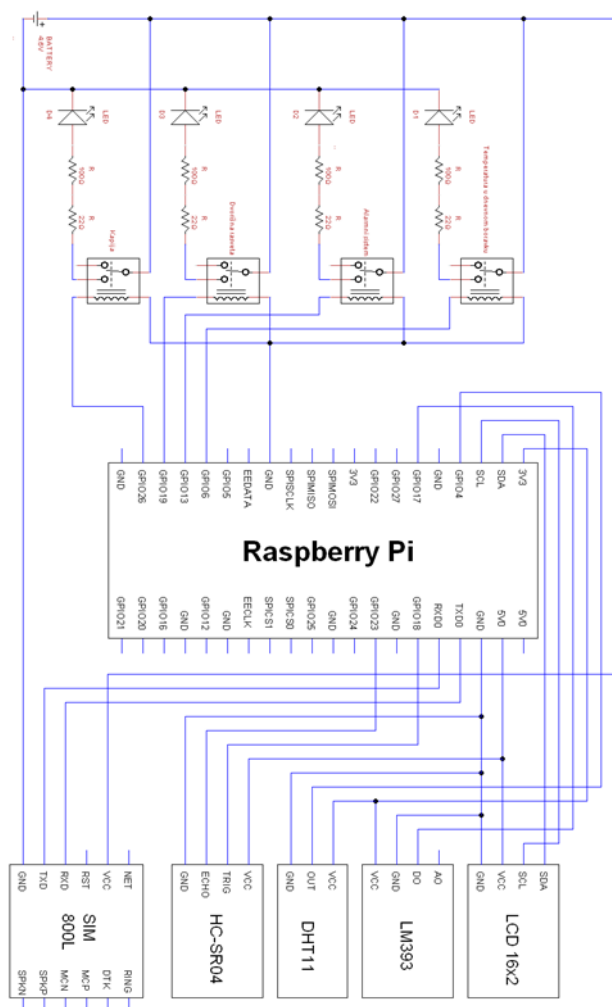
6. ELEKTRIČNA ŠEMA SISTEMA

Za izradu ovog projekta su korišćene komponente navedene u četvrtom poglavlju rada. Što se tiče napajanja upotrebljena su tri ispravljača. Prvi ispravljač, 12V DC, 2.5A je upotrebljen za napajanje SIM800L modula koji u toku rada zahteva 2A, kao i za LED koje simuliraju otvaranje/zatvaranje kapije, paljenje/gašenje klima uređaja, paljenje/gašenje dvorišne rasvete kao i aktiviranje alarmnog sistema. U te svrhe nije se koristilo 12V koje daje ovaj ispravljač, već se pomoću LM2596S DC-DC regulatora napon spustio na 4.6V DC. Drugi ispravljač koji daje 5V DC i 3A je korišten za napajanje Raspberz Pi računara, dok se treći ispravljač od 5V DC i 1A koristio za napajanje relejnog modula. Relejni modul je mogao da se napaja i sa Raspberry Pi računara, sa pina od 5V, međutim kako bi Raspberry Pi bio što rasterećeniji i kako ne bi rizikovali da oštetimo Raspberz pi računar, koristilo se posebno napajanje za relejni modul. Raspberz

Pi breadboard adapter je korišćen kako bi se moglo što lakše pristupiti GPIO pinovima. Takođe upotrebom ovog adaptera, na protobordu je moguće na jedan GPIO pin povezati više komponenti, ovo se pre svega odnosi na pinove za napajanje, 3V3, 5V0 i GND. Što se tiče LED, korišćene su diode koje rade na 20mA, pa se samim tim struja morala ograničiti upotrebom otpornika. Dakle imamo napajanje 5V DC, zatim pad napona 2V na LED, pa upotrebom Omovog zakona lako dolazimo do vrednosti otpornika koji su nam neophodni kako bi ograničili struju kroz LED.

$$R = U/I = (2.6 \text{ V}) / (0.02 \text{ A}) = 130\Omega \quad (1)$$

Kao što vidimo nakon proračuna, za svaku diodu nam je potrebno još po 130Ω kako bi ograničili struju, pa se u tu svrhu koristila redna veza otpornika od 100 i 22 Ω. Na sledećoj slici je prikazana električna šema sistema pametne kuće.



Slika 4: Električna šema sistema pametne kuće

7. ZAKLJUČAK I PRAVCI DALJIH ISTRAŽIVANJA

Pod pojmom pametna kuća podrazumeva se potpuno automatizovan sistem upravljanja stambenim objektom.

U današnje vreme se sve više susrećemo sa pojmom pametna kuća, ali u budućnosti će to biti uobičajeni termin zbog sve veće populariziranosti takvog sistema. Pametna kuća obuhvata integraciju više podsistema u jedan cjeloviti sistem. Sistemi koji mogu sačinjavati pametnu kuću su: osvetljenje, grejanje i ventilacioni sistem, sigurnosni sistem, multimedijски sistem, itd.. Integracijom navedenih sistema dobijamo jedinstveni sistem automatizacije stambenog objekta koji doprinosi korisniku potpuno zadovoljstvo, što se tiče uštede, a povećava i sam komfor i udobnost korisnika objekta. Implementacijom ovakvog sistema na već postojeću objekt ili izgradnjom novog stambenog objekta koji se pravi sa sistemom automatizacije možemo u značajnoj meri olakšati život stanara tog objekta. Izradom modela vidljivo je kako takav automatizovani sistem doprinosi korisnikovom zadovoljstvu svojom udobnošću i komforom zbog jednostavnosti upravljanja sa samo jednog mesta, u ovom slučaju preko mobilnog uređaja.

Pojam pametne kuće je toliko širok, da postoji izuzetno mnogo pravaca u kojima bi sistem mogao dalje da se istražuje i razrađuje, ali u ovom slučaju biće navedeni mogući pravci daljih istraživanja vezani za ovaj rad. Jedan od mogućih pravaca daljih istraživanja bi bio kreiranje baze podataka, sa korisnicima koji mogu da upravljaju sistemom pametne kuće, kako bi se povećala sama bezbednost sistema pametne kuće, kao i ograničilo njegovo korišćenje samo na korisnike koji bi se nalazili u toj bazi podataka. Drugi pravac bi mogao da bude razvijanje Android aplikacije za sistem pametne kuće. U okviru ove aplikacije bi mogli da se prate podaci koji se očitavaju sa raznih senzora unutar sistema pametne kuće, kao i mogućnost upravljanja određenim funkcionalnostima pametne kuće putem android aplikacije.

8. LITERATURA

- [1] http://www.controlpoint.rs/pametne_kuce.php, posmatrano: oktobar 2017
- [2] <http://novadigitalmedia.com/history-raspberry-pi/>, posmatrano: oktobar 2017
- [3] Bert Van Dam - Raspberry Pi
- [4] <http://www.notenoughtech.com/raspberry-pi/rpi-sensors/light-sensor-lm393-ky018/>, posmatrano: oktobar 2017

Kratka biografija:



Lazar Jeremić rođen je u Beogradu 1991. godine. Srednju elektrotehničku školu u Novom Sadu završava sa odličnim uspehom. Osnovne akademske studije na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, na smeru Mehatronika, završava 2014. godine.

PROIZVODNI SISTEM ZA PROIZVODNJU VENTILATORA PRODUCTION SYSTEM FOR VENTILATOR PRODUCTION

Igor Ardalić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – INDUSTRIJSKI MENADŽMENT

Kratak sadržaj – U radu je prikazan proizvodni sistem za proizvodnju ventilatora, program proizvodnje, karakteristike proizvoda, sastavnica i strukturiranje proizvoda, zahvati, tok montaže, ritam toka i uravnoteženje radnih mesta, oblikovanje tokova materijala i opšti modeli istih u sistemu, predlog rešenja za proizvodni sistem i višekriterijumski izbor optimalne varijante rešenja.

Abstract – This paper presents the production system for the production of ventilators, production program, product characteristics, components and product structuring, procedures, assembly flow, rhythm flow and job balancing, material flow design and general models in the system, system solution proposal and multi-criterion selection of optimal solution options.

Ključne reči: proizvodni sistemi, tehnologije montaže, organizovanje proizvodnje i radna mesta

1. UVOD

Predmet rada, za koji je dat predlog rešenja montažnog sistema, je ventilator pod nazivom „DFS 7.6 Nautilair Blower”. Analizirani predmet rada se proizvodi u nemačkom preduzeću Dunkermotoren. Predmet rada se sastoji od pedeset i jednog sastavnog dela.

U montažnom sistemu ovog uređaja, po projektu, radi šest zaposlenih, tj. postoji šest radnih mesta. Kapacitet sistema je dvesta dvadeset i pet jedinica proizvoda nedeljno, tj. četrdeset i pet sklopljenih komada dnevno.

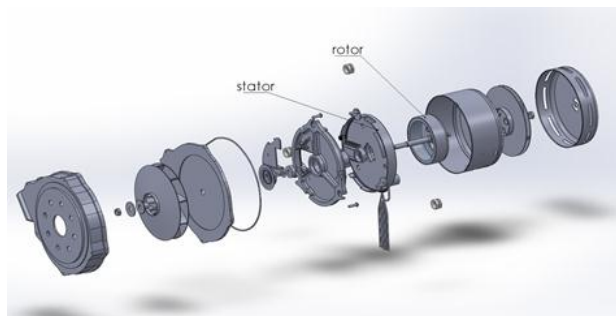
Obezbeđen je jedan primerak ventilatora neophodan za analizu proizvoda. Analiza proizvoda je sprovedena korišćenjem teorijskih alata: strukturne šeme, liste zahvata, mrežnog dijagrama i dijagrama toka montaže, čime je, prikupljanjem pravih i neophodnih saznanja o proizvodu, dobijena kompletna slika o predmetu rada.

2. ANALIZA KARAKTERISTIKA PROIZVODA

„DFS 7.6 Nautilair Blower“, čiji je 3D model prikazan na sl. 1 i čija je sastavnica data u tabeli 1, je u principu elektromotor, čiji su podsklopovi rotor i stator, a koji ima montiran ventilator sa kućištem za usmereno duvanje vazduha. Proizvod se sastoji od trideset i sedam sastavnih delova, koji se namenski prave za ovaj proizvod i četrnaest standardnih delova koji se masovno proizvode i mogu odvojeno nabaviti. Većina delova je izrađena od sivog liva, aluminijuma i plastike.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Milovan Lazarević, vanr. prof.



Slika 1. Prikaz predmeta rada

Tabela 1. Sastavnica proizvoda za montažu

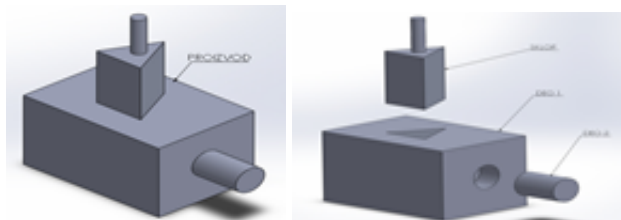
	Ozn.Dela	Naziv dela	Ozn. Cr.	Materijal	Kom.	Napomena
1	5-44429-3	SKLOP ROTORA			1	
2	40-2218	PODLOSKA			1	
3	7491	NAVRKA			1	
4	30-2955	DISTANTNI PRSTEN			2	
5	5-31012	HLADNIJAK			1	
6	5-2227	PODLOSKA			1	
7	50-4120	KAPA LEZAJA			2	
8	5-3725	ZASTITNI POKLOPAC			1	
9	5-3726-2	POKLOPAC KONTROLERA			1	
10	5-7965	ZAVRTANJ			5	
11	5-90388-31	KONTROLER			1	
12	5-6705	NOSAC MOTORA			1	
13	5-6582	POKLOPAC			1	
14	5-6376	O - RING			1	
15	5-31007	VENTILATOR			1	
16	352425	ANTIVIBRACIONI NOSACI			3	
17	20-2997	DISTANTNI PRSTEN			1	
18	5-6583-6	DONJE DEO KUCISTA			1	
19	5-2226	PODLOSKA			1	
20	20-3510	TOLERANTNA OPRUGA			1	
21	70-7653	LEZAJ			1	
22	5-2224	CEONA PODLOSKA			1	
23	15-3476	ZAPTIVAC VRATILA			1	
24	5-7881	ZAVRTNI NOSAC MOTORA			3	
25	5-7963	ZAVRTNI DONJEG POKLOPCA			5	
26	30-8068	NALEPNICA UPOZORENJA			1	
27	5-150145-60	NALEPNICA PECATA			1	
28	5-39009-4	UZEMLENJE			1	
29	5-7968	ZAVRTANJICE ZA UZEMLENJE			1	
30	5-7421	NAVRKA			1	
31	30-3129	KONEKTOR			1	
32	20-3489	OBUMNICA			1	
33	5-5141	DZAMPER			1	
34	5-3831	VIBRACIONI IZOLATOR			1	
35	5-3830	HLADNIJAK			1	
36	5-8089	NALEPNICA			1	
37	5-7624	KUGLIČNI LEZAJ			1	

Izradio	Datum:	Ime:	Potpis:	FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA MEHATRONIKA
Uskladio				
Pregledao				
Overio				
Izmenio:				Sklop:
Razmera:		Proizvod za demontažu:		Broj crteža polufabrikata:
				Broj crteža:

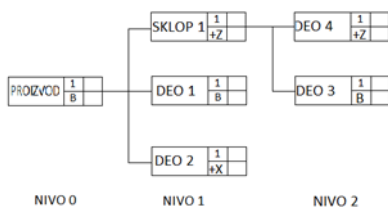
Stator elektromotora je izrađen od čelika i bakra. Svi ovi sastavni elementi dolaze gotovi na ulaze linije spremni za montažu. Za montažu podsklopova rotora i statora potrebno je izvršiti po osam operacija. Nakon toga, potrebno je izvršiti još pedeset i četiri operacije finalnog sklapanja. Sastavljanje podsklopova zahteva dosta vremena i sastoji se od složenih operacija, kao što su balansiranje rotora, rpm merenje, lemljenje kontrolera, testiranje statora. U finalnom sklapanju potrebno je koristiti prethodno navedene podsklopove, kao i veliki broj preostalih elementa, što sve treba složiti u funkcionalnu celinu.

3. STRUKTURNA ŠEMA

Strukturalna šema je u mnogome olakšala razumevanje problema projektovanja proizvodne linije i omogućila je laku interpretaciju strukture predmeta rada. Teorijski je strukturiranje predmeta rada datog na sl. 2, prikazano na kratkom hipotetičkom primeru, za koji je izrađena strukturalna šema sa sl. 3.



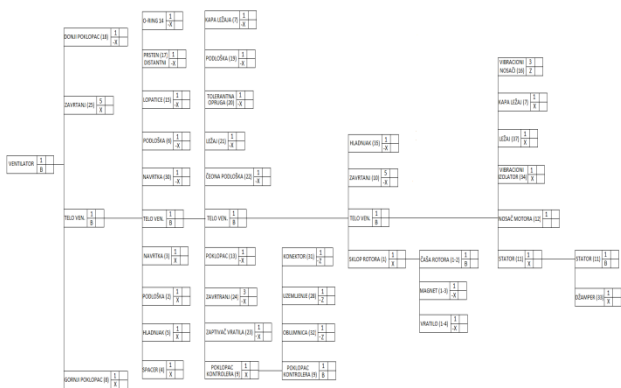
Slika 2. Geometrijski model proizvoda [1]



Slika 3. Strukturiranje primera sa prethodne slike [1]

Proizvod se sastoji od četiri dela i na osnovu njihovih geometrijskih karakteristika deo 1 se usvaja za bazni. Nakon njegovog fiksiranja vrši se oslobađanje prisutnih veza koje bazni deo gradi sa delom 2 i sklopom 1. Važno je naglasiti da se ne sme izvršiti eliminisanje veza između delova u datom koraku ako se ono može odložiti na naredni nivo ekspandiranja, što je u primeru predstavljeno na nivou 2.

Strukturalna šema analiziranog predmeta rada je samo varijacija i proširenje prethodno navedenog primera i prikazana je na slici 4.



Slika 4. Strukturalna šema analiziranog predmeta rada

4. LISTA ZAHVATA

Jedna od osnovnih karakteristika strukture proizvoda jeste da ona u mnogome određuje mogućnost/pogodnost redosleda izvođenja zahvata. Neophodni elementi za određivanje postupka montaže su: lista montažnih zahvata, mrežni dijagram i dijagram toka montaže.

Zahvat montaže, za posmatrani proces rada, predstavlja elementarni deo postupka rada u kojem se izvršava

spajanje dva ili više delova u jednu zaokruženu logičku celinu, sa utroškom vremena.

Lista zahvata koja odgovara primeru sa sl. 2, prikazana je u tabeli 2. Tabela 2. Lista zahvata [1]

Oznaka	Naziv zahvata	Vrsta spoja
Z10	Uvrtanje dela 4 u deo 3	2
Z20	Utiskivanje sklopa 1 u deo 1	8
Z30	Utiskivanje i lepljenje dela 2 u deo 1	8,6

Lista zahvata analiziranog predmeta rada je samo kvantitativno proširenje prethodne tabele i sadrži 67 zahvata, podeljenih u 15 celina i u celosti je data u [4].

5. MREŽNI DIJAGRAM

Mrežni dijagram predstavlja osnovu za utvrđivanje redosleda zahvata u fazi razrade tehnološkog postupka montaže, ali i za ocenu kvaliteta strukturiranja proizvoda.

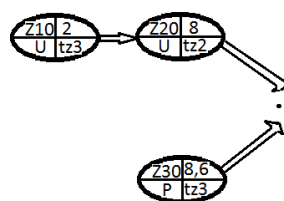
Osnova za izradu mrežnog dijagrama je strukturalna šema proizvoda i lista montažnih zahvata. Mrežni dijagram može biti konstruisan upotrebom dva osnovna simbola, prikazana na sl. 5. Simbol elementa je krug, a brojka u krugu predstavlja oznaku elementa. Elementi moraju biti označeni po redu sastavljanja radi lakše identifikacije. Neophodno je u postupku pripreme za izradu mrežnog dijagrama pripremiti i posebnu listu koja vezuje opis i oznaku (broj) elementa.



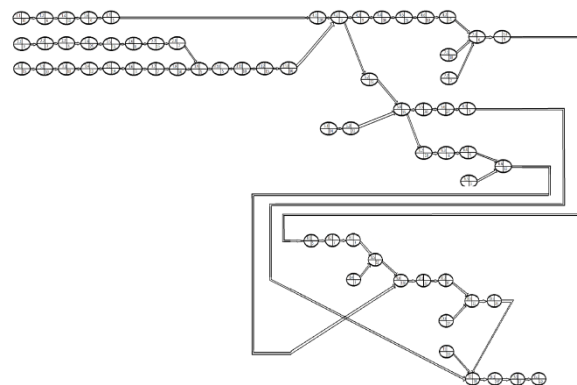
Slika 5. Simbol elementa i simbol veze [1]

Simbol veze je prava sa strelicom koja povezuje dva susedna elementa. Uslovljenost redosleda je određena tako da element na vrhu strelice sledi element na njenom drugom kraju.

Mrežni dijagram primera sa sl. 2 prikazan je na sl. 6.



Slika 6. Mrežni dijagram analiziranog primera [1]



Slika 7. Mrežni dijagram analiziranog proizvoda

Mrežni dijagram analiziranog proizvoda je samo kvantitativno razvijeni oblik navedenog primera. Mrežni dijagrama analiziranog proizvoda prikazan je na sl. 7.

6. DIJAGRAM TOKA MONTAŽE

Izrada dijagrama toka montaže sledi nakon formiranja mrežnog dijagrama i predstavlja osnovu za utvrđivanje: broja dodatnih manipulacija sklopovima, izbora baznog dela, broja tokova i mogućnosti paralelnog izvođenja zahvata na proizvodu.

U primeru sa sl. 2 formiranje pomoćnog dijagrama prikazano je u tabeli 3, a kao osnova korišćeni su: strukturna šema, lista zahvata i mrežni dijagram. Sklapanje proizvoda se započinje svim nezavisnim zahvatima koji prema mrežnom dijagramu nisu ničim predhodno uslovljeni i mogu se odmah izvršiti. Nakon toga potrebno je samo pratiti mrežni dijagram i prisutne uslovljenosti prenositi u dijagram toka montaže. Najduži tok u takvom dijagramu predstavljaće najkraće vreme izvođenja svih zahvata sa maksimalnim preklapanjem.

Tabela 3. Pomoćni dijagram toka montaže

Poz	Naziv	Redosled slaganja zahvata
1	Deo 1	
2	Deo 2	
3	Deo 3	
4	Deo 4	

Redni broj zahvata upisuje se u vrstu onog dela koji je u datom sklopu prema strukturnoj šemi bazni deo i na taj način se jasno uočava da li se pojedini delovi izdvajaju kao bazni i u kojoj meri. Bazni element predstavlja deo, podsklop ili sklop koji se postavlja u prvu poziciju u okviru postupka rada i na koji se ugrađuju svi ostali delovi proizvoda.

Primenom navedene teorije i bazirajući se na primeru iz tabele 3, formiran je dijagram toka montaže za analizirani predmet rada, koji je prikazan na sl. 8.

7. RITAM TOKA

Ritam toka je vremenski interval koji deli ulaz, prolaz i izlaz dve uzastopne jedinice proizvoda u procesu rada proizvodnog sistema. Ritam toka se računa kao količnik ukupnog efektivnog godišnjeg kapaciteta i predviđenih godišnjih količina i predstavlja maksimalno vreme po komadu određeno mogućnostima sistema.

Zadatak projektovanog sistema je da na nedeljnom nivou sklupa 225 jedinica proizvoda, ili 45 jedinica proizvoda dnevno, što je potrebno uraditi u tri smene. Broj radnih dana godišnje je 244. Uzevši u obzir navedene podatke može se izračunati efektivni kapacitet sistema i godišnja količina proizvoda koja se sklupa:

$$q_j = m_e \cdot 45 = 244 \cdot 45 = 10.980 \approx 11.000 \text{ [komada/godišnje]} \quad (1)$$

q_i - godišnji kapacitet sistema
 m_e - broj radnih dana u godini

$$K_e = 60 \cdot m_e \cdot S_e \cdot \eta_e \cdot n_e = 60 \cdot 244 \cdot 3 \cdot 0,78 \cdot 7,5 = 256.932 \text{ [min/god]} \quad (2)$$

K_e - godišnji raspoloživi kapacitet sistema
 m_e - broj radnih dana u godini
 S_e - broj smena
 η_e - stepen iskorišćenosti sistema
 n_e - broj radnih sati po danu

$$r_n = K_e / q_j = 23,36 \text{ [min/kom]} \quad (3)$$

r_n - ritam toka

K_e - godišnji efektivni kapacitet sistema
 q_j - godišnja količina proizvoda

Uravnoteženje procesa rada proizvodnih sistema se, u opštem slučaju, svodi na zahteve da se u određenom vremenskom periodu - ciklusu uravnoteženja T_{cu} na svim operacijama rada dobije određen jednak broj jedinica predmeta rada, odnosno da se održi projektovani ritam toka u vremenu rada sistema.

8. OBLIKOVANJE TOKOVA MATERIJALA

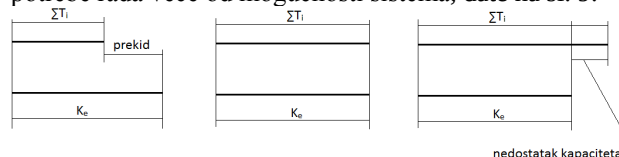
U osnovi razvoja kriterijuma za oblikovanje tokova u sistemu leži vremenski izražen odnos između ukupnih potreba rada neophodnih za izvođenje svih operacija rada za dati program proizvodnje (opterećenje) i efektivnih mogućnosti predmetne strukture sistema (kapacitet) pri čemu se, u rezultatu različitih uticaja, javlja karakterističan odnos u smislu nejednačine:

$$\left(\begin{array}{c} \text{Ukupne} \\ \text{potebe rada} \\ \text{(opterećenje)} \end{array} \right) \geq \left(\begin{array}{c} \text{Mogućnosti} \\ \text{sistema} \\ \text{(efektivni kapacitet)} \end{array} \right) \quad (4)$$

tj.,

$$\sum_{i=1}^{i=m} T_i \geq K_e \quad (5)$$

Iz prethodne nejednačine intuitivno slede tri mogućnosti: prekidni tokovi, jednakost potreba i mogućnosti i ukupne potrebe rada veće od mogućnosti sistema, date na sl. 9.



Slika 9. Odnos potrebe rada i efektivnog kapaciteta sistema [2]

Razmatrani odnos ukupnih potreba rada i mogućnosti - efektivnog kapaciteta sistema prikazan u smislu:

$$\frac{\sum_{i=1}^{i=m} T_i}{K_e} \geq 1 \quad (6)$$

Predstavlja osnovni kriterijum za oblikovanje tokova materijala i izbora tipa toka koji nazivamo stepen serijnosti tokova u sistemu i označavamo sa:

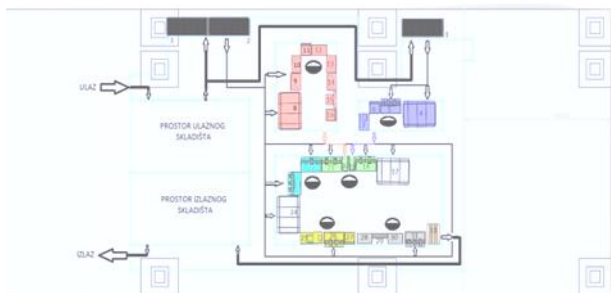
$$k_{ser} = \frac{\sum_{i=1}^{i=m} T_i}{K_e} \geq 1 \quad (7)$$

Analizom ukupne potrebe rada za proizvodnju ventilatora utvrđeno je vreme koje iznosi 266 750 [min/god], dok je mogućnost sistema $K_e = 256 932$ [min/god]. Kako su ukupne potrebe rada veće od mogućnosti sistema analizirani sistem spada u grupu sistema sa nedostatkom kapaciteta.

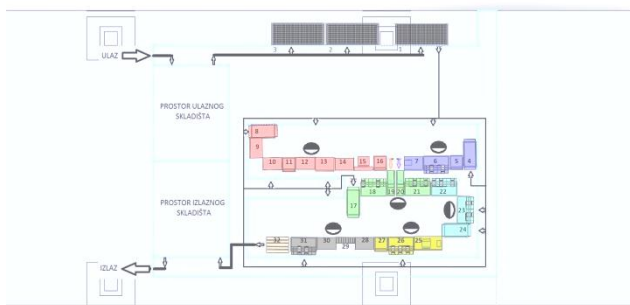
9. PREDLOG REŠENJA

Na osnovu prethodne teorijske osnove i izvučenih zaključaka došlo se do dovoljno saznanja za davanje predloga rešenja proizvodne linije ventilatora. U ovom delu margine za davanje rešenja su dovoljno široke za dva predloga, što će se daljom analizom i preciziranjem zahteva svesti na jedno.

Na slikama 10 i 11 su prikazana dva rešenja za postavljanje montažne linije. Na slikama su bojama odvojena radna mesta. U nastavku rada će se izabrati pogodnije.



Slika 10. Prvi predlog rešenja montažne linije



Slika 11. Drugi predlog rešenja montažne linije

10. VIŠEKRITERIJUMSKI IZBOR OPTIMALNE VARIJANTE

Konačno sužavanje izbora, tj. davanje konačnog rešenja rešeno je pomoću višekriterijumskog izbora optimalne varijante.

Pošto definisani kriterijumi imaju različit uticaj svakom od njih treba dati odgovarajuću težinu - značaj.

Treba, naravno voditi računa i o aspektima vezanim za „uporedivost sistema“:

- obuhvatanje odgovarajućih trenutaka vremena,
- definisanje granica sistema,
- definisanje promenljivih veličina u granicama dozvoljenih odstupanja,
- razdvajanje uticaja koji se superponiraju.

Za svaku od alternativa se određuje u kom stepenu ispunjava pojedine zahvate. Kod svakog kriterijuma se daje ocena od 1 do 10.

Nakon izvršene analize došlo se do konačnog rešenja. Konačno rešenje prikazano je na slici 10.

11. ZAKLJUČAK

Izabравši konačno rešenje rada ispunjen je kranji cilj projektnog zadatka. Dato je rešenje po kome se može vršiti proces proizvodnje na montažnoj liniji za sastavljanje „DFS 7.6 Nautilair Blower“.

Imajući u vidu da se predmet rada sastoji od pedeset i jednog sastavnog dela nije bilo nimalo lako globalno sagledati čitav proces i svesti ga na svima razumnu formu. Tačno određen postupak i široka teorijska osnova predstavljena u literaturi omogućila je razumevanje procesa i postupaka, sagledavanje i organizovanje bitnih podataka kao i njihovo svođenje na funkcionalnu celinu.

Pored teorijskih osnova bilo je neophodno dobiti i sklopni crtež sa sastavnicom, jedan primerak predmeta rada kao i projektnu dokumentaciju hale u kojoj će se izvoditi proizvodnja.

Svakako da se može očekivati da će u budućnosti biti potrebno napraviti izmene u projektovanom zadatku.

Za originalnost, kvalitet i verodostojnost rezultata odgovoran je autor.

12. LITERATURA

- [1] Ćosić I., Anišić Z., Lazarević M. (2012): *Tehnološki sistemi u montaži*, FTN, Novi Sad
- [2] Ćosić I., Anišić Z. (2008): *Tehnologija montaže, priručnik za vežbe*, FTN, Novi Sad
- [3] Zelenović M. D. (2012): *Projektovanje proizvodnih sistema*, FTN, Novi Sad
- [4] Ardalić I. (2017): *Proizvodni sistem za proizvodnju ventilatora*, master rad, FTN, Novi Sad

Kratka biografija:



Igor Ardalić, rođen 30. septembra 1991. godine u Subotici, master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti industrijskog inženjerstva i inženjerskog menadžmenta, odbranio je oktobra 2017. godine. Kontakt: ardalic30@hotmail.com

JEDAN PRIMER AUTOMATIZACIJE POSTAVKE KLASTERA EXAMPLE OF CLUSTER DEPLOYMENT AUTOMATIZATION

Željka Ivanković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu su analizirane mogućnosti automatizacije postavke klastera i instalacije Microsoft SQL Servera na veliki broj računara. Dat je kratak prikaz Microsoft SQL Servera, opis failover klastera, koraci za postavku klastera, kao i aplikacije koja se koristi za automatsku postavku klastera.

Abstract – The paper describes the possibility of automatic cluster setting and installation of Microsoft SQL Server on a large number of computers. A brief overview of Microsoft SQL Server, a description of failover clusters, cluster setting steps, and an application for the automatic cluster setting is provided.

Cljučne reči: DistribuSyS, Datapump, DMS

1. UVOD

Cilj rada jeste ispitivanje mogućnosti automatske postavke klastera i instalacije Microsoft SQL Servera na veliki broj računara uz zadržavanje visokog stepena sigurnosti i bezbednosti sistema. Primarni cilj rada jeste da se automatizuju instalacije takvog softvera na računare u test sistemu, koji predstavljaju verne replike sistema na „terenu“.

Kako bi ovaj rad bio lakši za razumevanje, treba napomenuti da se cela analiza i realizacija zadatka odnosi na distribuirani sistem, odnosno na DMS (engl. *Distribution Management System*). DMS je sistem složene arhitekture koji se najčešće sastoji od velikog broja različitih servera, klijenata i domen kontrolera (DC). Posebno treba istaknuti da se upravo u takvom okruženju rade testiranja veoma složenog softverskog proizvoda, koja omogućavaju precizne provere rada softvera. Jedan od važnijih zahteva za kvalitetno i sigurno funkcionisanje softvera jeste upravo poboljšati aspekte efikasnijeg rada i poboljšanja performansi. Skladno tome, master rad je nastao kao rezultat autorovog interesovanja iz oblasti automatizacije, baza podataka kao i klaster računara.

Automatizacijom ovih radnji značajno se smanjuje verovatnoća ljudske greške, kao i višestruko smanjenje vremena potrebnog za izvršavanje ovih zadataka. Sve ovo značajno smanjuje količinu radne snage za održavanje sistema. Automatizacijom raznih poslova u ovako velikim distribuiranim sistemima dolazi do izrazitog povećanja produktivnosti u radu. Mogu se automatizovati razni procesi, od onih najjednostavnijih ka mnogo složenijim.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Darko Čapko, van. prof.

Prednosti koje donosi automatizacija jesu u tome što se sve performanse automatskih procesa mogu pratiti, meriti, kao i sve greške ili zastoji, što upravljanje čini kvalitetnijim, jednostavnijim i bržim. Automatizacija nudi prednosti kao što su:

- povećana produktivnost,
- povećan kvalitet rada,
- ušteda vremena i
- efikasnije poslovanje.

2. ANALIZA PROBLEMA

U cilju što boljeg razumevanja problematike ovog rada, izložen je kratak opis klastera, na koji se rad odnosi, kao i svih njegovih osnovnih komponenti korišćenih u realizaciji zadatka.

2.1 Distribution Management System – DMS

DMS (engl. *Distribution Management System*) je modul koji se sastoji iz ulaznih parametara kao što su mrežni model i SCADA (engl. *Supervisory Control and Data Acquisition*) tačke, odnosno ručno unete tačke, i izlaznih parametara koji predstavljaju rezultate proračuna i predloge kako rešiti postojeće probleme ili kako optimizovati dalji rad. Služi za topološku analizu i dodatne analitičke proračune, istraživanje, razvoj i inženjering u pomenutoj oblasti [1].

2.2 Klijent – server arhitektura

Klijent-server arhitektura je tip systemske arhitekture koji predstavlja jedan od danas najčešće korišćenih pristupa izgradnje sistema za distribuiranu obradu. Klijent/server model je baziran na distribuciji funkcija između dva tipa nezavisnih i autonomnih procesa: servera i klijenta. Klijent je proces koji zahteva specifične usluge od servera. Server je proces koji pruža usluge klijentu [4].

Klijent i server mogu biti smešteni na istom računaru ili na različitim računarima povezanim preko mreže. Klijent može zahtevati usluge i od više servera iz okruženja bez obzira na njihove lokacije ili fizičke karakteristike računara na kojima se nalaze servisi.

2.3 Domen kontroler

U većim mrežama poželjno je da postoji centralizovan sistem za autentifikaciju i autorizaciju korisnika čitave mreže, odnosno, da po pitanju administracije računari ne budu nezavisni, već deo jedinstvene administrativne celine [2].

U Windows mrežama ovakva administrativna celina korisnika i računara naziva se Windows domen, a uslugu centralizovane autentifikacije i autorizacije pruža posebne konfigurisani server, koji se naziva domen kontroler (DC).

2.4 Klaster računari

Klaster računari se sastoje od skupa slabo ili čvrsto povezanih računara koji rade zajedno, tako da se u mnogim aspektima oni mogu posmatrati kao jedan sistem. Komponente klastera su obično međusobno povezane brzim lokalnim mrežama, sa svakim čvorom, gde je računar korišćen kao server, koji izvršava svoju instancu operativnog sistema. Klaster računari su nastali kao rezultat konvencije brojnih računarskih trendova, uključujući dostupnost povoljnih mikroprocesora [3].

3. MICROSOFT SQL SERVER

Microsoft SQL Server je sistem za upravljanje relacionim bazama podataka koje je razvio Microsoft. Kao server baze podataka, to je softverski proizvod sa primarnom funkcijom čuvanja i prikupljanja podataka po zahtevu drugih softverskih aplikacija, koji se mogu pokrenuti na istom računaru ili na drugom računaru preko mreže. Microsoft podržava najmanje dvanaest različitih verzija Microsoft SQL Servera, namenjenih različitim grupama i radnim opterećenjima, od malih aplikacija pojedinačnih mašina do velikih aplikacija koje se suočavaju preko interneta sa mnogim istovremenim korisnicima [5].

4. KORIŠĆENI ALATI

U ovom poglavlju će biti opisani alati koji su korišćeni prilikom realizacije praktičnog dijela rada.

4.1 C# programski jezik

C# je jedan od mlađih programskih jezika. Nastao je 2002. godine kao sastavni deo MS .NET Framework 1.0. C# je objektno orijentisan programski jezik kao i većina modernih viših programskih jezika (C++, Java itd). Jezik C# nema ograničenja u pogledu toga kakve sve aplikacijemožemo napraviti. C# koristi okruženje i samim tim nema ograničenja u vezi sa mogućim aplikacijama [8].

4.2 PowerShell programski jezik

PowerShell je proširen mehanizam automatizacije poslova ugrađen u Windows operativni sistem. Sastoji se od komandnog okruženja i ugrađenog skript jezika. Omogućena je automatizacija administrativnih poslova kako na lokalnom, tako i na udaljenim računarima [6].

4.3 Extended Markup Language – XML

XML (*engl. Extended Markup Language*) predstavlja markup jezik koji definiše set pravila za enkodiranje dokumenta u format koji je čitljiv i za čoveka i za mašinu. Definisan je od strane *World Wide Web Consortium-a* (W3C) kroz XML 1.0 specifikaciju i predstavlja besplatan i otvoren standard.

Implementacija aplikacije je realizovana u Visual Studio 2015 programskom okruženju. Pisana je u C# programskom jeziku, u .NET Framework-u 4.5.2 kao WPF desktop aplikacija.

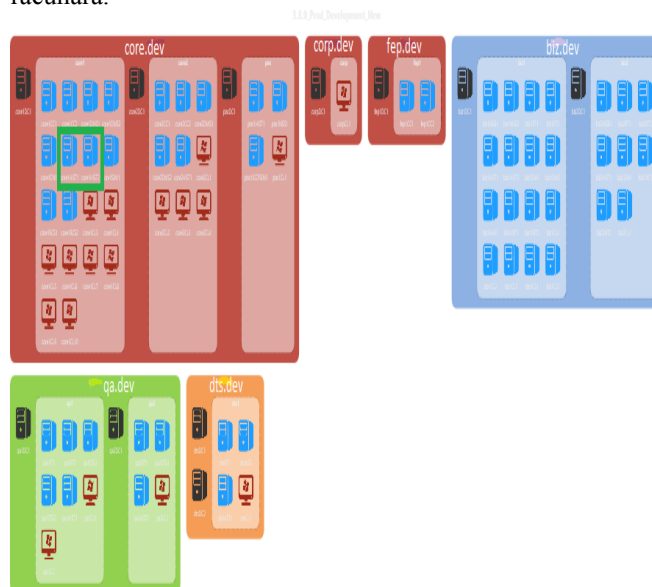
5. KORACI ZA POSTAVLJANJE KLASTERA

U ovom poglavlju će biti prikazan jedan distribuirani sistem na kom je izvršena postavka klastera sa instalacijom Microsoft SQL Servera (slika 1). Struktura jednog ovakvog sistema je objašnjena u poglavlju 2.2. Zelenim pravougaonikom su prikazane mašine gde je postavljen aktivno – aktivni klaster, ova konfiguracija zahteva najmanje jednu licencu za SQL Server, kao i jednu bazu podataka [7].

U Windows mrežama, kao što je predstavljeno u ovom primeru, ovakva administrativna celina korisnika i računara naziva se Windows domen, na slici 1 se mogu razlikovati sledeći domeni: core.dev, biz.dev, corp.dev, dts.dev, fep.dev.

Uslugu centralizovane autentifikacije i autorizacije pruža posebno konfigurisani server, koji se naziva domen kontroler (DC) i u ovom primeru je predstavljen ikonicom crne boje. U ovom slučaju Windows mreža ovog sistema je veoma velika, pa je sa ciljem lakše administracije, moguće napraviti i više domena, koji se takođe hijerarhijski organizuju u stablo aktivnog direktorijuma.

Klijent je predstavljen ikonicom monitora crvene boje proces koji zahteva specifične usluge od servera, koji je predstavljen ikonicom računara plave boje. Server je proces koji pruža usluge klijentu. Klijent i server mogu biti smešteni na istom računaru ili na različitim računarima povezanim preko mreže. Klijent može zahtevati usluge i od više servera iz okruženja bez obzira na njihove lokacije ili fizičke karakteristike računara na kojima se nalaze servisi. Mreža služi za povezivanje računara.



Slika 1. Prikaz distribuiranog sistema na kome je izvršena postavka klastera

6. AUTOMATSKA POSTAVKA KLASTERA

Startovanje aplikacije podrazumeva da se učitava .xml dokument nekog sistema. Jedan primer ovog dokumenta je prikazan na slici 2.



Slika 2. Prikaz XML –a koji se učitava u aplikaciju

Ovde se mogu pregledati svi detalji zapisani u dokumentu, za razliku od grafičkog prikaza, gde se ne vide detalji poput međusobne komunikacije između zona i/ili podsistema. Nakon učitavanja aplikacije, selektuje se tab Cluster kako bi se otvorio prozor gde se može započeti njegovo kreiranje.

Nakon odabira opcije za kreiranje novog klastera, u sledećem koraku vrši se podešavanje parametara potrebnih za njegovo kreiranje. To su:

- Naziv klastera,
- Odabir odgovarajuće zone iz padajućeg menija,
- IP adresa klastera,
- IP adresa maske klastera – koja obično ostaje nepromenjena,
- Biraju se računari na kojima će biti kreiran klaster i dodeljuju im se IP adrese,
- Podešavanja virtuelnih Hard Diskova.

U delu za rekorde su definisana tri parametra koja su nepromenljivog karaktera. Svaki od njih služi za pozivanje određenih skripti u PowerShell-u i njihovog izvršavanja, od postavke klastera na mašine do instalacije odgovarajuće verzije Microsoft SQL Servera. Dvoklikom na deo HDD iz prethodne slike se otvara drugi prozor na kojem su moguće detaljnije izmene kao što su:

- Oznaka diska – skraćeni naziv,
- Odabir veličine diska u GB,

- Mogućnost da se otkači da li je disk deljen,
- Izbor verzije SQL servera,
- Ime instance, podrazumevano je OASYSHDB.

U slučaju da vrednost nekog polja ne bude pravilno unesena ili hard disk bude imao isti slovni naziv, korisnik će pri čuvanju dobiti obaveštenje, a dalji rad će biti onemogućen dok se ne unesu validne vrednosti

7. REZULTATI TESTIRANJA

Tabela 1.1 prikazuje ukupno utrošeno vreme za automatizaciju. Prikaz podataka je dat hronološkim redosledom realizacije, kao što je prethodnom poglavlju objašnjeno.

Napomena: Za potrebe testiranja u ovom radu, razmatraće se vreme koje je potrebno pri kreiranju klastera i instalacije Microsoft SQL Servera na jednom sistemu.

Tabela 1. *Prikaz utrošenog vremena kod automatskih koraka za dodavanje klastera i instalacije MSSQL*

Automatizovani koraci	Vreme trajanja
Importovanje .xml dokumenta koji u sebi sadrži sistem na kom je potrebno kreirati klaster	30 sec
Selektovati opciju za dodavanje klastera	30 sec
Podešavanje njegovih parametara kao što su naziv klastera, odabir odgovarajućih zona iz padajućeg menija, IP adresa klastera, odabir računara na kojima će biti kreiran klaster i dodeljivanja njihovih IP adresa.	5 min
Dodavanje virtuelnih Hard diskova i podešavanje njihovih parametara.	3 min
Pokretanje generisanog .xml dokumenta u sistem centru	20 sec
UKUPNO UTROŠENO VREME:	9 min i 20 sec

U nastavku sledi **Error! Reference source not found.** manuelnih koraka za dodavanje klastera i instalacije Microsoft SQL Servera u kojoj je prikazano utrošeno vreme za rad na jednom sistemu. Ovi koraci su detaljno predstavljeni u petom poglavlju ovog rada i prilogu A, gde se redosled radnji hronološki izvršava.

Tabela 2. Prikaz utrošenog vremena kod manualnih koraka za dodavanje klastera i instalacije MSSQL

Manuelni koraci	Vreme trajanja
Kreiranje korisničkog naloga za SQL server na DC1	15 min
Kreiranje odgovarajućeg DNS rekorda za MS klaster i SQL klaster	18 min
Dodavanje funkcije za failover klastera	12 min
Pokretanje Computer management na prvom računarskom čvoru (hist1)	6 min
Pokretanje Computer management studio na drugom računaru čvora (hist2)	8 min
Pokretanje failover cluster manager na prvom računarskom čvoru (hist1)	20 min
Dodavanje DTC rola u klaster	37 min
Konfigurisanje cluster quorum settings	12 min
Instalacija klastera MSSQL	35 min
Dodavanje čvora u sql server failover	25 min
Konfigurisanje SQL porta u konfiguracionom menageru	40 min
UKUPNO UTROŠENO VREME:	3h i 43 min

8. ZAKLJUČAK

Osnovna zamisao ovog rada je da se automatizuju koraci za postavku klastera i instalacije Microsoft SQL Servera sa jasno definisanim funkcijama i namenom je uspešno završena. Sama postavka i konfiguracija podrazumeva sledeće:

- Kreiranje korisničkog naloga za SQL server na DC.
- Kreiranje odgovarajućeg DNS rekorda za MS klaster i SQL klaster.
- Dodavanje funkcije za failover klastera.
- Pokretanje Computer management na prvom računarskom čvoru.
- Pokretanje Computer management studio na drugom računaru čvora.
- Pokretanje failover cluster manager na prvom računarskom čvoru.
- Dodavanje DTC rola u klaster.
- Konfigurisanje cluster quorum settings.
- Instalacija klastera MSSQL.
- Dodavanje čvora u sql server failover.
- Konfigurisanje SQL porta u konfiguracionom menageru.

Sam proces automatizacije postavku klastera i instalacije Microsoft SQL Servera dosta je poboljšao performanse i ubrzao rad na distribuiranom sistemu. Prilikom manualnih izvršavanja ovih konfiguracionih koraka, potrebno je oko 3 do 4 sata u zavisnosti od korisnika, dok se automatizacijom pomenutih koraka proces izvršava za 9 do 10 minuta.

Ovakva vrsta automatizacije, kao osnovni rezultat ima uštedu potrošenog vremena na realizaciji nekog poslovnog procesa. Konkretno, kod ovakvog poslovnog procesa gde je potrebno, kreiranje korisničkog naloga za SQL server i odgovarajućeg DNS rekorda, dodavanje funkcije za failover klastera, dodavanje DTC rola u klaster, konfigurisanje SQL porta primena automatizacije predstavlja veliku prednost u rešavanju.

9. LITERATURA

- [1] Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) Systems, National Communications Systems, October 2004.
- [2] Jason Helmick, Mike F Robbins, Cluster Computing: Applications, Georgia Tech College of Computing Windows PowerShell: TFM, 4th Edition, 2013.
- [3] Michel Daydé, Jack Dongarra, High Performance Computing for Computational Science, VECPAR 2005.
- [4] Mark Donald Hill, Norman Paul Jouppi, Gurindar Sohi: Readings in computer architecture, 1999.
- [5] Ross Mistry, Stacia Misner: Introducing Microsoft SQL Server 2012, Microsoft Press Redmond, Washington, 2012.
- [6] Paul Atkinson, Robert Vieira: Microsoft SQL Server 2012 programiranje, Microsoft Press, 2012.
- [7] Robert Schudy, Warren Mansur, Jack Polnar: Microsoft SQL Server Installation Guide, Boston University, 2016.
- [8] Mitch Tulloch, Introducing Windows Server 2012, Microsoft Press Redmond, Washington, 2012.

Kratka biografija:



Željka Ivanković, rođena je 25. marta 1993. godine u Novom Sadu. Godine 2012. završila je Karlovačku gimnaziju na jezičkom smeru sa odličnim prosekom. Iste godine je upisala „Fakultet tehničkih nauka“ u Novom Sadu, smer mehatronika. Osnovne akademske studije završila je u predviđenom roku 2016. godine sa prosekom 8.36. Odmah nakon toga je upisala master akademske studije na smeru „Mehatronika“ gde je ispunila sve obaveze i položila sve ispite predviđene studijskim programom sa prosečnom ocenom 9.56. Od septembra 2016. godine započela je sa stipendijskim programom 1. nivoa u firmi Schneider Electric DMS NS.

U jednogodišnjem radu u DMS-u upoznala se sa većim brojem aktivnosti od kojih se najviše izdvajaju istraživanjem ove oblasti i dobijanje ideja potrebne za ovaj rad.

U realizaciji Zbornika radova Fakulteta tehničkih nauka u toku 2017. godine učestvovali su sledeći recenzenti:

Aco Antić	Dušan Gvozdenac	Milan Trifković	Slavko Đurić
Aleksandar	Dušan Kovačević	Milan Trivunić	Slobodan Dudić
Erdeljan	Dušan Uzelac	Milan Vidaković	Slobodan Krnjetin
Aleksandar Ristić	Duško Bekut	Milena Krklješ	Slobodan Morača
Bato Kamberović	Đorđe Ćosić	Milica Kostreš	Sonja Ristić
Biljana Njegovan	Đorđe Lađinović	Milica Miličić	Srđan Kolaković
Bogdan	Đorđe Obradović	Milinko Vasić	Srđan Popov
Kuzmanović	Đorđe Vukelić	Miloš Slankamenac	Srđan Vukmirović
Bojan Batinić	Đura Oros	Milovan Lazarević	Staniša Dautović
Bojan Lalić	Đurđica Stojanović	Miodrag	Stevan Milisavljević
Bojan Tepavčević	Filip Kulić	Hadžistević	Stevan Stankovski
Bojana Beronja	Goran Sladić	Miodrag Zuković	Strahil Gušavac
Branislav Atlagić	Goran Švenda	Mirjana	Svetlana Nikoličić
Branislav Nerandžić	Gordana	Damnjanović	Tanja Kočetov
Branislav Veselinov	Milosavljević	Mirjana Malešev	Tatjana Lončar
Branislava Kostić	Gordana Ostojić	Mirjana Radeka	Turukalo
Branislava	Igor Budak	Mirko Borisov	Todor Bačkalić
Novaković	Igor Dejanović	Miro Govedarica	Toša Ninkov
Branka Nakomčić	Igor Karlović	Miroslav	Uroš Nedeljković
Branko	Ivan Beker	Hajduković	Valentina Basarić
Milosavljević	Ivana Katić	Miroslav Plančak	Velimir Čongradec
Branko Škorić	Ivana Kovačić	Miroslav Popović	Velimir Todić
Cvijan Krsmanović	Jasmina Dražić	Mitar Jocanović	Veran Vasić
Damir Đaković	Jelena Atanacković	Mladen Kovačević	Veselin Avdalović
Danijela Lalić	Jeličić	Mladen Radišić	Veselin Perović
Darko Čapko	Jelena Borocki	Momčilo Kujačić	Vladimir Katić
Darko Marčetić	Jelena Kiurski	Nađa Kurtović	Vladimir
Darko Reba	Jelena Radonić	Nebojša Pjevalica	Radenković
Dejan Ubavin	Jovan Petrović	Neda Pekarić Nađ	Vladimir Strezoski
Dragan Ivanović	Jovan Vladić	Nemanja	Vladimir Škiljajica
Dragan Ivetić	Jovanka Pantović	Stanisavljević	Vlado Delić
Dragan Jovanović	Karl Mičkei	Nenad Katić	Vlastimir
Dragan Kukolj	Katarina Gerić	Nikola Brkljač	Radonjanin
Dragan Mrkšić	Ksenija Hiel	Nikola Đurić	Vuk Bogdanović
Dragan Pejić	Laslo Nađ	Nikola	Zdravko Tešić
Dragan Šešlija	Leposava Grubić	Jorgovanović	Zoran Anišić
Dragana Bajić	Nešić	Nikola Radaković	Zoran Brujić
Dragana	Livija Cvetičanin	Ninoslav Zuber	Zoran Jeličić
Konstantinović	Ljiljana Vukajlov	Ognjen Lužanin	Zoran Mijatović
Dragana Šarac	Ljiljana Cvetković	Pavel Kovač	Zoran Milojević
Dragana Štrbac	Ljubica Duđak	Peđa Atanasković	Zoran Mitrović
Dragiša Vilotić	Maja Turk Sekulić	Petar Malešev	Zoran Papić
Dragoljub	Maša Bukurov	Predrag Šiđanin	Željen Trpovski
Novaković	Matija Stipić	Radivoje Dinulović	Željko Jakšić
Dragoljub Šević	Milan Rackov	Radovan Štulić	
Dubravka Bojanić	Milan Rapajić	Rastislav Šostakov	
Dušan Dobromirov	Milan Simeunović	Slavica Mitrović	