



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА



ЗБОРНИК РАДОВА ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Едиција: Техничке науке - зборници

Година: XXXII

Број: 4/2017

Нови Сад

Едиција: „Техничке науке – Зборници“

Година: XXXII

Свеска: 4

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)

Двомесечно

ISSN 0350-428X

COBISS.SR-ID 58627591

ПРЕДГОВОР

Поштовани читаоци,

Пред вама је четврта овогодишња свеска часописа „Зборник радова Факултета техничких наука“.

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

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

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

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

У овом броју штампани су радови студената мастер студија, сада већ мастера, који су радове бранили у периоду од 31.10.2016. до 31.05.2017. год., а који се промовишу 12.07.2017. 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 4., објављени су радови из области:

- машинства,
- електротехнике и рачунарства и
- грађевинарства..

У свесци са редним бројем 5. објављени су радови из области:

- саобраћаја,
- графичког инжењерства и дизајна,
- архитектуре,
- инжењерског менаџмента,
- инжењерства заштите животне средине.
- мехатронике
- математике у техници,
- геодезије и геоматике,
- инжењерства третмана и заштите вода и
- инжењерства информационих система.

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. Milenko Todorović, Branko Škorić, PROJEKTOVANJE UREĐAJA ZA TERMIČKU OBRADU CEMENTACIJA U GASNOJ SREDINI	517-520
2. Зоран Денић, ПОДЛОГЕ ЗА ПРОЈЕКТОВАЊЕ ЕЛЕКТРИЧНОГ ЛИФТА СА АКЦЕНТОМ НА ПАНОРАМСКИ ЛИФТ	521-524
3. Nikola Tadić, ISTRAŽIVANJE UTICAJA DUŽINE GLAVNIH RUKAVACA NA OPTEREĆENJA GLAVNIH LEŽIŠTA KOLENASTOG VRATILA	525-528
4. Mario Mačaš, Dragan Rajnović, KONTAMINIRANI SLOJ KOD TOPLOG HIDROSTATIČKOG PRESOVANJA SUPERLEGURE IN100.....	529-532
5. Joviša Marić, ТОПЛОТНА ПОДСТАНИЦА ДАЉИНСКОГ ГРИЈАЊА СА ИНДИРЕКТНОМ РАЗМЈЕНОМ ТОПЛОТЕ	533-536
Radovi iz oblasti: Elektrotehnika i računarstvo	
1. Dragan Jevtić, TRENDOVI RAZVOJA POSTUPAKA ZA BIROTEHNIČKU ŠTAMPU	537-539
2. Igor Kalenić, RAZVOJ WEB APLIKACIJE ZA ELEKTRONSKU TRGOVINU UPOTREBOM ANGULARJS OKRUŽENJA	540-542
3. Милица Познановић, РАЗВОЈ НАМЕНСКОГ ЈЕЗИКА И СОФТВЕРСКОГ АЛАТА ЗА ТРАНСФОРМАЦИЈУ ER МОДЕЛА У XML МОДЕЛ ПОДАТАКА	543-546
4. Slobodan Bogdanović, VERIFIKACIJA RADA RELEJNE ZAŠTITE U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA SA DISTRIBUTIVNIM GENERATORIMA	547-550
5. Ivan Bujić, RESTAURACIJA NAPAЈANJA I OSETLJIVOST RELEJNE ZAŠTITE U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA	551-554

	STRANA
6. Ivan Trbojević, PRIMENA DATA WAREHOUSE SISTEMA U PRAĆENJU PROCESA REZERVACIJE AVIO KARATA	555-558
7. Владимир Петровић, ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА ИГРЕ SNAKE УПОТРЕБОМ MVVM ОБРАСЦА У WPF	559-562
8. Slađana Jandrić, Boris Dumnić, Bane Popadić, TEHNIČKI ZAHTEVI ZA PRIKLJUČENJE MALIH ELEKTRANA NA DISTRIBUTIVNI SISTEM	563-566
9. Danijela Petrović, PRETPROCESIRANJE PODATAKA I GENERISANJE SKUPA ATRIBUTA ZA SENTIMENT ANALIZU TVITER PORUKA	567-570
10. Stefan Rajković, UTICAJ DISTRIBUTIVNIH GENERATORA NA PROCENU MESTA KVARA U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA	571-574
11. Tomislav Pantić, ZAŠTITA VJETROGENERATORA I GENERATORA SOLARNIH PANELA	575-578
12. Александар Бирчаковић, СИСТЕМ ЗА ДИСТРИБУИРАНУ АНАЛИЗУ СЕНТИМЕНТА ПОРУКА НА ДРУШТВЕНИМ МРЕЖАМА БАЗИРАН НА АРАСHE SAMZA ОКРУЖЕЊУ	579-582
13. Milan Cvetić, OPTIMALNO BOJENJE FIDERA DISTRIBUTIVNE ELEKTROENERGETSKE MREŽE	583-586
14. Tamara Miloradov, Savo Đukić, UTICAJ AUTOMATIZACIJE NA POVEĆANJE POUZDANOSTI DISTRIBUTIVNOG SISTEMA	587-590
15. Maja Prodanović, OBAVEŠTAVANJE POTROŠAČA O ISKLJUČENJIMA PUTEM DRUŠTVENIH MREŽA ...	591-594
16. Uglješa Čubrilo, AUTOMATSKO DODELJIVANJE BOJA IZVODIMA U RADIJALNIM ELEKTROENERGETSKIM MREŽAMA	595-598
17. Aleksandar Popović, KONVERZIJA DOKUMENATA IZ CIM RDFS U OWL 2 FORMAT	599-602
18. Goran Živković, PRIMERI REKONFIGURACIJE DISTRIBUTIVNE MREŽE	603-606
19. Miloš Bošković, EKSTRAKCIJA, TRANSFORMACIJA I PUNJENJE PODATAKA ZA SKLADIŠTE PODATAKA SISTEMA ZA UPRAVLJANJE ELEKTRODISTRIBUTIVNOM MREŽOM	607-610
20. Igor Spremo, RAZVOJ APLIKACIJE ZA PRIKAZ I SIMULACIJU UPRAVLJANJA KVAROM U DISTRIBUTIVNOJ MREŽI	611-614
21. Gordana Simić, ALGORITMI ZA KONTROLU TOKOVA REAKTIVNE SNAGE U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA	615-618
22. Ivana Radišić, Vladimir Katić, KVALITET ELEKTRIČNE ENERGIJE I K FAKTOR NA 110 KV STRANI ENERGETSKOG TRANSFORMATORA	619-622
23. Leon Serenčeš, POREĐENJE ALGORITAMA ZA RASPOREĐIVANJE PORUKA RAZLIČITIH PRIORITETA NA APLIKATIVNOM NIVOU	623-626
24. Miloš Kojić, Vladimir Katić, MODELOVANJE ELEKTRIČNIH AUTOMOBILA SA POGONOM NA GORIVE ĆELIJE	627-630

	STRANA
25. Марко Билановић, ВИЗУЕЛИЗАЦИЈА И РУКОВАЊЕ ДОКУМЕНТИМА ИЗ БАЗЕ ПОДАТАКА У РАДНОЈ МЕМОРИЈИ	631-634
26. Bojan Čajetinaс, Savo Đukić, PRORAČUN OPTIMALNE REKONFIGURACIJE DISTRIBUTIVNE MREŽE PRIMENOM ALGORITMA IZMENE GRANA	635-638
27. Igor Jovin, ANALIZA PERFORMANSI ALGORITAMA MAŠINSKOG UČENJA PRILIKOM AUTOMATSKOG ODREĐIVANJA SENTIMENTA TVITER PORUKA	639-642
28. Mladen Simić, Zoran Ivanović, Stevan Grabić, UPRAVLJANJE VETROELEKTRANOM SA SINHRONOM MAŠINOM SA STALNIM MAGNETIMA I PUNOUPRAVLJIVIM PRETVARAČEM	643-646
29. Aleksandra Davidović, PODELA GRAFA UPOTREBOM VIŠEFAZNOG ALGORITMA SA TABU PRETRAŽIVANJEM	647-650
30. Srđan Poletanović, SISTEM ZA PODRŠKU U ODLUČIVANJU KOD BERZANSKOG TRGOVANJA ZASNOVAN NA VEŠTAČKIM NEURONSKIM MREŽAMA	651-654
31. Miloš Vajagić, Vladimir A. Katić, IDEJNO REŠENJE INFRASTRUKTURE PUNIONICA ZA ELEKTRIČNE AUTOMOBILE U SRBIJI	655-658
32. Бранислав Милић, ЈЕДНО РЕШЕЊЕ ПРОГРАМСКОГ САКУПЉАЧА СУВИШНИХ МЕМОРИЈСКИХ ОБЈЕКТАТА	659-662
33. Đorđe Munižaba, ADAPTIVNA ZAŠTITA U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA SA DISTRIBUIRANIM GENERATORIMA	663-666
34. Nenad Rađenović, MODELOVANJE ZAŠTITNE ELEKTROENERGETSKE OPREME KAO NEZAVISNIH OBJEKATA SA AUTOMATSKIM ODZIVOM	667-670
35. Милан Мутић, ГРАФИЧКИ ЕДИТОР КОНФИГУРАЦИОНИХ XML ДОКУМЕНТАТА	671-674
36. Nikolina Dobrić, PRISTUP REPLIKACIJI MICROSOFT SQL SERVER BAZA PODATAKA U DISTRIBUIRANIM SISTEMIMA	675-678
37. Aleksandar Majoroš, IMPLEMENTACIJA VEB APLIKACIJE ZA MERENJE PERFORMANSI LUCENE ANALIZATORA	679-681
38. Kristijan Huska, KOORDINACIJA RELEJENE ZAŠTITE U RADIJALNIM I SLABO UPETLJANIM DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA	682-685
39. Filip Petrović, Vladimir Katić, KOMPARATIVNA ANALIZA SOLARNE ENERGETIKE U AUSTRIJI I SRBIJI	686-689

Radovi iz oblasti: Građevinarstvo

1. Igor Zubović, Đorđe Lađinović, OSNOVNI PRINCIPI I PRAVILA ASEIZMIČKOG PROJEKTOVANJA PREMA EVROKODU 8 I PROGRAMIRANO PONAŠANJE KONSTRUKCIJE	690-693
2. Miloš Radojčić, ANALIZA SPREGNUTIH STUBOVA PREMA EVROKODU 4 I PROJEKAT POSLOVNE ZGRADE U SPREGNUTOJ IZVEDBI	694-697

	STRANA
3. Biljana Jovanović, PROCENA STANJA, SANACIJA I REKONSTRUKCIJA DOMA KULTURE U VIŠNJIĆEVU .	698-701
4. Mladen Bujanj, PROCENA STANJA I SANACIJA KLISANSKOG MOSTA U NOVOM SADU	702-705
5. Jelena Ilić, PROGRAMI ZA PRORAČUN I IZBOR DIZALICE PRI GRAĐENJU	706-709
6. Dragana Đukanović, Jasmina Dražić, ANALIZA I IZBOR NAČINA IZVOĐENJA MEĐUSPRATNE KONSTRUKCIJE STAMBENO POSLOVNOG OBJEKTA U TREBINJU	710-713
7. Nenad Vičentić, PROJEKAT STAMBENE ZGRADE PREMA EVROKODOVIMA UZ POREĐENJE ODREDBI PROJEKTOVANJA ZIDOVA ZAVISNO OD KLASSE DUKTILNOSTI	714-717
8. Vlatko Lukić, Vladimir Mučenski, KONTROLA KVALITETA U GRAĐEVINARSTVU	718-721
9. Jelena Katić, TEHNOLOGIJA MONTAŽE I UTVRĐIVANJE VREMENA MONTAŽE ELEMENATA HALE	722-725
10. Svetlana Kovačević, ANALIZA MEĐUNARODNOG PROJEKTA NOVI ORBITALNI AUTOPUT – PAKET 3, U KATARU	726-729
11. Jelena Tamburić, Vidosav Valjarević, UPOREDNA ANALIZA PROJEKTOVANJA ARMIRANOBETONSKE VIŠESPRATNE ZGRADE SREDNJE I VISOKE KLASSE DUKTILNOSTI – DEO 1	730-734
12. Vidosav Valjarević, Jelena Tamburić, UPOREDNA ANALIZA PROJEKTOVANJA ARMIRANOBETONSKE VIŠESPRATNE ZGRADE SREDNJE I VISOKE KLASSE DUKTILNOSTI – DEO 2	735-738
13. Igor Carević, Vladimir Mučenski, PROBLEMATIKA ORGANIZOVANJA IZGRADNJE OBJEKTA SREDNJE VISINE U UŽEM GRADSKOM JEZGRU	739-742
14. Mladen Hadžija, RETENZIJA LASTA SA KOLEKTOROM DO NOVOG GORNJEG MOKROLUŠKOG KOLEKTORA	743-745

PROJEKTOVANJE UREĐAJA ZA TERMIČKU OBRADU CEMENTACIJA U GASNOJ SREDINI

THE DESIGN INSTRUMENTS FOR TREATMENT CEMENTATION IN GASEOUS MIDDLE

Milenko Todorović, Branko Škorić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – Tema ovog rada jeste projektovanje tehnološkog postupka izrade zupčanika i rolne postupkom cementacije, izabran je tip i konstruisan uređaj za termičku obradu. Cilj rada jeste da se analizira savremeni uređaj za termičku obradu, da se odabere tehnološki proces i oprema za pogon termičke obrade

Abstract – Subject of this paper is design of a technological procedure of gear cementation process, to choose the type and desing modern furnace for termal treatment. Basic point this paper is to analyse modern furnace for termal treatment to choose the technological prooces and the equipment for the operation of thermal procesing.

Ključne riječi: cementacija

1. UVOD

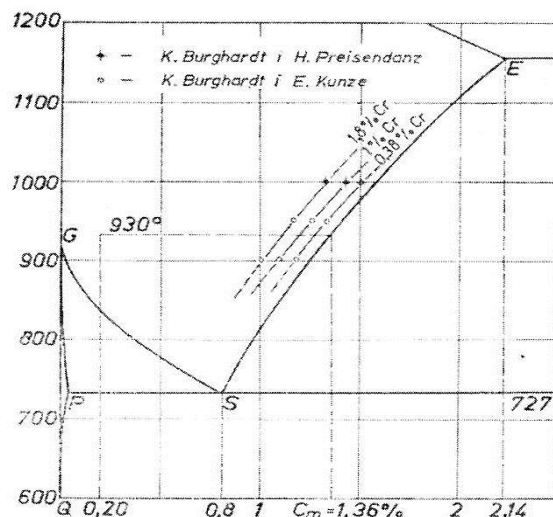
Projektovanje savremenog uređaja počinje detaljnom analizom proizvodnog pogona. Određuju se svi relevantni parametri procesa: vremena zagrijavanja, zadržavanja i hlađenja kao i određivanje radnih temperatura. Pri izboru peći za termičku obradu između mogućih rešenja odabrana je komorna peć sa zaštitnom atmosferom proizvođača AICHELIN. Za ovakav tip peći urađena je detaljna analiza problematike izrade peći kao savremenog uređaja počevši od samih dijelova peći koji moraju da odgovore zahtjevima za automatizacijom pa sve do materijala od kojih je izrađena ispunna peći i grijači.

2. CEMENTACIJA

Cementacija je postupak površinskog povećavanja tvrdoće. Sastoji se u naugljeničenju površinskog sloja mekog ili žilavog čelika sa malim saržajem ugljenika, nakon postupka kaljenja dolazi do povećanja tvrdoće ali samo u naugljeničenom površinskom sloju dok će jezgro komada zbog malog sadržaja ugljenika ostati žilavo kao i prije postupka.

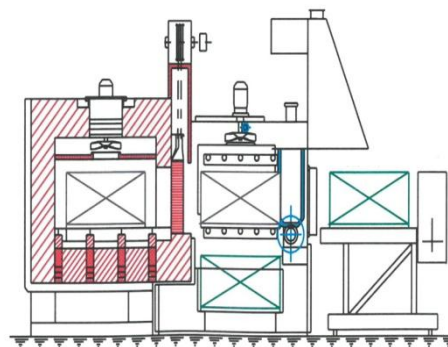
NAPOMENA:

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



Slika 1 – Zavisnost maksimalnog sadržaja ugljenika u cementiranom sloju od temperature cementacije

2.1 Cementacija gasovitim sredstvom



Slika 2 – Šematski prikaz peći za cementaciju

Kraće vrijeme pripreme komada i cementacije nisu jedini razlozi za češću primjenu ovog postupka, glavna prednost gasne cementacije jeste u tome što pruža mogućnost regulisanja ugljeničnog potencijala atmosfere za vrijeme procesa.

Atmofere koje se koriste za naugljeničenje mogu se podijeliti na: zemni gas, endogeni generatorski gas (endogas), egzogeni generatorski gas (egzogas), gas aktiviran nekim tečnim sredstvom.

3. IZBOR TEHNOLOŠKOG PROCESA TERMIČKE OBRADE

Rolna

Materijal Č.4320, dubina cementacije 1,2 ÷ 1,4 mm
tvrdoća 56 ± 2 HRc

Zupčanik

Materijal Č.4320, dubina cementacije 0,4 ÷ 0,6 mm
tvrdoća 60 ± 2 HRc

Određivanje vremena žarenja

Vrijeme držanja na temperaturi žarenja od 550°C usvaja se držanje od 2 sata, nakon čega se vrši hlađenje na vazduhu od 30 min.

Određivanje vremena za cementaciju

Zagrijavanje na 900°C

- Predgrijavanje na 550°C

koeficijent toplotne provodljivosti $\lambda = 31,4 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$

specifična toplota $c = 560 \text{ J/kg}^{\circ}\text{C}$

gustina $\gamma = 7850 \text{ kg/m}^3$

koeficijent temperaturne provodljivosti

$7.14 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{J}$

koeficijent prenosa toplote $\alpha = 60 \text{ W/m}^2\text{C}$

(podatak iz dijagrama II.1.4)

Biov kriterijum $B_i = 0,024$ tanaki komadi

Iz dijagrama C.30 (178.strana Ilija Pantelić (1)) nalazi se Furijev kriterijum:

$F_o^j = 240 \Rightarrow T_j = 74 \text{ min.}$ za rolnu i $T_j = 88 \text{ min.}$ za zupčanik

- Zagrijavanje od 500°C do 900°C

koeficijent toplotne provodljivosti $\lambda = 20,48 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$

specifična toplota $c = 670 \text{ J/kg}^{\circ}\text{C}$

gustina $\gamma = 7850 \text{ kg/m}^3$

koeficijent temperaturne provodljivosti

$a = 3,89 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

koeficijent prenosa toplote $\alpha = 180 \text{ W/m}^2\text{C}$

(podatak iz dijagrama II.1.4)

Biov kriterijum $B_i = 0,110$

Iz dijagrama C.30 (178 .strana Ilija Pantelić (1)) nalazi se Furijev kriterijum:

$F_o^j = 45 \Rightarrow T_j = 26 \text{ min.}$ za rolnu i $T_j = 31 \text{ min.}$ za zupčanik

Vrijeme držanja na temperaturi cementacije prema preporukama koje se zasnivaju na iskustvu, za rolnu iznosi 360 minuta a za zupčanik 180 minuta.

- Kaljenje na 860 °C

Prvo se vrši rashlađenje u peći sa 900°C na temperaturu kaljenja 860°C, vrijeme rashlađenja iznosi 6 min. dok vrijeme trajanja ove faze iznosi 15 min.

Hlađenje se vrši u ulju, vrijeme hlađenja iznosi 10 min.

- Određivanje vremena otpuštanja

Zagrijavanje 20°C ÷ 180°C

koeficijent toplotne provodljivosti $\lambda = 38,12 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$

specifična toplota $c = 493,2 \text{ J/kg}^{\circ}\text{m}^3$

gustina $\gamma = 7850 \text{ kg/m}^3$

koeficijent toplotne provodljivosti

$a = 9,84 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

koeficijent prenosa toplote $\alpha = 28 \text{ W/m}^2\text{C}$

(podatak iz dijagrama II.1.4.)

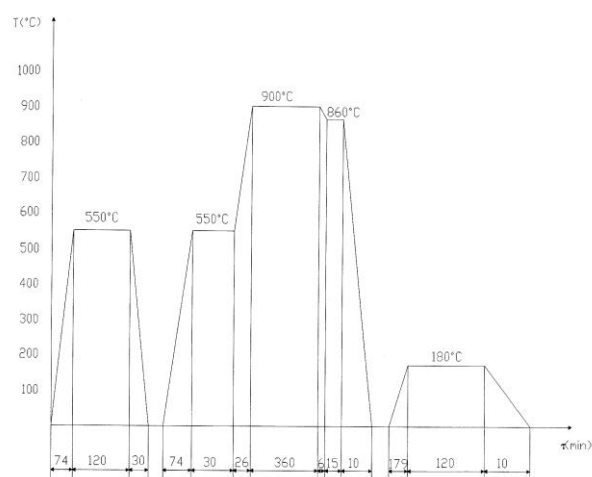
Biov kriterijum $B_i = 0,009$

Iz dijagrama C.30 (178. strana Ilija Pantelić (1)) nalazi se Furijev kriterijum:

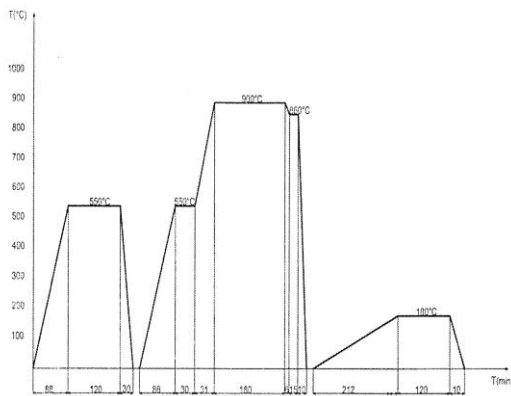
$F_o^j = 800 \Rightarrow T_j = 179 \text{ min.}$ za rolnu i $T_j = 212 \text{ min.}$ za zupčanik

-Držanje na temperaturi otpuštanja

Na osnovu tražene tvrdoće 60 ± 2 HRc usvaja se temperatura otpuštanja 180°C i vrijeme držanja 120 min., hlađenje se vrši na mirnom vazduhu 10 min.



Slika 3 – Dijagram tehnološkog postupka za rolnu



Slika 4 – Dijagram tehnološkog postupka za zupčanik

3.1 Izbor opreme za pogon termičke obrade

Na osnovu veličine i konstrukcije radnog predmeta i na osnovu zadatog postupka termičke obrade cementacije izabranaje višenamjenska komorna peć proizvođača AICHELIN. Ova peć ima niz prednosti kao što je vrhunski kvalitet proizvoda, lakše i ekonomičnije održavanje usled vertikalnih grijača koji se lako mijenjaju, mogućnost ulaganja većih šarži za jedno zagrijavanje sto je veoma bitno za slučaj specijalizovane velikoserijske termičke obrade.

3.1.1.Višenamjenska komorna peć

širina komore $b = 700$ mm

dužina komore $l = 1300$ mm

visina komore $h = 650$ mm



Slika 5 – Višenamjenska komorna peć

3.1.2.Komorna peć D – 1 – 8 – ER, proizvođač IPSEN

širina komore $b = 700$ mm

dužina komore $l = 1300$ mm

visina komore $h = 650$ mm

bruto težina šarže maksimalno 600 kg

približna otpremna težina 3300 kg

3.1.3.Uređaj za pranje i odmaščivanje

Ovaj uređaj je namijenjen za pranje i odmaščivanje dijelova prije i posle termičke obrade.

3.1.4.Endogenerator

Nepoželjne pojave koje se javljaju na visokim temperaturama kao što su razugljeničenje i oksidacija treba da spriječi zaštitna atmosfera.Endogas se dobija potpunom sagorijevanjem propana.

3.1.5.Transportni uređaj

ručni hidraulični viljuškar

kran nosivosti 600 kg

3.2.Proračun poterbog broja uređaja i peći

radi se po formuli $M_g = T_g / K_g$

3.2.1.Pregled potrebne opreme

Redni broj	Naziv uređaja	Proizvođač	Broj komada
1	Komorna peć D-1-8-ER	IPSEN	9
2	Višenamjenska komorna peć	AICHELIN	5
3	Uređaj za pranje i odmaščivanje	IPSEN	1
4	Endogenerator	IPSEN	2
5	Kran nosivosti 600 kg	GOŠA Smederevska Palanka	1
6	Ručni hidraulični viljuškar	POBEDA Novi Sad	2

Tabela 1 – Pregled potrebne opreme

3.2.2. Analiza izabranog rešenja dispozicije

Redni broj	Prostor	Površina (m ²)
1	Za smještaj opreme	133,56
2	Za laboratorije	39
3	Za skladišta	80
4	Za poslovni prostor	50

Tabela 2 – Ukupan prostor za pogon termičke obrade

4. ZAKLJUČAK

Prilikom konstruisanja savremenog uređaja za termičku obradu postupkom cementacije treba voditi računa o veličini komada koji se obrađuje, veličini serije i materijalu od kojeg je napravljen komad. Kod izbora tehnološkog postupka termičke obrade veoma je važno adekvatno izabrati vrijeme zagrijavanja kao i vrijeme zadržavanja i brzinu hlađenja komada, tako da ne bi došlo do neželjenih pojava na radnom predmetu.

Kod projektovanja pogona termičke obrade treba imati u vidu da oprema izabrana za taj pogon ima visok stepen iskorišćenja. Treba da postoji pristupačnost svojoj opremi, da bude dovoljno rastojanje između peći i ostalih uređaja, treba imati u vidu da se transport odvija nesmetano uz najkraću liniju putanje.

5. LITERATURA

Ilija Pantelić - Tehnologija termičke obrade čelika I i II, Novi Sad, 1974.

Prof.dr Branko Škorić - predavanja i vježbe

Prof. dr Damir Kakaš - predavanja i vježbe

Prospekti firme ipsen

Kratka biografija:

Milenko Todorović rođen je u Gacku 1985 godine, gdje je završio osnovnu i srednju školu. Master rad na fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Proizvodnog mašinstva – Tehnologije oblikovanjem i inženjerstvo površina odbranio je 2016 godine.

ПОДЛОГЕ ЗА ПРОЈЕКТОВАЊЕ ЕЛЕКТРИЧНОГ ЛИФТА СА АКЦЕНТОМ НА ПАНОРАМСКИ ЛИФТ**BASIS FOR THE DESIGN OF ELECTRIC ELEVATOR WITH ACCENT ON PANORAMIC ELEVATOR**

Зоран Денић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област - МАШИНСТВО

Кратак садржај – У овом раду је описан историјски развој лифтова и на посебан начин обрађен појам модерног лифта кроз обраду свих компонента модерног лифта. Такође су дате полазне основе за прилаз проблему пројектовања лифта као и подлоге за пројектовање компонента електричног лифта. Посебан акценат је стављен на разлике у пројектовању конвенционалних и панорамских лифтова. Пример панорамског лифта који је узет као модел за приказ разлике у пројектовању је панорамски лифт инсталиран у атријум амбасаде Републике Турске у Београду.

Abstract – This paper describes historical development of elevators and on specific way analysed term of modern elevator. Also it's given starting base for approach to problem of designing elevator and bases for design components of electrical elevator. Special accent is put on differences in designig conventional and panoramic elevators. As example and a model is taken panoramic elevator installed in atrium in embassy of Republic of Turkey

Кључне речи: Панорамски електрични лифт, пројектовање лифта, правилник о безбедности лифтова

1. УВОД

Лифтови представљају вид транспорта људи и терета који превезу највећи број путника у току једног дана. Да би њихов транспорт био безбедан и комфоран, квалитет и карактеристике лифтова се регулишу прописима и правилницима које издаје надлежно министарство и који су обавезни за примену. Пројекат лифта за уградњу у објекат је сложен пројекат за чију израду одговорни пројекатант мора да познаје велики број правилника из различитих области да би пројектовани лифт испунио све захтеве и да би добио сертификат о усаглашености од стране именованог тела за вршење испитивања о усаглашености, а сам објекат употребну дозволу. Ово није нимало лак задатак јер честе промене правилника, прописа и стандарда може да ствара проблем при одређивању основних карактеристика лифта. Поред великог броја правилника пројекатант при пројектовању мора да

НАПОМЕНА:

Овај рад је проистекао из мастер рада чији је ментор проф. др Јован Владић.

примењује и хармонизоване европске стандарде из области лифтова. На основу правилника о безбедности лифтова, ови стандарди су обавезујући.

2. ЛИФТОВИ – ИСТОРИЈСКИ РАЗВОЈ, САВРЕМЕНИ ПРАВЦИ РАЗВОЈА И ПОЈАМ

Први писани запис изградње дизалица за вертикални транспорт људи датира још из периода Архимеда (отприлике око 3. века пре Н.Е.), а који је покретан ручном силом. Конструкција овог постројења била је претеча данашњем лифту на електрични погон. Историјски развој лифтоградње реално започиње крајем 19. века, односно почетком 20. века, у периоду развоја капитализма, и то како у Европи, тако и у Северној Америци. Тако почев од 1850. године настаје интензиван процес у лифтоградњи. У том периоду развијају се три типа лифтова према начину погона и то: парни, хидраулични и електрични. Изумитељ модерног лифта, Елиша Грејвс Отис, оснивач компаније која и данас производи највећи број лифтова, је још 1852. године конструисао лифт са уређајем за кретање кабине, који се укључивао у случају прекида ужета за вешање кабине. Тако је спречаван пад кабине услед прекида ужади под дејством тежине, како саме кабине, тако и терета у кабинџи. Први конструисан и уграђен граничник брзине, којим се аутоматски укључивао хватачки уређај, при хаваријском кретању кабине повећаном брзином дуж вођица, вертикално наниже датира из 1878. године. Крајем 19. века конструисана су витла за погон лифтова са погонском ужетњачом. Сила дизања кабине остваривала се дејством фриктционе силе између вучних ужади и обода погонске ужетњаче. Овај проналазак послужио је као добра основа за даља усавршавања конструкције лифтова.

2.1. Савремени правци развоја

Основни правци развоја модерне лифтоградње могу се усмерити ка:

- примени усавршених система управљања на основу достигнућа електронике и микропроцесорске технике у индустријској производњи;
- примени нових конструкционих материјала, укључујући и нама познате материјале;
- остваривању побољшаних сигурносних уређаја, којима се обезбеђује боља заштита примене лифтова;
- побољшању конструкција свих система опреме лифтова и циљу смањења нивоа буке и

вибрација, како у грађевинском објекту, тако и у кабини лифта;

- ширењу примене метода унификације и стандардизације, све у циљу повећања квалитета израде, смањења цене коштања лифтова у масовној производњи, као и експлоатационих трошкова одржавања. Модернизује се производња опреме и делова лифтова;

- повећању ефективности и подизању квалитета монтаже опреме лифтова усавршавањем технологије и механизације процеса који захтевају дуготрајније процесе рада;

- усавршавању метода пројектовања лифтова на основу примене пакета савремених рачунарских софтверских програма;

- подизању нивоа ефективности система техничког опслуживања лифтова применом савремених метода комплексне обраде информационог система самодијагностицирања опреме и уређаја постројења лифта;

- усавршавању конструкција и дизајна кабине и опреме различитих типова лифтова: панорама лифтова, плато лифтова, узимајући у обзир и фактор стабилности;

- побољшању система погона применом напонско-фреквентног управљања. [1]

2.2. Појам модерног лифта

Лифтови представљају електромашинско постројење које је трајно уграђено у зградама и објектима и служи за превоз људи, људи и терета, или само терета унутар кабине (платформе) између унапред одређених нивоа зграда и објеката. Основни параметри у оквиру техничких карактеристика лифта чине: носивост, брзина премештања кабине дуж вођица и висина дизања. Простор у који се уграђује лифтовско постројење састоји се од дванаест основних делова и то су:

1. Машинска просторија;
2. Возно окно;
3. Јама возног окна;
4. Врх возног окна;
5. Погонска машина;
6. Граничник брзине;
7. Вођице кабине;
8. Рам кабине;
9. Контратег;
10. Конзоле за вођице;
11. Носећи елементи лифта;
12. Одбојник кабине и контратега.

2.3. Безбедносне компоненте лифта

При пројектовању, изради, уградњи и одржавању лифтовског постројења најважнији аспект је безбедно коришћење лифта од стране путника, инсталатера и сервисера. Ово се постиже увођењем одређених прописа при пројектовању, производњи, инсталацији и одржавању која су дефинисана правилником о безбедности лифтова.

Безбедносне компоненте које су дефинисане овим правилником су:

1. Уређај за забрављавање врата возног окна;
2. Уређај за спречавање пада кабине или неконтролисано кретање навише;

3. Уређај за ограничење прекорачења брзине;
4. Одбојник – са и без пригушивача;
5. Безбедносни уређај уграђен на цилиндар клипа који спречава пад кабине;

6. Електронски безбедносни уређаји у облику безбедносних прекидача који садрже електронске компоненте.

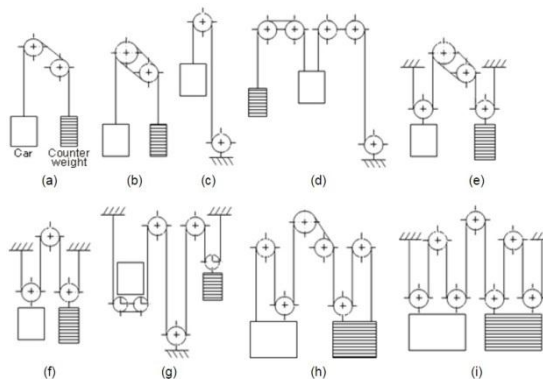
2.3. Основна подела савремених лифтова према погонском уређају

Данас у примени за погон савремених лифтова користе се електромотори наизменичне струје са фреквентним регулисањем и хидраулични погон са уљем као радним флуидом.

Данас у пракси се користе два концепта погона помоћу електромотора:

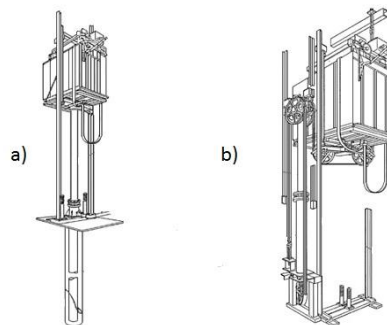
- Погон електромотором са редуктором;
- Погон електромотором без редуктора.

Вежа кабине лифта преко погонске и помоћних ужетњака са противтегом зависи од положаја машинске просторије лифта, расположивог простора унутар возног окна лифта, положају врата, као и техничких захтева самог постројења (Слика 1.).



Слика 1. Стандардни системи вешања за електрични лифт; а) 1:1, б) 1:1, в) 1:1, д) 1:1, е) 2:1, ф) 2:1, г) 2:1, х) 3:1 и у) 4:1

Идеја о погону лифта помоћу хидраулике датира још од друге половине 17. века, тада се као радни флуид користила вода. Данас, радни флуид је хидраулични уље а потребни притисак остварује се хидрауличним агрегатом. Хидраулични агрегат погони радни флуид до актуатора односно хидрауличног клипа са којим је спојена кабина лифта. Вежа хидрауличног клипа и кабине остварује се директно или индиректно (Слика 2.).



Слика 2. Вешање кабине – а) директно б) индиректно

Лифтови погоњени на електрични и хидраулични погон могу бити израђени и без машинске просторије.

Овакви лифтови се називају МРЛ (Machine roomless lift - MRL) лифтови.

3. ПОДЛОГЕ ЗА ПРОЈЕКТОВАЊЕ ЕЛЕКТРИЧНОГ ЛИФТА

Општи прописи које пројектант мора да испуни дефинисани су правилницима, а технички детаљи су дефинисани стандардима. Правилник о безбедности лифтова дефинише дизалице за вертикални транспорт (лифтове) на које се односи. Према њему под лифтом се сматра: постројење које опслужује одређене нивое, са носачем који се креће дуж крутих вођица са нагибом под углом већим од 15 степени према хоризонталу, а намењен је за превоз:

- лица или;
- лица и терета или;
- само терета (ако је носач доступан, односно ако лице може ући у носач без потешкоћа и ако је носач опремљен командама постављеним унутар носача или на дохват лица унутар носача).[2]

Лифтовско постројење се састоји од великог броја делова. Сваки пројектовани део појединачно мора да испуни следеће услове:

- безбедносне;
- еколошке;
- функционалне;
- механичке;
- посебне услове у зависности од захтева.

3.1. Пројектовање лифтовског постројења за инсталацију у објекат

Пројекат лифтовског постројења се ради на захтев пројектанта архитектуре, односно инвеститора. Сама израда пројекта лифтовског постројења за уградњу у објекат се одвија у неколико корака:

- дефинише се пројектни задатак;
- дефинише се тип пројекта;
- избор типа и компонената лифтовског постројења;
- прорачун компонената лифтовског постројења;
- израда графичке документације.

Према Правилнику о садржини, начину и поступку израде и начин вршења контроле техничке документације према класи и намени објеката, постоји шест врста пројеката: [3]

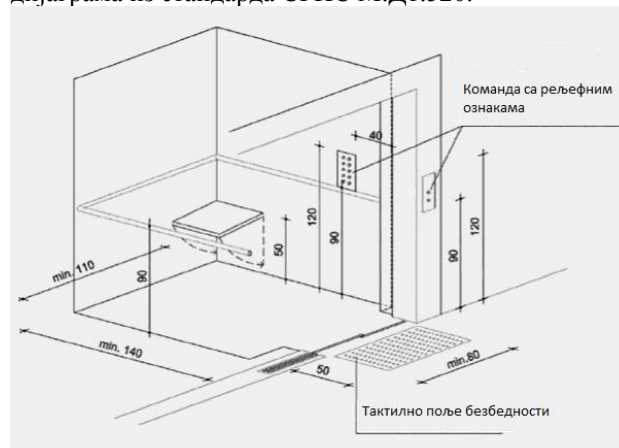
- генерални пројекат (ГНП);
- идејно решење (ИДР);
- идејни пројекат (ИДП);
- пројекат за грађевинску дозволу (ПГД);
- пројекат за извођење (ПЗИ);
- пројекат изведеног објекта (ПИО).

Сваки пројекат, по овом правилнику, мора да садржи одређене делове. Ти делови су:

- општа документација;
- текстуална документација;
- нумеричка документација;
- графичка документација.

За стамбено-пословни објекат са четири или више надземне етажне обавезна је уградња бар једног лифтовског постројења који мора да испуни захтеве из Правилника о техничким стандардима планирања, пројектовања и изградње објекта, којим се осигурава

несметано кретање и приступ особама са инвалидитетом, деци и старим лицима (Слика 3.). Критеријуми за избор броја лифтова по једном сегменту стамбено-пословног објекта који опслужује један степенишни крак, су број станица на надземним етажама, број станара по спрату и укупан број станара у надземним етажама. Број лифтова се одређује из дијаграма из стандарда СРПС М.Д1.520.



Слика 3. Величина кабине и распоред неопходних елемената кабине прилагођени особама са инвалидитетом

3.2. Општи облик прорачуна компонената електричног лифта

Део пројекта за инсталацију лифтовског постројења у објекат, према Правилнику о садржини, начину и поступку израде и начин вршења контроле техничке документације према класи и намени објеката, у којем је предвиђен прорачун компонената лифта, је нумерички део пројекта. У овом делу се на основу стандарда СРПС ЕН 81-1 врши прорачун компонената.

Компоненте и делови које се прорачунавају и проверавају у пројекту су:

- механизам за дизање;
- вучно-носећа средства;
- вођице;
- рам кабине и противтег;
- оптерећење јаме возног окна;
- потребан ход одбојника кабине и противтега;
- транспортни капацитет;
- сигурносни путеви;
- величина вентилационог отвора возног окна.

Оптерећења и силе које треба узети у обзир за различите случајеве оптерећења дате су у табели ТАБ 1:

ТАБ 1 Оптерећења и силе које треба узети у обзир за различите случајеве оптерећења [4]

Случајеви оптерећења	Оптерећења и силе	P	Q	F _s	F _k	M	WL
Нормална употреба	Кретање	+	+	-	-	+	+
	Утовар + истовар	+	-	+	-	+	+
Рад безбедносног уређаја	Хватачки уређај или слично	+	+	-	+	+	-
	Вентил пуцања	+	+	-	-	+	-

4. ПОДЛОГЕ ЗА ПРОЈЕКТОВАЊЕ ПАНОРАМ–СКОГ ЛИФТА И ПОРЕЂЕЊЕ СА ПРОРАЧУНОМ КЛАСИЧНОГ ЕЛЕКТРИЧНОГ ЛИФТА

Што се тиче свакодневних корисника, највећа разлика између конвенционалних електричних лифтова и панорамских лифтова је у изгледу кабине. Међутим пројектант приликом пројектовања панорамских лифтова мора да обухвати све суштинске разлике.

Пројектовање електричних панорамских лифтова, у прорачунском делу, се не разликује од пројектовања конвенционалних електричних лифтова. Примењује се општи облик прорачуна конвенционалног електричног лифта са улазним параметрима који одговарају моделу панорамског електричног лифта. Основна разлика у улазним параметрима панорамских лифтова у односу на конвенционалне је у:

- возном окну;
- кабинџ лифта (већа масе кабине услед уградње стакла);
- месту вешања и вођења кабине (повећава оптерећење вођица).

Код панорамских лифтова, због естетски прилагођених спољних зидова (уградњом стаклених зидова кабине), најчешћи је случај да возно окно буде делимично затворено или потпуно са прозирним материјалима који по својој чврстоћи одговарају стандарду.

Услови који према стандарду морају бити испоштовани су:

- да висина ограда на местима нормално приступачним за особе мора бити довољна да спречи да те особе;
- буду изложене опасности од покретних делова лифта;
- ометају безбедан рад лифта дохватањем лифтовске опреме унутар возног окна лифта, директно или са неким предметима који би држали у руци.
- претпоставља се да је висина довољна ако је: најмање 3,5 m на страни врата возног окна; најмање 2,5 m на осталим странама са најмањим хоризонталним растојањем од 0,50 m до покретних делова лифта. Ако је растојање до покретних делова веће од 0,50 m тада се вредност висине од 2,50 m може прогресивно смањити до висине од 1,10 m при растојању од 2,0 m.
- ограда не сме да буде перфорирана;
- ограда мора бити смештена унутар највише 0,15 m од ивице газишта спратова, степеница или платформи;
- морају се предузети мере да се спречи да друга опрема омета рад лифта;
- посебне мере предострожности морају се предузети за лифтове изложене дејству временских утицаја, на пример панорамски лифови уграђени на фасаду зграде.

У зависности од величине возног ока, положаја и броја врата, места уградње и типа погона одређује се најприкладније место вешања и вођења кабине лифта.

Данас код електричних лифтова постоје три типа вођења кабине: централно; ексцентрично; конзолно.

Код панорамских лифтова који се инсталирају на фасаду најчешће се примењује ексцентрично или конзолно вођење, док код инсталације унутар објекта најчешће се примењује централно вођење. Општа конфигурација код панорамских лифтова је ексцентрично вођење и тада прорачун вођица се ради у два случаја: при раду хватачког уређаја; при нормалном раду.

5. ЗАКЉУЧАК

Пројектовање панорамских лифтова у основи се не разликује од пројектовања конвенционалних електричних лифтова. Посебну пажњу треба обратити на прорачун рама кабине и вођица ових лифтова због повећања тежине делова кабине и одабира вођења кабине. Треба на прави начин сагледати оптерећења у зависности од вођења кабине са којима треба према препорукама из стандарда да се одради што тачнији прорачун. Код делимично затвореног возног окна потребно је обратити пажњу на растојања покретних делова од места где је могућ приступ лица који користе лифт, која су дефинисана стандардом.

Инсталација панорамских лифтова због сложенијих услова за пројектовање опреме и инсталацију има смисла само у репрезентативним објектима од којих се очекује да својом ексклузивношћу и посебним луксузом привуку посетиоце и туристе или дају посебан препознатљив изглед местима где су инсталирани. Због различитих облика кабинџ и различитих изведби возног окна, ови лифтови могу допринети улепшавању простора у којем су инсталирани.

Атријум амбасаде Републике Турске је одличан пример на којим местима је оправдана уградња оваквих лифтова и где се у потпуности искористи намена инсталације панорамских лифтова.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] С.Б. Тошић, „Лифтови“, Машински факултет Универзитета у Београду, Београд, 2004.
- [2] Правилник о безбедности лифтова, „Службени гласник РС“ број 101/2010. од 06.01.2011. године.
- [3] Правилник о садржини, начину и поступку израде и начин вршења контроле техничке документације према класи и намени објеката, „Сл. гласник РС“ број 23/2015, 77/2015, 58/2016 и 96/2016 од 23.03.2015.
- [4] СРПС ЕН 81-1, Лифтови, Безбедносна правила за конструкцију и уградњу лифтова – Део 1: Лифтови са електричним погоном, 2013.

Кратка биографија:



Зоран Денић рођен је у Инђији 1984. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Машинства – Пројектовање машина, транспорт и логистика одбранио је 2017.

**ISTRAŽIVANJE UTICAJA DUŽINE GLAVNIH RUKAVACA NA OPTEREĆENJA
GLAVNIH LEŽIŠTA KOLENASTOG VRATILA****RESEARCH OF THE IMPACT OF MAIN JOURNAL LENGTH ON THE LOADS OF
CRANKSHAFT MAIN JOURNAL BEARINGS**Nikola Tadić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

Kratak sadržaj – U radu je opisan rad klipnog mehanizma kao i sile koje deluju na delove klipnog mehanizma. Izvršeno je poređenje opterećenja klipnog mehanizma dobijenih putem analitičkog proračuna i putem simulacije uz pomoć programa Adams/View 2013, koje je poslužilo kao potvrda ispravnosti i jedne i druge metode ispitivanja opterećenja za dalje ispitivanje uticaja dužine glavnih rukavaca na opterećenja glavnih ležišta kolenastog vratila.

Ključne reči: Klipni mehanizam, opterećenja klipnog mehanizma, Adams/View 2013, glavna ležišta kolenastog vratila

Abstract – The paper describes the operation of the piston mechanism, as well as forces acting on the parts of the piston mechanism. The comparison of piston mechanism loads were obtained by analytical calculation and by simulation using Adams/View 2013, which served as a confirmation of correctness of both methods for further investigation of the impact of main journal length on the loads of crankshaft main journal bearings.

Key words: Piston mechanism, piston mechanism loads, Adams/View 2013, crankshaft main bearings

1. UVOD

Kroz poređenje opterećenja klipnog mehanizma dobijenih putem analitičkog proračuna i putem simulacije ustanovljena je ispravnost oba načina ispitivanja opterećenja klipnog mehanizma. Kao glavna tema, vršena su ispitivanja uticaja dužina glavnih rukavaca na opterećenja glavnih ležišta kolenastog vratila pomoću programskog paketa Adams/View 2013.

Rad klipnog mehanizma u simulaciji definisan je istim ulaznim podacima kao i u analitičkom proračunu, kako bi se dobili isti rezultati u oba slučaja ispitivanja opterećenja. Konstrukcioni parametri klipnog mehanizma u simulaciji su parametrizovani zbog jednostavnijeg ispitivanja uticaja dužine glavnih rukavaca na opterećenja glavnih ležišta kolenastog vratila.

Ispitivanje uticaja dužine glavnih rukavaca na opterećenja glavnih ležišta kolenastog vratila izvršeno je u dva slučaja. Glavni izlazni podaci ovog ispitivanja su promena prosečne sile na glavnim ležištima sa promenom dužine pojedinih glavnih rukavaca.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Nebojša Nikolić, docent.

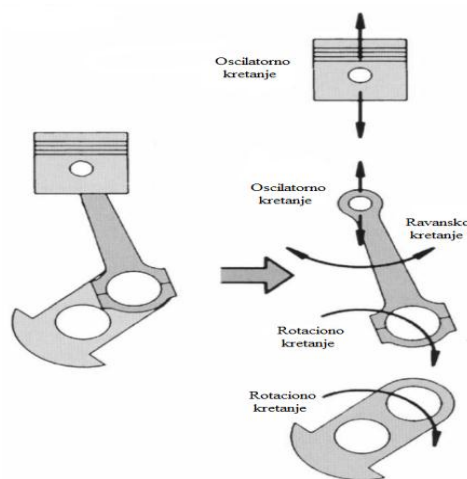
2. KLIPNI MEHANIZAM

Klipni mehanizam je grupa elemenata koja ne samo da pretvara oscilatorno kretanje u rotaciono (i obrnuto), već i efikasno koristi termodinamički ciklus kako bi se ostvario što veći mehanički rad i stepen korisnosti. Ovaj mehanizam, pored svojih nedostataka, još uvek u suštini predstavlja jedini mehanizam koji se koristi za pogon klipnih motora sa unutrašnjim sagorevanjem, iako je bilo pokušaja za efikasnijim rešenjem (motor sa rotacionim klipom Wankel) [1].

Delovi klipnog mehanizma vrše sledeća kretanja:

- klip vrši oscilatorno kretanje unutar cilindra
- klipnjača vrši ravansko kretanje (mala pesnica vrši oscilatorno kretanje, dok velika pesnica vrši rotaciono kretanje)
- kolenasto vratilo vrši rotaciono kretanje [2].

Tokom jednog obrtaja kolenastog vratila, klip se pomeri iz spoljašnje mrtve tačke do unutrašnje mrtve tačke i nazad, te na taj način izvrši dva takta. Tokom ovog kretanja klip ubrzava i usporava. Na slici 1 prikazana je ilustracija klipnog mehanizma sa kretanjima njegovih delova. [3].



Slika 1. Ilustracija klipnog mehanizma i kretanja njegovih delova [2]

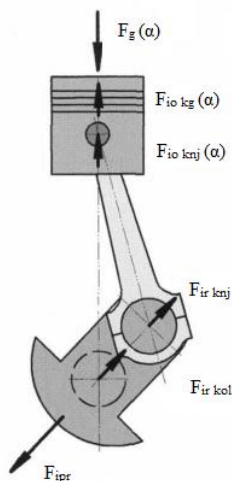
2.1. Sile koje deluju na pojedine delove klipnog mehanizma

Sile koje deluju na klipni mehanizam u motorima sa unutrašnjim sagorevanjem nastaju od pritiska gasova unutar komore za sagorevanje, kao i od inercijalnih sila delova klipnog mehanizma. Udeo sile pritiska gasova i inercijalnih sila zavisi od:

- termodinamičkog procesa - *oto* ili *diesel* motori
- konstrukcije motora - atmosferski ili motori sa nadpunjenjem
- nivoa opterećenja motora [2].

Zbog prirode procesa rada i kretanja delova klipnog mehanizma, intenziteti i pravci sila koje deluju na mehanizam se menjaju tokom radnog ciklusa. Ranijih godina, da bi se lakše shvatili procesi unutar motora sa unutrašnjim sagorevanjem, sile su posmatrane kao da su statičke za svaki položaj klipnog mehanizma. Ovakav pristup proračunu klipnog mehanizma korišćen je za razvijanje motora sa unutrašnjim sagorevanjem. Danas, sa razvojem kompjuterskih tehnologija, moguće je sa velikim stepenom preciznosti i pouzdanosti proračunati kretanje, deformacije i ponašanje kompleksnih mehaničkih sistema. Na klipni mehanizam deluju sledeće sile (slika 2):

- sila pritiska gasa $F_g(\alpha)$ [N]
- oscilatorna inercijalna sila klipne grupe $F_{io\ kg}(\alpha)$ [N]
- oscilatorna inercijalna sila klipnjače $F_{io\ knj}(\alpha)$ [N]
- rotaciona inercijalna sila klipnjače $F_{ir\ knj}$ [N]
- rotaciona inercijalna sila neuravnoteženog dela kolena $F_{ir\ kol}$ [N]
- rotaciona inercijalna sila protivtegora F_{ipr} [N].

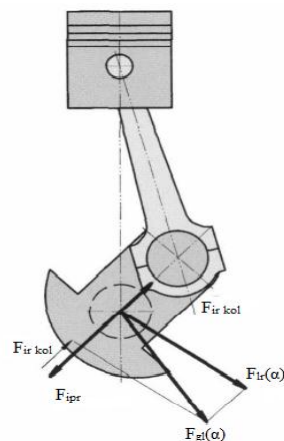


Slika 2. Sile koje deluju na klipni mehanizam [2]

Pošto se u ovom radu najviše pažnje posvećuje opterećenjima glavnih ležišta, u nastavku poglavlja biće opisano dejstvo sila na ove delove klipnog mehanizma.

Na glavno ležište deluju inercijalne rotacione sile neuravnoteženog dela kolenastog vratila $F_{ir\ kol}$, inercijalna rotaciona sila protivtegora F_{ipr} , i sila na letećem rukavcu $F_{ir}(\alpha)$ (slika 3). Kao i kod letećeg rukavca, sila koja deluje na glavno ležište kolenastog vratila $F_{gl}(\alpha)$ jednaka je po intenzitetu, ali je suprotnog smera sili koja deluje na glavni rukavac $F_{gr}(\alpha)$. Ako se radi o jednocilindričnom motoru sa unutrašnjim sagorevanjem, koji ima simetrično postavljene glavne rukavce (u odnosu na osu cilindra), sila koja deluje na njih jednako je podeljena na oba glavna

ležišta. Za bolje tumačenje opterećenja glavnih rukavaca konstruišu se polarni dijagrami opterećenja istih [4].



Slika 3. Sile koje deluju na glavno ležište [2]

3. REZULTATI PRORAČUNA I SIMULACIJE

U analitičkom delu proračuna izvršen je kinematički i dinamički proračun klipnog mehanizma kao što je prikazano u [5]. Glavna pretpostavka ovog proračuna je rad motora sa unutrašnjim sagorevanjem na konstantnom broju obrtaja. Takođe, kolenasto vratilo je potpuno oslonjeno, tj. ima pet glavnih ležišta. Opterećenja delova klipnog mehanizma računata su tokom jednog radnog ciklusa, tj. 4π . Zbog obimnosti samog proračuna u nastavku će biti prikazana samo opterećenja glavnih ležišta koja su dobijena konstruisanjem polarnih dijagrama opterećenja glavnih ležišta. Ulazni podaci proračuna, pored p - V dijagrama su:

- broj cilindara $i = 4$
- taktnost motora $\tau = 4$
- razmak paljenja $\alpha_p = \frac{\tau \cdot \pi}{i} = \frac{4 \cdot \pi}{4} = 180^\circ$
- redosled paljenja: 1 - 3 - 4 - 2
- efektivna snaga motora $P_e = 72,855$ kW
- mehanički stepen korisnosti $\eta_m = 0,739$
- nominalni broj obrtaja $n_e = 5500$ min⁻¹
- kinematički faktor klipnog mehanizma $\lambda_k = 0,3$
- hod klipa $S = 76,5$ mm
- poluprečnik kolenastog vratila $R = \frac{S}{2} = \frac{76,5}{2} = 38,25$ mm
- dužina klipnjače $L = \frac{R}{\lambda_k} = \frac{38,25}{0,3} = 127,5$ mm
- ugaona brzina kolenastog vratila $\omega = \frac{n_e \cdot \pi}{30} = \frac{5500 \cdot \pi}{30} = 575,96$ s⁻¹

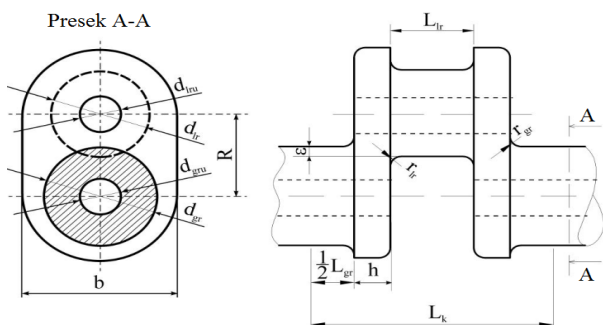
Za potrebe simulacije rada klipnog mehanizma korišćeni su isti ulazni podaci i pretpostavke kao i kod proračuna klipnog mehanizma. Rezultati simulacije rada klipnog mehanizma poređeni su sa rezultatima proračuna za potvrdu ispravnosti i jedne i druge metode.

U tabeli 1 prikazane su vrednosti dimenzija kolenastog vratila koje su usvojene na osnovu preporuka [6, 7], koje su korišćene u obe metode ispitivanja. Na slici 4 prikazana je skica kolenastog vratila sa oznakama

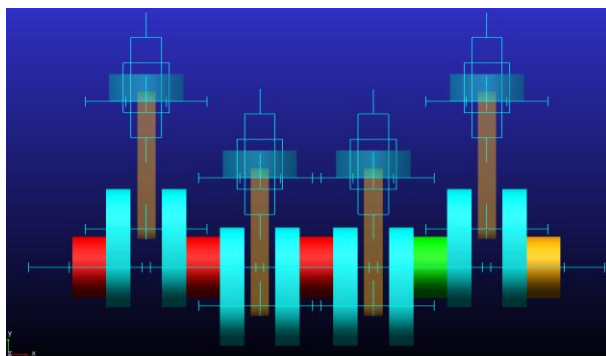
dimenzija, dok je na slici 5. prikazan model klipnog mehanizma koji je korišćen za potrebe simulacije u programu *Adams/View 2013*.

Tabela 1 Dimenzije kolenastog vratila [6, 7]

Oznaka	Oto motor	Usvojene vrednosti
L_k	$(1,2 \dots 1,28)D$	122,4 mm
d_{lr}	$(0,56 \dots 0,7)D$	57,15 mm
L_{lr}	$(0,45 \dots 0,65)d_{lr}$	25,7 mm
d_{gr}	$(0,6 \dots 0,8)D$	61,2 mm
L_{gr}	$(0,45 \dots 0,6)d_{gr}$	27,54 mm
b	$(1,1 \dots 1,9)d_{lr}$	80 mm
h	$(0,15 \dots 0,35)d_{lr}$	20 mm
$r_{lr} \geq 3 \text{ mm}$	$(0,06 \dots 0,1)d_{lr}$	3,43 mm
$r_{gr} \geq 3 \text{ mm}$	$(0,06 \dots 0,1)d_{lr}$	3,67 mm



Slika 4. Osnovne konstruktivne dimenzije kolenastog vratila [6, 7]



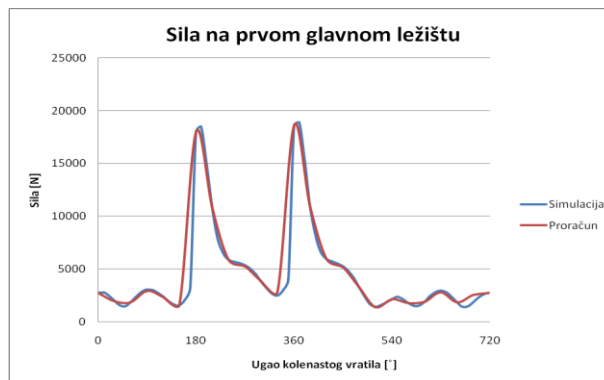
Slika 5. Model klipnog mehanizma u *Adams/View 2013*

3.1. Poređenje opterećenja glavnih ležišta

Poređenjem svih vrednosti sila na glavnim ležištima, dobijenih simulacijom i proračunom, uočava se velika sličnost sila tokom čitavog ciklusa sa vrlo malim odstupanjem vrednosti intenziteta sila, u odnosu na vrednosti dobijene proračunom. Do ove razlike dolazi jer se pri konstruisanju polarnog dijagrama opterećenja glavnih ležišta računa opterećenje na svakih 30° ugla kolenastog vratila, a u simulaciji na svakih 10° , pa se vrednosti sila na glavnim ležištima dobijene simulacijom uzimaju kao ispravne.

Na dijagramu 1. prikazano je poređenje opterećenja na prvom glavnom ležištu. Na dijagramu 2. prikazano je poređenje opterećenja na drugom glavnom ležištu. Na

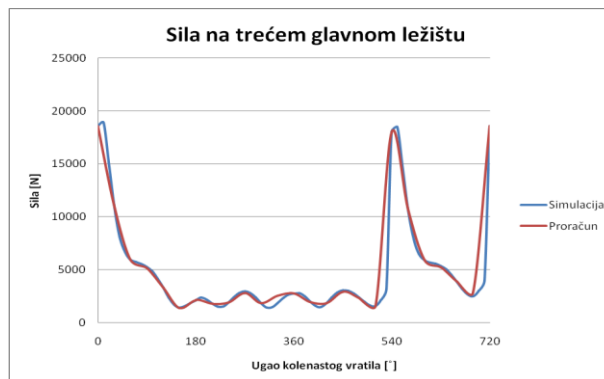
dijagramu 3. prikazano je poređenje opterećenja na trećem glavnom ležištu.



Dijagram 1. Poređenje sile na prvom glavnom ležištu



Dijagram 2. Poređenje sile na drugom glavnom ležištu



Dijagram 3. Poređenje sile na trećem glavnom ležištu

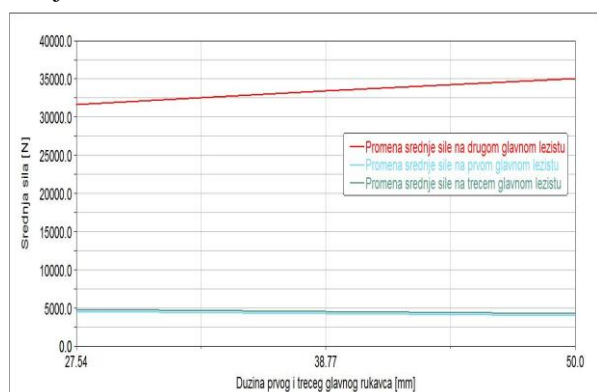
4. UTICAJ DUŽINE GLAVNIH RUKAVACA NA OPTEREĆENJE GLAVNIH LEŽIŠTA

U ovom poglavlju poređena su opterećenja glavnih ležišta sa promenom dužina glavnih rukavaca, u programu *Adams/View 2013*. Svi ulazni podaci isti su kao i za simulaciju korišćeni u poglavlju 3., osim dužina prvog, drugog i trećeg glavnog rukavca, čije dužine se variraju. Promena dužine glavnih rukavaca vrši se u tri koraka od minimalne do maksimalne vrednosti (27,54 - 38,77 - 50mm).

4.1. Uticaj dužine prvog i trećeg glavnog rukavca na opterećenja glavnih ležišta

Na dijagramu 4. prikazana je promena prosečnih sila na prvom, drugom i trećem glavnom ležištu sa istovremenom promenom dužine prvog i trećeg glavnog rukavca.

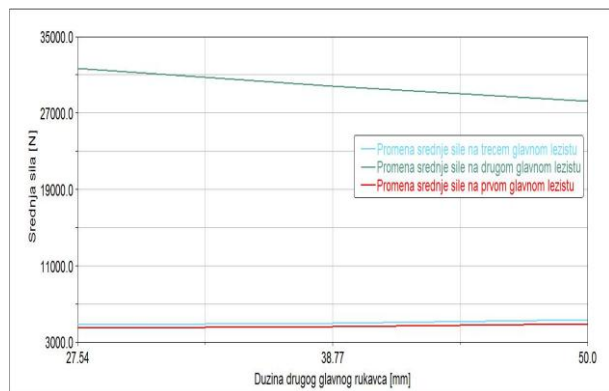
Sa priloženog dijagrama zaključeno je da sa istovremenim povećanjem dužine prvog i trećeg glavnog rukavca dolazi do znatnog povećanja srednje sile koja deluje na drugo glavno ležište. Na prvom i trećem glavnom ležištu ne dolazi do tako značajnog smanjenja srednje sile koja deluje na ista.



Dijagram 4. Promena srednje sile na prvom, drugom i trećem glavnom ležištu

4.1. Uticaj dužine drugog glavnog rukavca na opterećenja glavnih ležišta

Na dijagramu 5. prikazana je promena prosečnih sila na prvom, drugom i trećem glavnom ležištu sa promenom dužine drugog glavnog rukavca. Sa priloženog dijagrama zaključeno je da sa povećanjem dužine drugog glavnog rukavca dolazi do znatnog smanjenja srednje sile koja deluje na drugo glavno ležište. Na prvom i trećem glavnom ležištu ne dolazi do tako značajnog povećanja srednje sile koja deluje na ista.



Dijagram 5. Promena srednje sile na prvom, drugom i trećem glavnom ležištu

5. ZAKLJUČAK

Detaljnou analizom rezultata proračuna i simulacije klipnog mehanizma, zaključeno je da model koji je korišćen u simulaciji rada klipnog mehanizma ispravan, kao i da je sa ovakvim modelom moguće ispitati klipne mehanizme različitih konstruktivnih karakteristika, na različitim režimima rada. Sve karakteristične sile koje deluju na klipni mehanizam merene simulacijom, sa vrlo malim odstupanjem, odgovaraju vrednostima sila koje su dobijene putem proračuna. Takođe, intenziteti sila merenih sa polarnih dijagrama opterećenja letećeg rukavca i glavnih ležišta, odgovaraju silama koje su dobijene putem simulacije.

Upotrebom programskog paketa *Adams/View 2013*, takođe je moguće postaviti simulaciju za razne nepoželjne režime rada motora sa unutrašnjim sagorevanjem, čime se vrlo lako i brzo može dobiti uvid u oblik i intenzitet opterećenja delova klipnog mehanizma u takvim režimima rada. Danas se u fazi projektovanja komponenti klipnog mehanizma sve više koriste programski paketi za simulaciju radnih uslova motora sa unutrašnjim sagorevanjem, jer se za kratko vreme može ispitati više konstruktivnih izvedbi sa različitim uslovima rada. Ovakvim načinom projektovanja višestruko se ubrzava proces proizvodnje, a samim tim je i isplativiji sa ekonomskog aspekta. Kod upotrebe ovakvih programskih paketa mora se obratiti pažnja na celokupnu postavku simulacije, jer se vrlo lako mogu dobiti pogrešni rezultati.

6. LITERATURA

- [1] Merker, P.G., Schwarz, C., Teichmann, R.: *Combustion engines development: Mixture formation, combustion emissions and simulation*, Springer - Verlag, Berlin Heidelberg, 2012.
- [2] van Basshuysen, R., Schafer, F.: *Internal combustion engine handbook: Basics, components, systems, and perspectives*, SAE International, Warrendale Pa., 2004.
- [3] Filipović, I.: *Kinematika i dinamika motora sui*, Mašinski fakultet, Sarajevo, 1998.
- [4] Filipović, I.: *Motori sa unutarnjim izgaranjem: dinamika i oscilacije*, Mašinski fakultet, Sarajevo, 2007.
- [5] Гоц, А.Н.: *Кинематика и динамика кривошипно-шатунного механизма поршневых двигателей*, Владимирский государственный университет, Владимир, 2005.
- [6] Živković, C. M.: *Motori sa unutrašnjim sagorevanjem II deo, Konstrukcija motora, prva sveska*, Mašinski fakultet Beograd, Beograd, 1990.
- [7] Živković, C. M., Trifunović R.: *Motori sa unutrašnjim sagorevanjem II deo, Konstrukcija motora, druga sveska*, Mašinski fakultet Beograd, Beograd, 1990.

Kratka biografija:



Nikola Tadić rođen je u Novom Sadu 1991. godine. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva odbranio je 2015. godine.

**KONTAMINIRANI SLOJ KOD TOPLOG HIDROSTATIČKOG PRESOVANJA
SUPERLEGURE IN100****SURFACE CONTAMINATION DURING HOT ISOSTATIC PRESSING OF
SUPERALLOY IN100**Mario Maćaš, Dragan Rajnović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu je detaljno opisan proces toplog hidrostatskog presovanja – HIP, vrste procesa i značaj za odlivke od superlegura. Prikazano je ispitivanje kontaminiranog sloja koji se javlja kao posledica HIP procesa kod superlegure IN100.

Ključne reči: HIP – toplo hidrostatsko presovanje, superlegure, kontaminacija

Abstract – This paper describes in details the process of the hot isostatic pressing – HIP, its types and significance for superalloy castings. The study of the contaminated surface layer, its thickness and chemical composition, for HIP treated superalloy IN100 are presented.

Key words: HIP – hot isostatic pressing, superalloys, contamination

1. UVOD**1.1 Toplo hidrostatsko presovanje – HIP proces (Hot Isostatic Pressing)**

Tokom razvoja procesa toplog hidrostatskog presovanja za spajanje elemenata nuklearnog goriva, nije se moglo pretpostaviti da će se proces intenzivno razviti u opšte prihvaćenu tehnologiju. Razvoj industrijske primene HIP-a je bio postepen. Početkom šezdesetih pojavio se veliki problem zbog visoke cene i nepouzdanosti HIP postrojenja. Sledilo je brzo unapređenje zbog naglog pada cene, razvoja jeftinog laboratorijskog pribora, proizvodnje sa kraćim HIP ciklusima i nadasve većom pouzdanošću. Komercijalna primena HIP procesa se može podeliti u šest grupa [1]:

- Smanjenje ili potpuno uklanjanje poroznosti i istovremena termička obrada odlivaka
- Revitalizacija komponenata od štete nastale eksploatacijom komponente (puzanje ili zamor materijala)
- Sabijanje metalnog praha
- Naknadno sabije sinterovanih keramičkih ili metalnih delova
- Spajanje materijala
- Kombinovanje infiltracije i sabijanja.

U tabeli 1 je prikazan detaljniji pregled primena toplog hidrostatskog presovanja.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Dragan Rajnović

U budućnosti se očekuje dalji razvoj HIP uređaja i sve šira primena za procesiranje velikih odlivka, većih zapremina keramika, delova koji su izrađeni brizganjem i kompozita sa metalnom osnovom. Mogućnost stvaranja delova preciznih tolerancija, čime je smanjenje dodatnih obrada bila je zapravo glavna pokretačka sila za komercijalno razvijanje HIP tehnologije. Time je omogućena proizvodnja delova koji ispunjavaju specifikacije u kritičnoj i visokonaponskoj primeni. HIP se posebno koristi za poboljšanje osobina monokristalnih i usmereno kristalnih turbinskih lopatica nove generacije superlegura koje su proizvedene preciznim livenjem. Za delove koji su izloženi ovako ekstremnim eksploatacionim uslovima, smanjenje mikroporoznosti je ključno za poboljšanje osobina i produženje radnog veka [2].

Tabela 1. *Mogućnosti primene HIP procesa [1]*

KATEGORIJE	KOMERCIJALNA PRIMENA	MOGUĆA PRIMENA
ODLIVCI	Superlegure, Ti	Al, Cu, čelik
PODMLADIVANJE	Superlegure, Ti	Čelik
POST-SINTEROVANJE	Tvrđi metal, keramički alati, delovi proizvedeni sinterovanjem	Keramički delovi – Si ₃ N ₄
SABIJANJE PRAHA	Superlegure, Brzorezni čelici, Nerđajući čelik, Ti, Be, Cr	Metalno – keramički kompoziti
SPAJANJE	Elementi za nuklearno gorivo, ventili, delovi za avio i nuklearnu tehniku	Keramički motori, kapsulacija nuklearnog otpada
INFILTRACIJA	Karbon/karbonski kompoziti	Hemijske reakcije

Toplo hidrostatsko presovanje, tzv. HIP (Hot Isostatic Pressing) proces, je toplotno-mehanički proces koji se primenjuje kod odlivaka kako bi se usled povišene temperature (>1000°C) i pritiska (~180MPa) procesa poboljšala čvrstoća i povećala gustina materijala. Kao radni medijum se najčešće koristi argon, ali osim argona se koristi i azot [3].

Zavisno od materijala koji se procesira, temperature procesa su sledeće [1]:

T < 1000°C za Ti, Al, Be,

1000°C < T < 1300°C za superlegure, brzorezne čelike, čelike, nerđajuće čelike, kompozite keramike i metala, MgO, Al₂O₃, UO₂, Nb,

1300°C < T < 1500°C za Cr, Re, W, cementirane karbide, Al₂O₃,

T > 1500°C za Si₃N₄, SiC, ZrO₂, Al₂O₃.

Sa ekonomskog aspekata vreme trajanja procesa je veoma važno. Izvesni materijali, kao što su legure Ti, iz strukturnih razloga se obrađuju na nižim temperaturama i

zbog toga zahtevaju duže vreme procesiranja. Međutim, drugi materijali se mogu procesirati za kratko vreme, što je ekonomski povoljnije.

1.2 Superlegure

Superlegure su grupa materijala koje mogu biti na bazi Ni-Fe, Ni i Co, i primenjuju se za delove koji rade na temperaturama do 650°C. Glavna osobina legura na bazi Ni je da izdrže opterećenja na visokim temperaturama koje mogu biti i do 0.8 temperature topljenja date legure. Ova osobina je kod niklovihi legura veća nego kod bilo koje druge legure primenjivane u inženjerskoj praksi. Superlegure poseduju dobru kombinaciju čvrstoće pri visokim temperaturama, otpornosti prema uticaju okoline (nitriranje, oksidacija, naugljeničenje i sulfidizacija), odlične otpornosti prema puzanju i naponskim prslinama, tvrdoće, metalurške stabilnosti, toplotnog širenja, i otpornosti prema toplotnom zamoru i koroziji. U poslednjih petnaest godina HIP je postao sastavni deo proizvodnje visokozahtevnihi livenih komponenta za avio industriju. Rast upotrebe HIP procesa je bio paralelan sa razvojem naprednih superlegura na bazi Ni, i sa pojavom odlivaka sa vrlo kompleksnom geometrijom kod kojih se obično javlja povećan stepen mikroporoznosti. Šta više, da bi se optimizirale mehaničke osobine, prihvatljivi stepeni mikroporoznosti su postali sve strožiji. Ovakvi zahtevi mogu se samo ispuniti pomoću HIP procesa [4].

2. OPIS PROBLEMA

Nakon završetka HIP procesa na površini radnih komada koji su procesirani javlja se kontaminirani sloj. Debljina sloja nije konstantna, a vidljiv je i golim okom u vidu promene boje komada. Ova kontaminacija predstavlja višestruki problem:

- Povećava se dimenzija odlivaka,
- Potrebna dodatna operacija čišćenja,
- Nečistoće na površini mogu biti inicijatori korozije i prslina.

Iz tog razloga, cilj ovog rada je prvo bio da se odredi uticaj pripreme površine odlivka na debljinu kontaminiranog sloja pri zadatim uslovima HIP procesiranja, a zatim da se odredi hemijski sastav kontaminiranog sloja pomoću ispitivanja površine uzorka na SEM-u (skening elektronskom mikroskopu) pomoću EDS metode (energetska disperziona spektroskopija X zraka).

3. EKSPERIMENTALNA PROCEDURA

U tom cilju, ispitana je pojava kontaminacije, odnosno izmerena je debljina kontaminiranog sloja na uzorcima postavljenim u tri zone unutar HIP peći:

- 3 uzorka u gornju zonu
- 3 uzorka u srednju zonu
- 3 uzorka u donju zonu

Uzorci su odliveni od superlegure Inconel 100 koja se najviše primenjuje u livnici LPO. Korišteno je 3 vrste uzoraka sa različitim kvalitetom površine: grubo brušeni sa papirom P240, fino brušeni sa papirom P1000 u skladu sa zahtevom tehničke dokumentacije, i polirani sa tkaninom i dijamantskom suspenzijom od 1 μm. Nakon HIP procesa, izvršeno je određivanje srednje debljine

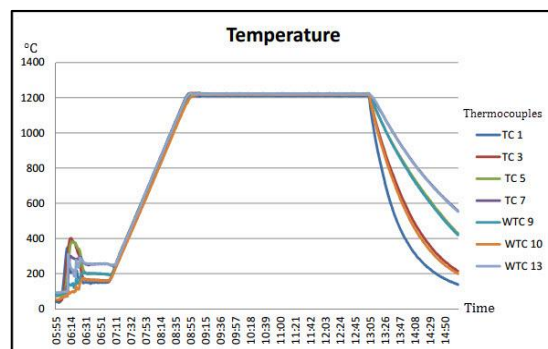
kontaminiranog sloja, putem 5 merenja na 5 vidnih polja, pri uvećanju od 1000×. Za ispitivanje kontaminacije površine korišteni su uzorci koji se sa svakog odlivenog kalupa odvajaju tokom razbijanja školjke. Uzorci se pre HIP procesa pripremaju tako što se prema tehničkom zahtevu za postupak ispitivanja bruse sa brusnim papirom u vidu trake finoće zrna P1000. Slika jednog takvog uzorka je prikazana na slici 1. Uzorci se zatim seku na pola i zatapaju u bakelitnu "pogačicu". Uzorci se bruse ručno, tako da se prislone na rotirajuću ploču uređaja i bruse dok se ne dobije ravnomerno obrušena površina, bez većih riseva. Bakelitne pogačice se zatim razbijaju i od svake grupe uzoraka se stavlja po jedan u donju, srednju i gornju zonu suda pod pritiskom.



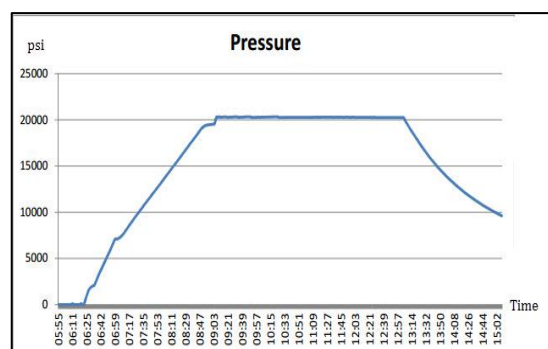
Slika 1. Uzorak za ispitivanje sloja kontaminacije

3.1 Parametri HIP procesa

Uzorci su bili procesirani u standardnom HIP ciklusu koji je propisan za materijal IN100 od kojeg se proizvode odlivci i epruvete za ispitivanje. Promena temperature i pritiska tokom HIP ciklusa data je dijagramski na slici 2 i slici 3, respektivno. Maksimalna temperatura je iznosila 1200°C u trajanju od 4h, pri pritisku od 1379×10⁵ Pa (20000 psi), a ceo proces je trajao 9h.



Slika 2. Temperatura tokom HIP procesa u zavisnosti od vremena



Slika 3. Pritisak tokom HIP procesa u zavisnosti od vremena

3.2 Ispitivanje kontaminiranog sloja

Nakon završetka HIP procesa, epruvete se vade iz korpi i ponovno se zatapaju tako da je površina koja je vidljiva posle zatapanja upravna na površinu na kojoj je nastao sloj kontaminacije. Uzorci na kojima se ispituje kontaminirani sloj se za mikroskopsko posmatranje moraju dodatno brusiti (brusni papiri P240, P600, i P1000) i potom polirati sa tkaninom i dijamantskom suspenzijom 3 μm i konačno sa 1 μm .

Za ispitivanje debljine sloja kontaminacije korišten je svetlosni mikroskop (SM) marke Leica DM1750M. Kontaminirani sloj se posmatran pod uvećanjem mikroskopa od 1000 \times . Merenje kontaminiranog sloja je vršeno pomoću softvera LAS V4.9.

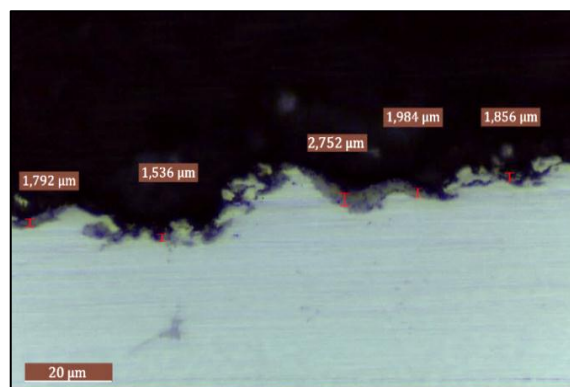
Pored toga, izvršena je i analiza kontaminiranog sloja pomoću SEM mikroskopa u Univerzitetskom centru za elektronsku mikroskopiju, Univerziteta u Novom Sadu. Model mikroskopa je JEOL JSM-6460LV, opremljen sa EDS sistemom INCA Oxford Instruments. Ispitivanje je vršeno pri radnom naponu od 20 kV, i uvećanjima od 300, 2000, 5000 i 10 000 \times . Za dobijanje slika korišteni su moduli SEM-a SE (sekundarni elektroni) i BSE (povratno rasejani elektroni) koji daju različit kontrast slike u zavisnosti od hemijskog sastava. Kvalitativno određivanje hemijskog sastava kontaminiranog sloja sa BSE je potvrđeno EDS metodom.

5. REZULTATI I DISKUSIJA

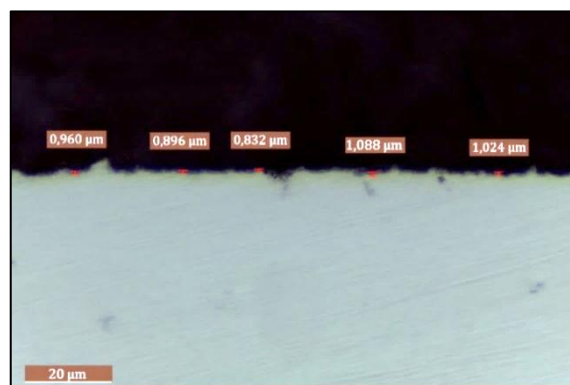
Ilustracija 5 merenja na svetlosnom mikroskopu kontaminiranog sloja na jednom vidnom polju za svaku vrstu pripreme površine uzorka (P240, P1000 i polirano) prikazana je na slikama 4 do 6. Slika 4 prikazuje rezultat merenja kontaminiranog sloja uzorka brušenog sa P240 iz prve korpe. Slika 5 prikazuje rezultat merenja kontaminiranog sloja uzorka brušenog sa P1000 iz prve korpe, dok slika 6 prikazuje rezultat merenja kontaminiranog sloja uzorka poliranog sa tkaninom za poliranje i dijamantskom suspenzijom finoće 1 μm , takođe iz prve korpe.

U tabeli 2 date su srednje vrednosti izmerenog sloja kontaminacije i standardne devijacije, zavisno od pozicije u peći i pripreme uzoraka. Na osnovu izmerenih vrednosti može se konstatovati da je najveća kontaminacija od 1,968 μm prisutna kod uzorka iz 4. korpe pripremljenih sa P240, dok je najmanja 0,832 μm kod uzoraka iz 1. korpe pripremljenog poliranjem. Iz tabele se vidi da je nezavisno od mesta u peći kontaminirani sloj najdeblji za uzorke brušene sa brusnim papirom P240. Međutim, kod 1. i 4. korpe polirani uzorci imaju najtanji kontaminirani sloj, dok kod 8. korpe najtanji sloj ima uzorak brušen sa brusnim papirom P1000. Srednje vrednosti sloja kod pripreme sa P1000 i poliranjem su slične, te dodatna priprema uzoraka poliranjem u cilju dobijanja što manjeg sloja nije opravdana.

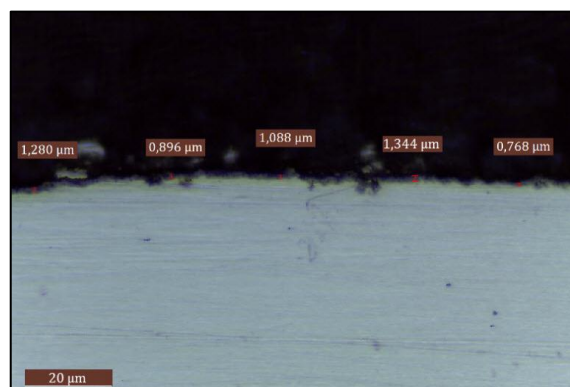
Izgled kontaminiranog sloja na SEM mikroskopu, kao reprezentativan, je prikazan na slici 7 i 8. Na slici 7, ravna površina predstavlja poprečni presek osnove, dok hrapava površina je kontaminirani sloj. Kontaminacija raste slojevito i u vidu grozdova globula, slika 8. Takođe, grozdovi rastu linearno, sledeći tragove brušenja površine, slika 7.



Slika 4. Kontaminirani sloj uzorka iz prve korpe brušen sa P240 (SM)



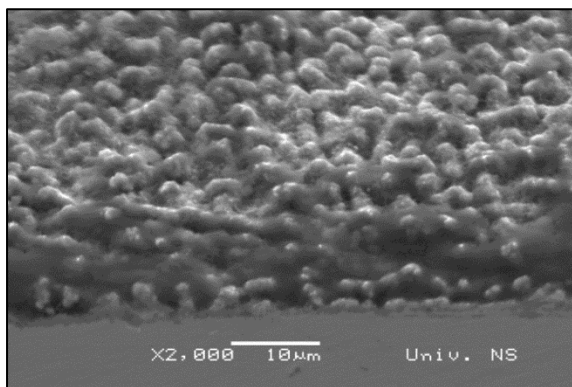
Slika 5. Kontaminirani sloj uzorka iz prve korpe brušen sa P1000 (SM)



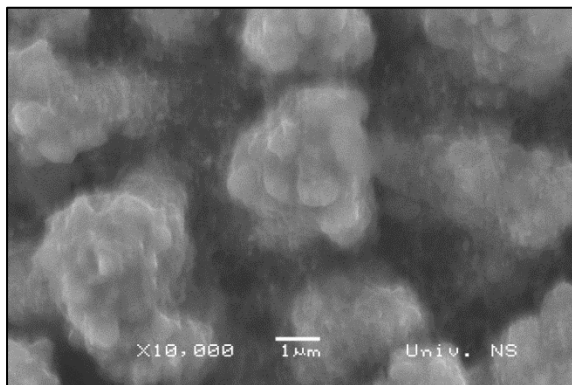
Slika 6. Kontaminirani sloj uzorka iz prve korpe poliran sa tkaninom i dijamantskom suspenzijom krupnoće 1 μm (SM)

Tabela 2. Srednje vrednosti izmerenog kontaminiranog sloja sa standardnom devijacijom [μm]

		1. KORPA	4. KORPA	8. KORPA	SR. VRED.
P 240	Sr. vr.	1,536	1,968	1,488	1,728
	St. dev.	0,608	0,624	0,176	
P 1000	Sr. vr.	1,056	1,296	0,784	1,040
	St. dev.	0,288	0,336	0,080	
POL	Sr. vr.	0,832	0,864	0,944	0,888
	St. dev.	0,128	0,128	0,144	



Slika 7. Kontaminirani sloj (SEM)



Slika 8. Izgled globula kontaminacije (SEM)

EDS analizom, utvrđen je približan hemijski sastav kontaminiranog sloja: 8.15%C, 1.03%N, 19.11%O, 10.17%Al, 49.59%Ti, 0.42%V, 1.32Cr, 1.61%Co, 6.66%Ni, i 1.95%Mo. Iz hemijskog sastava proizilazi da globule nastale na površini superlegure predstavljaju kombinaciju, oksida, nitrida i karbida nastalih usled reakcije nečistoća iz atmosfere (kiseonik i azot) sa legirajućim elementima Al, Ti, Cr, Co, V, Mo koji usled visoke temperature HIP procesa difunduju na površinu i reaguju sa okolinom. Posledica HIP procesa je nastanak zone bez karbida, koja iznosi do 100 μm, kod uzoraka P240, do 78 μm kod uzoraka P1000, i do 48 μm kod poliranih uzoraka, slika 9. Upoređenjem vrednosti zone bez karbida sa debljinom kontaminiranog sloja, ustanovljena je direktna zavisnost. Odnosno, najveća dubina zone bez karbida javlja se pri najvećem kontaminiranom sloju i obrnuto. Rezultati EDS ispitivanja su pokazali da Al, Ti, V, Mo difunduju na površinu superlegure, dok elementi Cr i Co prvenstveno ostaju rastvoreni u osnovi Ni.



Slika 9. Zona bez karbida (SEM - poliran uzorak)

6. ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata ispitivanja ustanovljeno je da:

- Debljina kontaminiranog sloja zavisi od kvaliteta površine, odnosno pripreme uzoraka. Najveći kontaminirani sloj se javlja kod uzoraka koji su brušeni sa brusnim papirom krupnoće zrna P240, dok su polirani uzorci imali vidljivo tanje kontaminirane slojeve.
- Tokom brušenja sa brusnim papirima koji imaju veća abrazivna zrna stvara se veća slobodna površina, a samim tim se i površina na kojoj kontaminacija raste povećava, što rezultira debljim slojem kontaminacije.
- Iz rezultata se vidi da položaj u peći ima manji uticaj na debljinu kontaminiranog sloja, pri čemu se manje povećanje javlja kod korpe 4 (sredina).
- Kontaminirani sloj nastaje stvaranjem oksida, nitrida i karbida na površini odlivka usled HIP procesa. Karbidi koji se nalaze u metalnoj osnovi difunduju zajedno sa elementima rastvorenim u osnovi na površinu i obrazuju sloj kontaminacije.
- Zona bez karbida tokom HIP procesa nastaje kao posledica visoke temperature i rastvaranja karbida koji zatim difunduju na površinu i obrazuju sloj kontaminacije.
- Kontaminirani sloj se vrlo lako odstranjuje, najčešće peskiranjem.

7. ZAHVALNOST

Izrada master rada je realizovana u saradnji sa Livnicom preciznih odlivaka, Ada, u čijim pogonima je izvršeno livenje uzoraka, HIP tretman i svetlosna mikroskopija.

8. LITERATURA

- [1] D. Richter, G. Haour, D. Richon: Hot Isostatic Pressing (HIP), *Materials and Design*, 6, (1985), 303-305
- [2] M. H. Bocanegra-Bernal: Review Hot Isostatic Pressing (HIP) Technology and its applications to metals and ceramics, *Journal of Materials Science*, 39, (2004), 6399-6420
- [3] N. L. Loh, K. Y. Sia: An overview of hot isostatic pressing, *Journal of Materials Processing Technology*, 30, (1992), 45-65
- [4] Matthew J. Donachie, Stephen J. Donachie, *SUPERALLOYS A technical guide*, ASM International, Materials Park, Ohio, USA, (2002)

Kratka biografija:

Mario Mačaš, mast. inž. maš., rođen je u Senti 1991.g. Srednju školu je završio 2009.g. u Tehničkoj Školi u Adi, na smeru Mašinski tehničar za kompjutersko konstruisanje. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Proizvodno mašinstvo odbranio je 2017.g. Zaposlen je u Livnici preciznih odlivaka, Ada.



Dr Dragan Rajnović, docent, rođen 1975.g. u Vukovaru. Diplomirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2000.g., na kome je od tada i zaposlen u nastavi. Izabran u zvanje docenta 2015.g., uo Materijali i tehnologije spajanja.

**ТОПЛОТНА ПОДСТАНИЦА ДАЉИНСКОГ ГРИЈАЊА СА ИНДИРЕКТНОМ
РАЗМЈЕНОМ ТОПЛОТЕ****DISTRICT HEATING SUBSTATION WITH INDIRECT HEAT EXCHANGE**Јовиша Марић, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област - МАШИНСТВО**

Кратак садржај – У раду су приказане теоријске основе топлотне подстаннице даљинског грејања са индиректном размјеном топлоте. Изнете теоријске основе су примењене за изналажење техничког решења топлотне подстаннице са индиректном размјеном топлоте за НН објекта.

Abstract – *The paper describes the theoretical basis of district heating substations with indirect heat exchange. The presented theoretical foundations have been applied in order to find technical solution of district heating substation with indirect heat exchange for NN building.*

Кључне ријечи: *District heating, Substation with indirect heat exchange, Calculations*

1. УВОД

Основна намена сваког система за снабдевање топлотом јесте обезбеђење потрошача неопходним количинама топлоте одређених параметара. Повећање укупног степена искоришћења постојећих појединачних система за производњу топлотне енергије, као и еколошки утицај на околину само су неки од разлога увођења централизованих система [1].

Инфраструктуру система даљинског грејања (као пример централизованог система снабдевања топлотом) чине:

- Погони за производњу топлотне енергије (топлане, термоелектране-топлане);
- Дистрибутивна мрежа за транспорт носиоца топлоте (топловоди, вреловоди, пароводи);
- Топлотне подстаннице за предају топлотне енергије потрошачима.

Топлотна подстанница (ТП) служи за регулисану размјену топлотне енергије између примарне мреже топлификације града и секундарне мреже грејања индивидуалних стамбених објеката. Њена основна намена је одржавање параметара предајника топлоте (температуре, притиска и протока) у одређеним границама које су задате пројектом, ради поузданог и економичног рада комплетног система. Параметри предајника топлоте се одржавају опремом за регулацију и управљање [2].

НАПОМЕНА:

Овај рад је проистекао из рада чији је ментор био доц. др Александар Анђелковић.

2. ЗАДАТАК РАДА

Задатак мастер рада јесте да се прикажу типови топлотних подстанница, услови при одабиру типа ТП, као и детаљни описи оба типа топлотне подстаннице.

У складу са изнетим теоријским основама, извршен је прорачун и одабир елемената топлотне подстаннице са индиректном размјеном топлоте за НН објекат. Пројектовање индиректне топлотне подстаннице подразумева правилан избор елемената за регулацију и управљање, потребне арматуре, размењивача топлоте, опреме за мерење количине топлоте, њихов размештај у простору и повезивање цевоводима одговарајућих димензија.

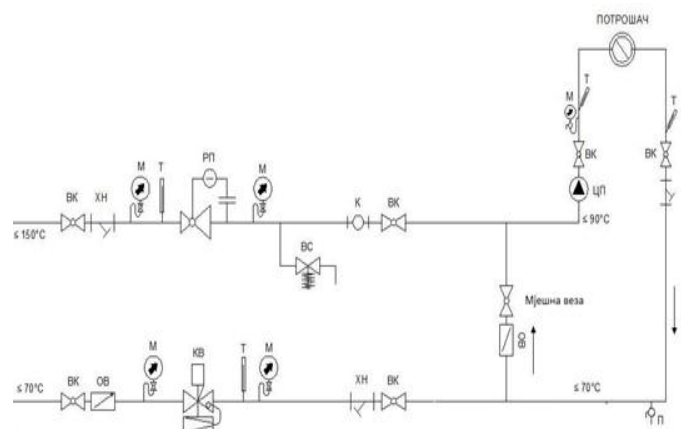
3. ТИПОВИ ТОПЛОТНИХ ПОДСТАНИЦА

Приликом пројектовања и одабира типа топлотне подстаннице мора се узети у обзир [4]:

1. Кота терена (рељеф) на којој се гради дистрибутивна мрежа;
2. Висине објеката;
3. Температурски режими рада, као и тип грејних тела (радијаторско, подно, ваздушно) који се користе.

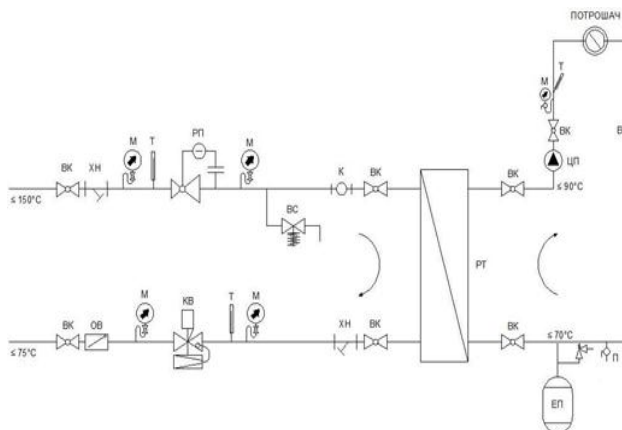
Подјела топлотних подстанница извршена је на основу начина предаје топлотне енергије кућној инсталацији, и то на:

- Топлотне подстаннице са директном размјеном топлоте:



Шема 1. Топлотна подстанница са директном размјеном топлоте

- Топлотне подстанции са индиректном размјеном топлоте:



Шема 2. Топлотна подстанција са индиректном размјеном топлоте

4. ЕЛЕМЕНТИ ТОПЛОТНЕ ПОДСТАНИЦЕ

Без обзира о ком типу се говори (Шема 1. и Шема 2.), свака топлотна подстанција задржи следеће елементе:

- **Запорна арматура**

Основна намена је затварање цијеле подстанции или одвајање појединих делова топлотне подстанции при извођењу радова на замени делова или у случају хаварије. На Шемама 1. и 2. кориштени су кугласти вентили (ВК).

- **Хватач нечистоћа**

Хватачи нечистоће (ХН) служе за уклањање нечистоће у радном флуиду. Монтирају се тако да заштите осетљиву опрему попут мерних инструмената, регулатора притиска и протока и регулационих вентила.

- **Инструменти за мерење температуре и притиска**

Инструменти за мерење температуре и притиска се уграђују на местима на којим радник визуелном контролом вредности може да установи правилност рада топлотне подстанции.

- **Регулатор притиска**

Регулатор притиска (РП) одржава константан притисак у цевоводу иза себе. Уграђује се на улазу у ТП, у тзв. примарни круг. Ради без помоћне енергије, и притисак који треба да одржава задаје се преко опружног механизма.

- **Сигурносни вентил**

Сигурносни вентил (ВС) спада у цевоводну арматуру чији је задатак да обезбеди сигурност инсталација, постројења, или уређаја на који су прикључене. Његова улога је да не дозволи пораст притиска иза

регулатора притиска и подешава се на вредност 0,5 бага већу од притиска који одржава регулатор.

- **Мерач топлотне енергије (калориметар)**

Калориметар (К) је уређај којим се мери топлотна енергија, која се преда потрошачу. Уређај се састоји од два температурска сензора, мерача протока и јединице за израчунавање. Сензори су постављени у потисном и повратном воду, и мере температурску разлику. На основу производа температурске разлике, протока воде, топлотног коефицијента и интегралњем по времену добијамо бројчану вредност потрошње топлоте.

- **Комби вентил (регулатор протока)**

Како би се сваком потрошачу обезбедио пројектовани проток примарне воде, у поврату примарног круга ТП уграђује се регулатор протока. Када не би био уграђен регулатор протока потрошачи ближи топлани имали би проток већи од пројектованог.

На Шемама 1. и 2. уграђени су комби вентили (КВ), који представљају регулаторе протока са интегрисаним регулационим вентилом. Намењени су регулацији и ограничавању воде у системима даљинског грејања.

- **Циркулациона пумпа**

Циркулациона пумпа (ЦП) се уграђује у секундарни круг топлотне подстанции, чија је улога да додатим напором омогући пројектовани проток радног секундарног флуида. Напор који пумпа остварује једнак је са падом притиска који настаје циркулацијом радног флуида.

- **Аутоматизација и контрола**

Уређаји и прибори за аутоматско управљање и контролу морају осигурати рад ТП без сталног особља и обезбедити:

- Задате температуре воде у системима потрошача;
- Задате притиске у систему;
- Задате протоке у систему;
- Заштиту система потрошача од повишења притиска или температуре воде у цевоводима тих система;
- Укључење резервне пумпе при испаду радне пумпе.

Микропроцесорски регулатор (контролер) поседује два комуникациона прикључка: један за комуникацију са надређеним центром смештеним у дистрибутивном центру топлане и други који служи за комуникацију са рачунарском јединицом уграђеног мерача топлотне енергије. Контролер уграђен у ТП омогућава реализацију следећих регулационих кругова: круг Р1 за регулисање

температуре воде у секундарном делу и P2 за регулисање протока воде у примарном делу [3].

5. ПРОРАЧУН ТОПЛОТНЕ ПОДСТАНИЦЕ СА ИНДИРЕКТНОМ РАЗМЈЕНОМ ТОПЛОТЕ

За **објекат НН** у Угљевику (Република Српска/Босна и Херцеговина), дати главни машински пројекат топлотне подстаннице са индиректном размјеном топлоте. Примарни грејни флуид је врела вода 130/75°C, а секундарни вода режима 90/70°C. Припрема вреле воде (примарног грејног флуида) врши се у размењивачу („бојлеру“) у термоелектрани (удаљена 2км од насеља Угљевик), где пара одузета са турбине загријава воду за топлификацију насеља. Топлотно оптерећење објекта је 150KW.

- Размењивач топлоте

Потребан минималан капацитет размењивача рачуна се према:

$$Q_{\text{раз}} = (Q_{\text{инс}} + Q_{\text{рез}}) \cdot (1 + \alpha) \quad (1)$$

$Q_{\text{инс}} = 150000W$ – Инсталирана топлотна снага грејних тела у објекту;

$Q_{\text{рез}} = 0W$ – Резервна топлотна снага (у овом случају није предвиђена);

$\alpha = 0,2$ – Додатак за топлотне губитке размењивача и задрљаност размењивача.

$$Q_{\text{раз}} = 180000W \quad (2)$$

Усваја се плочасти размењивач **тип J250-050** произвођача **EURO-HEAT Крагујевац**.

- Димензионисање цевовода примарног круга ТП

Развод примарног круга

$p_r = 12,1 \text{ bar}$ – Притисак воде на улазу у примарни круг

$t_r = 130 \text{ }^\circ\text{C}$ – Температура воде у разводу примарног круга

$\rho_r = 935 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ – Густина воде у разводу примарног круга

$c_{pr} = 4,27 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$ – Специфична топлота воде у разводу примарног круга

Повратни вод примарног круга

$p_p = 5,7 \text{ bar}$ – Притисак воде на излазу из примарног круга

$t_p = 75 \text{ }^\circ\text{C}$ – Температура воде у повратном воду примарног круга

$\rho_p = 975 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ – Густина воде у повратном воду примарног круга

$c_{pp} = 4,194 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$ – Специфична топлота воде у повратном воду примарног круга

$\Delta t = t_r - t_p = 130 - 75 = 55 \text{ }^\circ\text{C}$ – Средња температура воде примарног круга

$\rho_{\Delta t} = 955 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ – Средња густина воде примарног круга

$c_{p\Delta t} = 4,232 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$ – Средња специфична топлота воде примарног круга

Масени проток вреле воде кроз примарни круг, добија се према:

$$m_{vp} = \frac{Q_{\text{раз}}}{1000 \cdot \Delta t \cdot c_{p\Delta t}} \quad (3)$$

$$m_{vp} = 0,77 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \quad (4)$$

На основу масеног протока, препорученог пада притиска по метру, средње густине воде примарног круга, као и без димензионог коефицијента за мало кородирале цеви и воду добија се унутрашњи пречник цеви:

$$d_u \approx 42\text{mm} \quad (5)$$

Усваја се цев примарног круга **DN40(ø48,3x2,9)**.

- Димензионисање цевовода секундарног круга ТП

Развод секундарног круга

$t_{sr} = 90 \text{ }^\circ\text{C}$ – Температура воде у разводу секундарног круга

$\rho_{sr} = 965 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ – Густина воде у разводу секундарног круга

$c_{psr} = 4,208 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$ – Специфична топлота воде у разводу секундарног круга

Повратни вод секундарног круга

$t_{sp} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$ – Температура воде у повратном воду секундарног круга

$\rho_{sp} = 978 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ – Густина воде у повратном воду секундарног круга

$c_{p\Delta t} = 4,191 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$ – Специфична топлота воде у повратном воду секундарног круга

$\Delta t = t_{sr} - t_{sp} = 90 - 70 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ – Средња температура воде секундарног круга

$\rho_{\Delta t} = 971,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ – Средња густина воде секундарног круга

$c_{p\Delta t} = 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$ – Средња специфична топлота воде секундарног круга

Масени проток вреле воде кроз секундарни круг, добија се према:

$$m_{vs} = \frac{Q_{raz}}{1000 \cdot \Delta t \cdot c_{ps} \Delta t} \quad (6)$$

$$m_{vs} = 2,14 \frac{kg}{s} \quad (7)$$

На основу масеног протока, препорученог пада притиска по метру, средње густине воде секундарног круга, као и без димензионог коефицијента за мало кородирале цеви и воду добија се унутрашњи пречник цеви:

$$d_u \approx 62mm \quad (8)$$

Усваја се цев секундарног круга **DN65(ø70x2,9)**.

5.1. Усвојени елементи топлотне подстанице

На основу прорачунатог параметра протока (K_{vs}) и протока примарне воде кроз регулатор (V_r) усваја се регулатор притиска **DANFOSS** тип **AVD 40/16 3-12**.

Прорачунатим параметром протока (K_{vs}) и протоком примарне воде кроз комби вентил (V_{kv}) усваја се комби вентил **DANFOSS** тип **AVQM 40/20**. Усваја се и електромоторни погон (за комби вентил) **AME23/15/24V**, са сигурносном функцијом – при нестанку напајања затвара се вентил.

На основу минималне површине попречног пресека и минималног пречника вентила, усваја се вентил сигурности произвођача **LESER** тип **API 526** величине вентила **M**.

На основу прорачунатог протока кроз калориметар и температуре до $130^{\circ}C$, као и хоризонталног начина уградње и називног притиска PN16 усваја се калориметар марке **DANFOSS** тип **SONOMETER 1100**.

На основу прорачунатог протока и потребног напора усваја се пумпа у секундарном кругу **GRUNDFOS** серије **200 - UPS 32-120 F 220**.

Прорачунатом минималном запремином експанзионог суда усваја се отворена експанзиона посуда **EP 100** произвођача **MIP procesna oprema – Ћуприја**.

6. ЗАКЉУЧАК

У раду су изнете теоријске основе из области система даљинског грејања, са детаљним освртом и описом топлотне подстанице као једним од чиниоца инфраструктуре система даљинског грејања.

Такође, осим теоријских основа, извршено је пројектовање топлотне подстанице са индиректном размјеном топлоте за НН објекат. Примарни флуид у топлотној подстаници је врела вода $130/75^{\circ}C$, док се загревање објекта врши водом $90/70^{\circ}C$ и то радијаторским системом грејања. Сама топлотна подстанница је потпуно аутоматизована, чији је задатак да регулише пројектовану температуру у самом објекту. Сам оператер (у термоелектрани) повезан је са топлотном подстаницом, чиме је омогућен преглед параметара система и обезбеђен је даљински пренос података. Такође, оператер система централног надзора има увид у стања свих електричних погона, као и могућност њиховим управљањима (укључења, искључења, отварања и затварања вентила).

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Соколов, Ј.Ј.: Топлификација и топлотне мреже, ИРО "Грађевинска књига", Београд, 1985.
- [2] Ћирић, С.: Котларнице, топлотне мреже и топлопредајне станице, SMEITS, Beograd, 2012.
- [3] Тодоровић, Б.: Пројектовање постројења за централно грејање, Универзитет у Београду – Машински факултет, Београд, 2009.
- [4] Петровић, Ј., Гвозденац, Д., Бјелаковић, Р., Марић, М., Гвозденац Урошевић, Б., Ђаковић, Д., Ташин, С., Кљајић, М., Анђелковић, А.: Стратегија развоја ЈКП „Новосадска топлана“ до 2021. са визијом могућих праваца развоја до 2032. године, Нови Сад, 2012.

Кратка биографија:



Јовиша Марић рођен је у Бијељини 1992. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Машинства – Термотехника одбранио је 2016. године.



Александар Анђелковић рођен је у Шапцу 1981. Докторирао на Факултету техничких наука 2015. год., а од 2015. је у звању доцент. Област интересовања су неконвенционални системи грејања и хлађења.

TRENDOVI RAZVOJA POSTUPAKA ZA BIROTEHNIČKU ŠTAMPU**TRENDS OF DEVELOPMENTS OF PROCEDURES FOR OFFICE PRINTING**Dragan Jevtić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***OBLAST - ELEKTROTEHNIKA**

Kratak sadržaj – Analiza osobina štampača sa aspekta kvaliteta, troškova, održavanja i cene otisaka.

Abstract - Analysis of printers in terms of quality, cost, maintenance and cost of imprints.

Ključne reči – Štampači, principi rada, tehnologije štampanja, osobine, uporedne karakteristike.

1. UVOD

Predmet ovog rada jeste analiza i opis trenda razvoja birotehničke štampe. Analiza je izvršena na četiri vrste štampača, a to su: inkjet štampači, laserski monohromatski, laserski kolorni i laserski MFP (multifunkcijski) štampači.

Rad se sastoji iz sledećih poglavlja:

U poglavlju 2. opisan je kratak istorijat i začeci štampača.

U poglavlju 3. prikazane su vrste štampača i predstavljeni su načini njihovog rada.

U poglavlju 4. opisane su vrste potrošnog materijala, mastilo i toner prah.

U poglavlju 5. opisane su glavne i sporedne karakteristike štampača koji su bili predmet analize.

U poglavlju 6. je data analiza i komparacija glavnih karakteristika štampača u obliku tabela i dijagrama.

2. KRATAK ISTORIJSKI

Johan Gutenberg je 1439. god. izumeo štamparsku presu. Drvena presa je bila jako spora i bila je potrebna ljudska snaga da bi mogla da štampa. Iz tih razloga se koristila za štampanje samo važnih knjiga.

Godine 1937. student prava Čester Karlson (Chester Carlson [2]) izumeo je proces takozvanog "suvog pisanja" (dry writing) nazvan kserografija (xerography) što će predstavljati kamen temeljac, ne samo za razvoj budućih štampača, već i za širenje kompanije Xerox na tom polju. Prvi štampač je razvijen 1953. godine za upotrebu na UNIVAK (UNIVAC [3]) računaru.

3. VRSTE ŠTAMPAČA (podela, principi rada)

U zavisnosti od tehnologije i načina rada, štampači se mogu podeliti na:

- Laserske
- Inkjet
- Matrične (DOT-MATRIX)
- LED štampače

Štampače sa direktnim zagrevanjem

NAPOMENA:

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

LASERSKI ŠTAMPAČI

Laserski štampači rade po principu elektrostatičkog naelektrisanja. Naziv „laserski“ dobio je po tome što se laser koristi da naelektriše visoko fotoprovodljivi materijal kojim je presvučen aluminijumski valjak, tj. OPC bubanj (eng. Organic Photo Conductor). PCR (engl. Primary Charge Roller), poznat i kao korona, negativno naelektriše OPC po celoj površini.

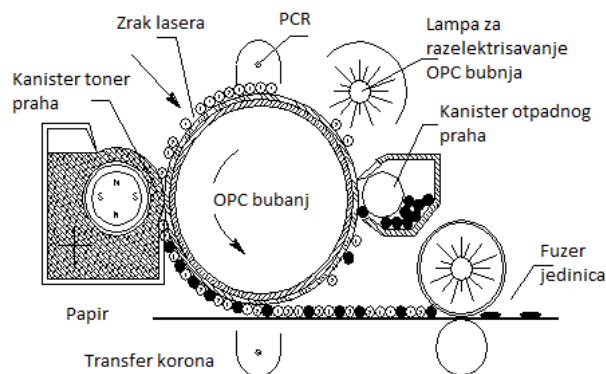
Laser smanjuje intenzitet tog naelektrisanja kako bi se toner prah, preko developera, „zalepio“ na OPC. Papir prvo prelazi preko korone visokog napona, smeštena unutar štampača, koja ga naelektriše pozitivno što prouzrokuje da privuče toner prah sa OPC na papir.

U daljem procesu, papir sa tako razvijenom slikom, prolazi kroz „fuzer“ (engl. fuser) jedinicu koja trajno zapeče toner prah pri temperaturama od 180°C do 220°C. Zaostali prah se skida sa OPC-a kao i preostalo naelektrisanje.

Na slici 1. je grubo prikazan proces laserske štampe.

4. MASTILA I TONER PRAH

Mastilo je tečnost ili pasta, sadrži pigmente ili boju, koristi se za farbanje površine kako bi se dobila slika, tekst ili dizajn. Gušće mastilo se koristi kod štamparskih mašina i u litografiji.



Slika 1. Proces laserske štampe [5]

Komponente mastila variraju, ali u većini slučajeva obuhvataju kolorante i veziva. Dele se u četiri klase: razvodnjene, tečne, paste i praškove.

Pigmenti su čvrste, neprozirne čestice koje daju kolorit mastilu.

Molekuli pigmenta tipično su kristalne strukture, veličine od 1 do 2µm i čine od 5 do 30% zapremine mastila. Kvaliteti kao što su nijansa, svetlina menjaju se u zavisnosti od izvora i tipa pigmenta.

Mastila na bazi farbe su generalno jača u odnosu na pigmentna mastila i mogu dati mnogo više boje date gustine po jedinici mase. Kako je farba rastvorljiva,

mastilo je manje efikasno, jer je papir upija što uzrokuje da slika ili tekst na ivicama ne budu oštra.

Da bi se otklonio ovaj problem, ovoj vrsti mastila se dodaje rastvor koji ga brzo suši ili se koriste druge metode kao što je sušenje toplim vazduhom.

Dodatna prednost mastila na bazi farbe jeste to da njeni molekuli mogu uzajamno delovati sa ostalim sastojcima kao što su izbeljivači i pojačavači boje, dizajnirani da poboljšaju intenzitet boje i izgled farbe.

Najnoviji razvoj farbi, tzv. „gel” farbe, jeste taj da farbe reaguju sa celulozom da bi trajno obojile papir.

Na takva mastila ne utiče voda, alkohol i drugi rastvarči.

Preporuka je da se ova mastila koriste za zaštitu od falsifikovanja i otklanjanja potpisa.

Pogrešno je shvatanje da mastilo nije toksično čak i kad se proguta. Iako mastila ne prouzrokuju smrt, nepravilna upotreba može dovesti do ozbiljnih glavobolja, iritacija kože ili do oštećenja nervnog sistema. Do ovoga mogu dovesti rastvarači ili pigmentni sastojci.

Tri glavna ekološka pitanja vezana za mastila su:

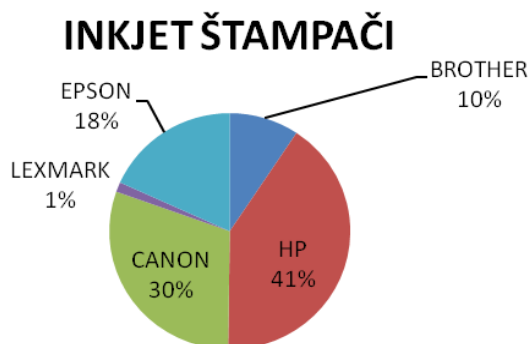
- teški metali,
- neobnovljiva nafta,
- isparljiva organska jedinjenja.

Neka regulativna tela su postavila standarde za količinu teških metala u mastilu. Težnja ka upotrebi biljnih ulja umesto petroleja je odgovor ka ekološkoj stabilnosti.

5. KARAKTERISTIKE ŠTAMPAČA

Kako odabrati pravi štampač? Sa tim pitanjem se susreće svaki kupac bilo to za potrebe kod kuće ili potrebe firme.

Na tržištu Srbije mogu se naći raznovrsni modeli štampača, jedino što nije raznovrsno jesu proizvođači. Pregled njihove zastupljenosti dat je na slici 2.



Slika 2. Zastupljenosti proizvođača štampača na tržištu Srbije

Karakteristike štampača, njegova cena kao i cena otiska predstavljaju bitne faktore prilikom kupovine za kancelarijsku upotrebu. Prikazani su na slikama 3. i 4.

Što se tiče kućne upotrebe priča je malo drugačija. Naime, za kućnu upotrebu najvažnija stavka jeste naravno cena dok su brzina štampe i broj odštampanih stranica u drugom planu.

Uzimajući samo par prodavnica u razmatranje može se videti razlika ili preovladavanje štampača određenih proizvođača.

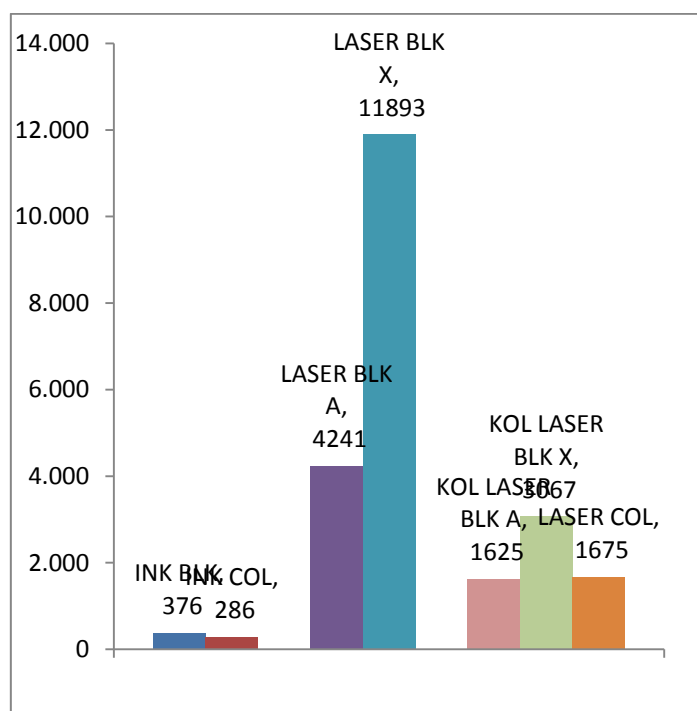
6. ANALIZA GLAVNIH KARAKTERISTIKA

U tabeli 5 prikazane su cene i broj otisaka crnog i kolornog kertridža za inkjet štampače.

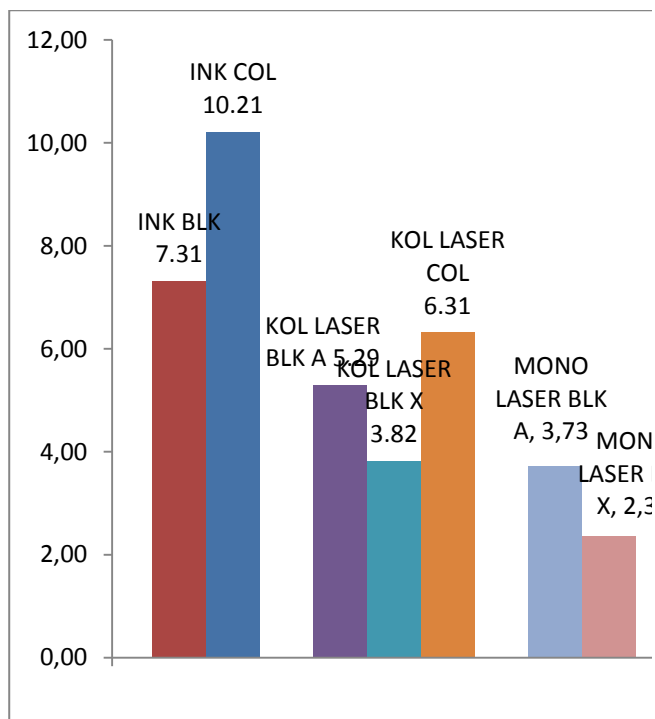
Iz tabele se može videti da je broj otisaka koje daju inkjet kertridži u proseku 376 stranica za crni i 286 stranica za kolorni kertridž.

Tabela 5. Cene i broj otisaka

MODEL	CENA BLK	CENA COL	BROJ OTIS. BLK	BROJ OTIS. COL
CANON PIXMA IP 2850	2,490.00	1,666.00	180	180
HP DJ 1015	1,990.00	1,690.00	360	200
CANON MG 2450	2,490.00	1,666.00	180	180
HP DJ 1510	1,989.00	2,690.00	190	165
HP DJ 1515	1,990.00	1,690.00	360	200
HP DJ 3525	1,690.00	5,070.00	500	600
CANON PIXMA IP7250	1,790.00	5,772.00	400	332
PROSEK	2,275.10	2,837.60	376	286



Slika 3. Prosečan kapacitet tonera



Slika 4. Prosečna cena otiska

7. RAZVOJ KA BUDUĆNOSTI...

TONER PRAH OD ZRNA KAFE

Štampač firme RITI koristi soc kafe kao mastilo i predstavlja ideju nove generacije ekoloških štampača. Prikazan je na slici 5.



Slika 5. RITI „Kafa” štampač [16]

„Kafa” štampač je zamisao rastućeg pravca ka ekološkim električnim uređajima koji ne koriste toksična jedinjenja već jedinjenja koja se mogu reciklirati. Neki od ovih patenata koriste „bio-plastiku” (bio razgradivu plastiku). Na konferenciji „Griner Gedžeta” (Greener Gadgets) „Kafa” štampač je predstavljen 2009. god.

8. ZAKLJUČAK

Posmatrajući tehnološki aspekt, brzina štampača se neće znatno povećati u odnosu na sadašnje sem ako se ne patentira nova tehnologija štampanja. Uvođenjem drugih vrsta materijala za delove konstrukcija i mehanizama (plastični zupčanici, silikonski valjci, fuzer folije itd.) štampača bi doveli do dugotrajnije upotrebe, tj. povećanja mesečnog obima štampanja.

Sadašnji potrošni materijali (mastilo i toner prah) imaju oko 86% iskoristivosti.

Promenom hemijskog sastava, tehnologije proizvodnje i upotreba obnovljivih ekoloških resursa za proizvodnju mastila i toner praha postojala bi mogućnost da mastilo i toner prah imaju veću iskoristivost.

9. LITERATURA

- [1] <https://prezi.com/lwwujm7r4evx/printer-timeline/> (pristupljeno u avgustu 2016.)
- [2] <https://raf.edu.rs/citaliste/hardver/3643-istorijat-razvoja-printera-stampaca-i-skenera> (pristupljeno u avgustu 2016.)
- [3] <http://inventors.about.com/od/xyzstartinventions/a/xerox.htm> (pristupljeno u avgustu 2016.)
- [4] <http://inventors.about.com/od/uvstartinventions/a/UNIVAC.htm> (pristupljeno u avgustu 2016.)
- [5] <http://mimech.com/printers/laser-printer-technology.asp> (pristupljeno u avgustu 2016.)

Kratka biografija:

Dragan Jevtić rođen je u Novom Sadu 1983. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnika – Osnovi telekomunikacija, odbranio je 2016.god.



RAZVOJ WEB APLIKACIJE ZA ELEKTRONSKU TRGOVINU UPOTREBOM
ANGULARJS OKRUŽENJA

DEVELOPING E-BUSINESS APPLICATIONS USING ANGULARJS FRAMEWORK

Igor Kalenić, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Analiza karakteristika AngularJS okruženja za razvoj web-baziranih klijentskih aplikacija sa bogatim korisničkim interfejsom. Specifikacija i implementacija sistema za elektronsku trgovinu na osnovu analize. Analiza karakteristika dobijenog rešenja i prikazivanje zaključaka.

Abstract – Analysis of AngularJS framework characteristics for developing web-based client applications with rich user interface. Specification and implementation of e-business system based on analysis. Characteristics analysis of given implementation and presentation of the conclusions.

Ključne reči: AngularJS, WEB, SPA

1. UVOD – ELEKTRONSKA TRGOVINA

Online shopping je proces kojim potrošači direktno kupuju robu ili usluge od prodavca u realnom vremenu, bez posrednika servisa, preko Interneta. To je oblik elektronske trgovine.

Kreditne kartice predstavljaju sredstvo koje omogućava baratanje "virtualnim" novcem i čini online kupovinu jednostavnijom.

Elektronska trgovina, odnosno e-trgovina (e-commerce), je trgovanje proizvodima ili uslugama koje koristi računarske mreže, kao što je internet.

Online kupci obično koriste kreditnu karticu ili PayPal račun kako bi plaćali.

Kada je određeni proizvod pronađen na web aplikaciji prodavca, većina online prodavnica koristi shopping cart softver kako bi se omogućilo potrošaču da akumuliraju više stavki i da prilagode količine, isto kao i fizički punjenje pravih kolica ili korpe u redovnoj prodavnici. Nakon toga ide checkout proces u kom se prikupljaju informacije za plaćanje i isporuku.

Kolica za kupovinu odnosno shopping cart u softverskoj terminologiji predstavlja deo softvera koji posetiocima online shop aplikacije omogućava selektovanje proizvoda ili usluga u svrhu eventualne kupovine. Shopping cart obično obezbeđuje sredstva za prikupljanje informacija o uplati klijenta, a u slučaju kreditnih kartica oslanja se na softverski modul sigurnog gateway provajdera u sprezi sa sigurnim payment gateway sistemom u svrhu sprovođenja sigurne online transakcije. Internet payment gateway je softversko rešenje POS terminala iz običnih fizičkih prodavnica i omogućava autorizaciju plaćanja karticom i prebacivanje sredstava na račun prodavca.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Branko Milosavljević, red.prof.

2. ANGULARJS, STRIPE, OAUTH i BOOTSTRAP

Predmet ovog rada između ostalog predstavlja i implementacija web aplikacije za elektronsku trgovinu rađene u AngularJS[1] okruženju. AngularJS obezbeđuje kompletnu strukturu aplikacije: od projektovanja korisničkog interfejsa, kroz pisanje poslovne logike, do testiranja. Angular sprovodi MVC (model-view-controller) obrazac u MVW (model-view-whatever) maniru da bi razdvojio prezentacije, podatke i logičke komponente. Koristeći „dependency injection“[2], Angular donosi servise sa serverske strane, kao što su view-dependent kontroleri, na klijentsku stranu web aplikacija. Shodno tome, veliki deo tereta sa servera se može smanjiti. Angular prilagođava i proširuje tradicionalni HTML da bi predstavio dinamički sadržaj kroz dvostrano vezivanje podataka koje omogućava automatsku sinhronizaciju modela i pogleda.

AngularJS je najpogodniji za razvoj CRUD (create, read, update, delete) aplikacija, u čemu glavnu ulogu imaju koncepti Angulara kao što su *Two-way-Data-binding*, *Dependency injection*, *Scope*, *Controllers*, *Directives*, *Templates*, *Routing*, *Deep linking*.

Ova aplikacija za elektronsku trgovinu implementira Stripe[3]. Stripe je sistem za procesiranje plaćanja kao što je PayPal i slični sistemi. Na aplikaciji koja se bavi elektronskom trgovinom, informacije o plaćanju i o naručivanju jednog klijenta se prosleđuju zajedno u payment gateway (ekvivalent fizičkog terminala za naplatu) kao što je Authorize.net. On je posrednik između kompanija koje izdaju kreditne kartice i trgovinskog žiro računa. Stripe deluje i kao payment gateway i kao trgovinski račun. Stripe koristi AJAX za prenos podataka kreditne kartice na svoj sistem. Kroz ovaj pristup, podaci kreditne kartice klijenta nikad ne dolaze do serverske strane web aplikacije.

Za komunikaciju sa Stripe servisom korišćen je OAuth[4]. OAuth je otvoreni standard za autorizaciju, obično se koristi kao način za Internet korisnike da autorizuju sajtove ili aplikacije radi pristupa njihovim informacijama na drugim sajtovima, bez davanja lozinke.

Izgledu aplikacije doprinelo je korišćenje Bootstrap[5] biblioteke. Bootstrap obezbeđuje skup stilova koji pružaju osnovne definicije stila za sve ključne HTML komponente. Oni daju uniforman, moderan izgled za formatiranje teksta, tabela i elemenata forme.

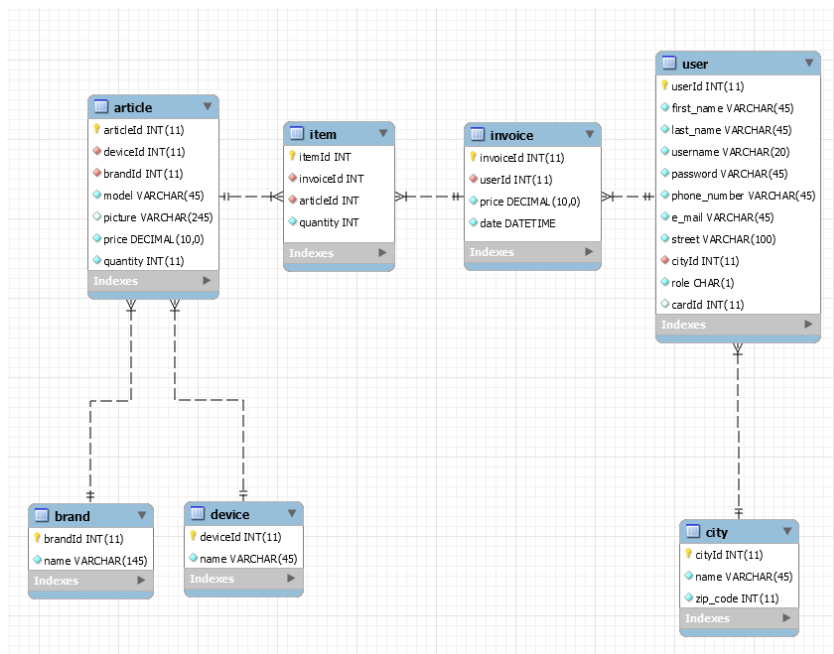
3. SPECIFIKACIJA APLIKACIJE

Web shop aplikacija treba da predstavi online prodavnicu računarskih komponenti. Aplikacija omogućava tri nivoa pristupa: gost, korisnik i administrator. Gost ima mogućnost pregleda artikala odnosno proizvoda koji su u

ponudi i mogućnost prijave odnosno registrovanja na sistem. Kada se gost prijavi na sistem tada postaje korisnik i pored pregleda ima i mogućnost kupovine. Administrator ima najveća prava koja uključuju pregled, pretragu, kreiranje, ažuriranje i brisanje sledećih podataka: korisnici, proizvodi, uređaji, proizvođači. Administrator takođe ima i opciju pregleda računa, jedina

funkcionalnost koja nije dostupna za administratora je kupovina.

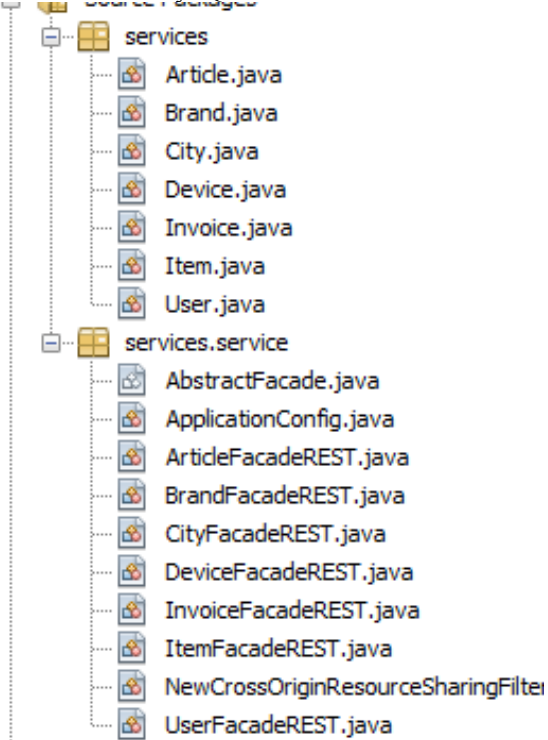
Akcije koje mogu da se izvršavaju u aplikaciji na različitim nivoima pristupa su predstavljene use-case dijagramima i dijagramom toka aktivnosti koji su napravljeni korišćenjem UML notacije, dok je model podataka predstavljen EER dijagramom na slici 1.



Slika 1. EER dijagram baze podataka

4. SERVERSKI DEO APLIKACIJE

Back end aplikacije odnosno serverski deo je urađen u Java tehnologiji generisanjem RESTful servisa i entity klasa u NetBeans razvojnom okruženju na osnovu baze podataka urađene u MySQL-u.



Slika 2. Struktura fajl sistema back end-a

Taj serverski deo se izvršava na Glassfish serveru. Na osnovu modela baze podataka i Jersey RESTful Web Services okruženja generisani su RESTful servisi. RESTful servisi sadrže osnovne metode za rad sa podacima u bazi: Post, Put, Get i Delete. Na slici 2. prikazana je fajl struktura serverskog dela aplikacije.

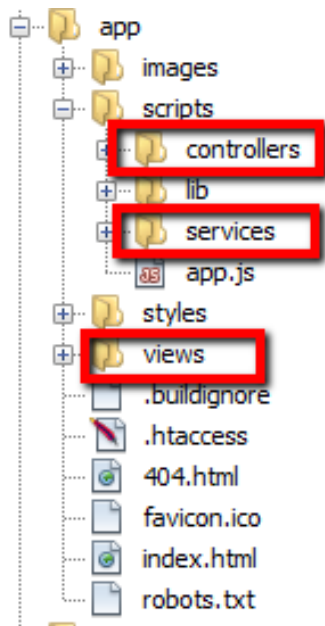
5. KLJENTSKI DEO APLIKACIJE

Klijentski deo aplikacije je javascript aplikacija radjena u AngularJS okruženju i koristi se putem web pretraživača. Kroz view šablone odnosno HTML dokumenta su definisane strukture stranica dok su javascript fajlovima definisana ponašanja aplikacije. Struktura fajl sistema klijentskog dela je prikazana na slici 3.

U kontrolerima se nalaze metode za dobavljanje i pripremanje podataka koje šaljemo na view za prikaz kao i komande-kontrole za kreiranje odnosno ažuriranje podataka.

Servisi obezbeđuju komunikaciju sa modelom odnosno RESTful servisima. U servisima se nalaze *factory* metode koje se pozivaju iz kontrolera. Ove metode služe za komunikaciju sa RESTful servisima i pozivanje osnovnih metoda za rad sa podacima u bazi.

View šabloni predstavljaju prezentacionu komponentu aplikacije. Sve što se prikazuje na klijentskoj strani je predstavljeno html stranicama koje sadrže između ostalog i neke Angular direktive.



Slika 3. Struktura fajl sistema front end-a

4. LITERATURA

- [1] AngularJS: <https://en.wikipedia.org/wiki/AngularJS>, <https://angularjs.org/>.
- [2] Dependency Injection - https://en.wikipedia.org/wiki/Dependency_injection
- [3] Stripe - <https://stripe.com/>
- [4] OAuth: <https://en.wikipedia.org/wiki/OAuth>, <https://oauth.net/2/>
- [5] Bootstrap: <http://getbootstrap.com/>

Kratka biografija:



Igor Kalenić rođen je u Novom Sadu 1981. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarske nauke i informatika odbranio je 2017.god.

Funkcionalnosti koje ova korisnička web aplikacija podržava su:

Administratorski deo

- Pregled podataka
- Unos podataka
- Ažuriranje (izmena) podataka
- Brisanje podatka
- Pretraga podataka

Korisnički deo

- Ubacivanje proizvoda u korpu
- Ažuriranje korpe i Checkout (Plaćanje)

Zajednički deo

- Prijava na sistem

Deo za gosta

- Registracija

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu je implementirana aplikacija koja demonstrira osnovne funkcionalnosti modernog web shopa. Sam front-end aplikacije je baziran na AngularJS okruženju dok je backend napisan u programskom jeziku Java oslanjajući se na Jersey okruženje čija je uloga da obrađuje REST pozive. Samo elektronsko plaćanje je demonstrirano upotrebom Stripe payment servisa.

**РАЗВОЈ НАМЕНСКОГ ЈЕЗИКА И СОФТВЕРСКОГ АЛАТА ЗА ТРАНСФОРМАЦИЈУ
ER МОДЕЛА У XML МОДЕЛ ПОДАТАКА****DEVELOPMENT OF A DOMAIN SPECIFIC LANGUAGE AND SOFTWARE TOOL
FOR TRANSFORMATION OF ER DATA MODEL INTO XML DATA MODEL**

Милица Познановић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

Кратак садржај – У овом раду описан је развијени софтверски алат који омогућава трансформацију ER модела у XML модел података. Такође, описан је развијени наменски језик, XML шема генератор, као и скуп трансформација модел-у-модел, које представљају део развијеног алата.

Кључне речи: Наменски језици, моделом вођен развој софтвера, генератор.

Abstract – In this work we present a software tool for transformation of ER data model into XML data model. Also, we present a developed domain specific language, XML Schema generator and a set of model-to-model transformations, as a part of developed software tool.

Key words: Domain specific languages, model driven software development, generator.

1. УВОД

Сведоци смо све већег технолошког напретка, утицаја савремених технологија, како у пословном свету, тако и у осталим аспектима живота. Људи и пословне организације све више зависе од технологија и интернета, што доводи до пораста количине дигиталних података, чија величина се мери у терабајтима.

Информација и знање, данас представљају виталне економске ресурсе, стога све компаније које озбиљно желе да се баве неком делатношћу, морају да имају интегрисан скуп компоненти као што је Информациони систем, развијен са циљем пружања информација неопходних за функционисање и управљање системом. Последично, као резултат добијамо огромне количине података. Пословне организације од података очекују да пруже квалитетне информације, како би биле у предности у односу на конкуренцију. Податке је потребно ефикасно складиштити и имати ефикасан приступ њима. Међутим, подаци су често лоше организовани и недовољно искоришћени.

У подацима постоје скривене информације које нису директно видљиве. Подаци се разликују по својој структурираности, и у зависности од тога могу бити структурирани, полуструктурирани и неструктурирани.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор рада је била др Јована Видаковић, доцент.

За ефикасно складиштење и управљање подацима најчешће се користе релационе базе података, међутим релационе базе нису погодне за све врсте података. Код структурираних података постоји шема која дефинише формат података, који сви подаци стриктно морају задовољавати. Подаци у релационој бази представљају структуриране податке, јер све торке имају исти формат. Уколико не постоји шема која дефинише формат података, или постоји шема за дефинисање формата података, али су подаци недовољно детаљни са становишта семантике, у питању су неструктурирани подаци. Текстуални и мултимедијални документи представљају пример неструктурираних података са становишта система за њихово складиштење.

Такође, HTML (енг. *HyperText Markup Language*) документи су пример неструктурираних података, јер тагови одређују формирање, али не и њихово значење. Полуструктурирани подаци имају дефинисану структуру, али постоје и одступања. Атрибути могу да постоје у свим ентитетима или само у неким. Могуће је дефинисати шему која специфицира могуће елементе који учествују у структури. Најбољи начин за представљање полуструктурираних података јесте XML (енг. *eXtensible Markup Language*). XML због свог формата, омогућава размену података и између некомпатибилних система, тј. независан је од коришћених хардверских и софтверских платформи. XML је постао употребљив у разним областима информационог технолошког, након чега се дошло до закључка да XML није само погодан за размену података преко интернета, већ да се може користити и у базама података.

Главни циљ овог рада јесте пројектовање и имплементација софтверског алата, који врши трансформацију ER (енг. *Entity-relationship*) модела у XML модел података, као и генерисање XML Schema докумената. Да би овај циљ био остварен имплементиран је језик за опис XML модела података. Применом скупа трансформација модел-у-модел (M2M), врши се трансформација ER модела у XML модел података. На основу XML модела података врши се генерисање XML Schema докумената, као и скрипти за креирање колекција у XML базама.

Осим увода и закључка, овај рад има четири поглавља. У поглављу 2 дат је опис коришћених модела података, док је у поглављу 3 дат опис архитектуре система. Поглавље 4 садржи опис наменског језика

XMLDSL. У поглављу 5 описане су развијене трансформације *M2M*.

2. МОДЕЛИ ПОДАТАКА

У овом поглављу дат је опис коришћених модела података, *ER* и *XML* модела података.

2.1 ER МОДЕЛ ПОДАТАКА

ER модел [1, 2, 3] података је концептуални модел који реални свет посматра кроз ентитете и њихове односе. Ентитет је јединица посматрања, чинилац пословања из реалног система, који се може описати и о коме је потребно складиштити податке. Као и већина модела података, *ER* модел података има структуралну и интегритетну компоненту, док операцијска компонента за *ER* модел није важна, јер је то модел за који баш и не постоје системи за управљање базама података који га подржавају. *ER* модел обезбеђује платформски независно моделовање, које не укључује спецификације, детаље везане за начин имплементације решења за конкретне технологије, односно не укључује било какве детаље који се тичу конкретне имплементације.

Примитивни концепти структуралне компоненте *ER* модела су:

- вредност,
- домен и
- обележје.

Вредност је примитивни појам, било која константа из било ког скупа.

Под доменом се подразумева спецификација скупа могућих вредности обележја, са дефинисаним дозвољеним релацијама и операцијама над датим скупом.

Обележје или атрибут представља особину класе реалних ентитета. Под класом реалних ентитета се подразумева скуп сличних ентитета који поседују заједничко својство. Правило *ER* модела података исказује да се сваком обележју придружује тачно један домен.

Структурална компонента *ER* модела података садржи и изведене концепте као што су:

- податак,
- тип ентитета,
- појава типа ентитета,
- тип повезника и
- појава типа повезника.

2.2 XML МОДЕЛ ПОДАТАКА

XML [4, 5, 6] представља један од најбољих начина за приказ полуструктурираних података. За разлику од релационих модела података, не постоји јединствен *XML* модел података.

Ипак, сви *XML* модели података изведени су из основног модела.

Као и остали модели података, *XML* модел података има структуралну, операцијску и интегритетну компоненту. На нивоу типова, интензије, налази се *XML Schema* документ или *DTD* документ. Као централни концепт *XML* језика користи се *XML* документ, на коме се заснива структурална компонента *XML* модела података.

XML документ представља самоописујућу платформски независну текстуалну датотеку која се формира помоћу два основна концепта: елемента и атрибута.

Добро формиран *XML* документ почиње *XML* декларацијом, садржи један коренски елемент, сваки елемент мора имати отварајући и затварајући таг, док постојање шеме није неопходно. Непостојање шеме подразумева да не постоји предефинисани скуп елемената који се могу појавити у документу. Такође, аутору *XML* документа се дозвољава слобода у дефинисању елемената, док је аутоматска интерпретација значења података у документу онемогућена.

Осим што *XML* документ мора бити добро формиран, може бити и валидан. Валидан *XML* документ задовољава шему, односно, структура *XML* документа мора да прати спецификацију структуре дефинисане у посебном документу. Постоје два језика за спецификацију структуре *XML* документа: *DTD* и *XML* шема.

DTD описује формат *XML* документа, дефинише елементе и атрибуте, њихова имена и тагове, као и садржај елемената и атрибута.

XML Schema је један од језика за опис структуре *XML* документа, при чему поштује иста синтаксна правила као и *XML*, стога се може користити исти процесор елемената. Основни концепти *XML* шеме су елементи и атрибути. Додатни концепти које *XML* шема користи су кључеви, референце и идентификатори, који су преузети из релационог и објектног модела

3. АРХИТЕКТУРА АЛАТА

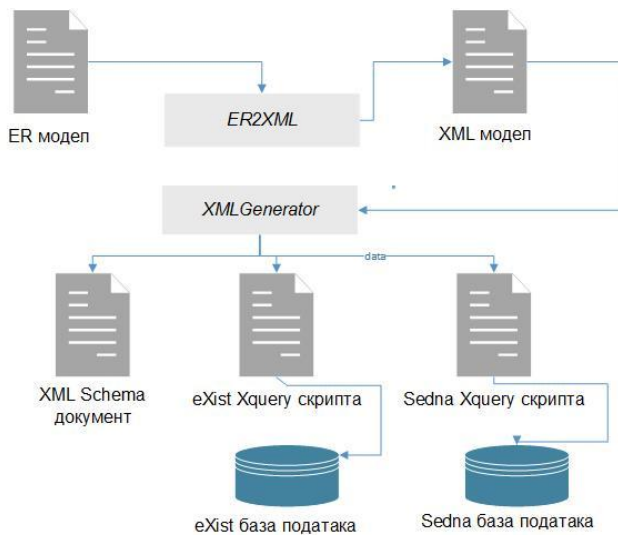
Поступак развоја наменског језика за трансформацију *ER* модела података у *XML* модел података започиње спецификацијом *ER* и *XML* мета-модела.

На основу добијених мета-модела може да се дефинише *M2M* трансформација *ER2XML*.

Трансформација се дефинише на нивоу мета-модела, за сваки концепт из *ER* мета-модела специфицира се његова трансформација у одговарајуће концепте *XML* мета-модела. Компонента *ER2XML* као улаз користи *ER* модел, док се на излазу добија *XML* модел података.

На основу добијеног модела и компоненте *XMLGenerator* врши се генерисање кода. Компонента *XMLGenerator* као улаз користи *XML* модел, док се на излазу добија *XML Schema* документ, као и две Xquery скрипте за креирање колекција у изворним *XML* базама *eXist* и *Sedna*.

На слици 3.1 приказана је архитектура развијеног софтверског алата.



Слика 3.1 Архитектура развијеног софтверског алата

4. ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА ЈЕЗИКА XMLDSL

Имплементација језика *XMLDSL* подразумева развој апстрактне и конкретне синтаксе језика. Апстрактна синтакса представља мета-модел језика, у којем су представљени концепти и везе између концепата. У наставку су дати неки од најважнијих концепата мета-модела језика *XMLDSL*, као и објашњење шта се тим концептима моделује:

- *Database* – коренски концепт,
- *XMLCollection* – концепт којим се моделује именована колекција у оквиру које могу да се нађу друге колекције или документа,
- *XMLDocument* – концепт који служи за моделовање XML докумената,
- *XMLSchema* – концепт који служи за моделовање XML Schema докумената,
- *RootElement* – концепт којим се моделује коренски елемент у оквиру XML документа
- *Attribute* – концепт којим се моделује *Attribute* елемент *XML Schema* језика,
- *SchemaElement* – концепт којим се моделује *SchemaElement* елемент *XML Schema* језика,
- *ComplexType* – концепт којим се моделује *ComplexType* елемент *XML Schema* језика,
- *GlobalElement* – концепт којим се моделује *GlobalElement* елемент *XML Schema* језика и који је поделелемент *Schema* елемента,
- *XMLSequence* – концепт који служи за моделовање *XMLSequence* елемента *XML Schema* језика,
- *Key* – концепт који моделује *Key* елемент *XML Schema* језика, ограничење кључа,
- *KeyRef* – концепт који моделује *KeyRef* елемент *XML Schema* језика, ограничење референцијалног интегритета и
- *Unique* – концепт који моделује *Unique* елемент *XML Schema* језика, ограничење јединствености.

Применом текстуалне синтаксе, пружа се могућност креирања концепата језика *XMLDSL* преко секвенце карактера. Сваки од концепата мета-модела конкретне синтаксе језика *XMLDSL*, визуелно је приказан преко свог назива који одговара називу који концепт има у

мета-моделу. Појединачни концепти задају се коришћењем знакова: “<” и “>”. Најпре се задаје назив коренског концепта *Database*, док се остали концепти задају у оквиру граница коренског концепта. Поједини концепти раздвојени су коришћењем симбола “;”, док се референце између повезаних концепата реализују задавањем имена концепта у оквиру повезаног типа.

```
AzabAkataDop <
xmlcollection <
Studenti <
document <
XMLSchema
< XSDStudenti
<?xml version="1.0" ?>
<xs:schema attributeFormDefault="qualified" elementFormDefault="unqualified"
xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <xs:element name="shoesize">
    <xs:complexType>
      <xs:attribute name="country" type="string" />
    </xs:complexType>
  </xs:element>
  <xs:attribute default="EN" name="lang" type="string"/>
  <xs:attribute name="code">
    <xs:simpleType>
      <xs:restriction base="xs:string">
        <xs:pattern value="A-Z"/>
      </xs:restriction>
    </xs:simpleType>
  </xs:attribute>
</xs:schema>
```

Слика 4.1. Пример конкретне синтаксе језика *XMLDSL*

На слици 4.1 приказан је део конкретне синтаксе језика *XMLDSL* на једном примеру. У примеру је најпре дефинисан коренски елемент, који је моделован помоћу *Database* концепта и којем је додељено име *AzabAkataDop*. Затим је у оквиру елемента *AzabAkataDop* моделован *XML Schema* документ са скупом атрибута.

Затим су моделовани елементи *element* и *attribute* са њиховим атрибутима. У оквиру *element* концепта моделован је *complexType* елемент, који као поделелемент садржи *attribute* елемент са њему својственим атрибутима. *Attribute* елемент са називом *code* као поделелемент садржи *simpleType* елемент, у оквиру кога се налази *restriction* елемент са *base* атрибутом. *SimpleType* елемент садржи *pattern* елемент са атрибутом *value*.

5. ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА ТРАНСФОРМАЦИЈА МОДЕЛ-У-МОДЕЛ

За превођење *ER* модела у *XML* модел података коришћене су *M2M* трансформације. Трансформација *er2xml* представља *M2M* трансформацију имплементирану путем *ATL* програмског језика. Као улаз трансформације, задаје се *ER* модел креиран у складу са спецификацијом њему одговарајућим мета-моделом, док се на излазу налази *XML* модел специфициран у складу са одговарајућим мета-моделом.

На левој половини слике 5.1 приказан је *ER* модел коришћен као улаз у трансформацију *er2xml*, док је на десној половини слике приказан резултат трансформације, *XML* модел.



Слика 5.1 Улаз у трансформацију *er2xml* и резултат трансформације

Након примене трансформације, могуће је изгенерисати *XML Schema* документ, као и скрипте за креирање именованих колекција у изворним *XML* базама. *Sedna* и *eXist*. Колекције представљају групе докумената груписане по неком својству. У наставку ће бити описан начин превођења одређених концепата *ER* модела података у концепте *XML* модела података.

ERModel концепт *ER* модела података пресликава се у *DataBase*, *XMLCollection*, *XMLSchema*, *Declaration* и *SchemaElement* концепте *XML* модела података. Такође, атрибут *name ERModel* концепта пресликава се у атрибут *name DataBase*, *XMLCollection*, *XMLSchema* и *GlobalElement* концепта. *SchemaElement* ће садржати један коренски елемент, *GlobaleElement*, који ће имати један поделелемент *ComplexType*. У оквиру *ComplexType* елемента налазиће се *Sequence* поделелемент, који ће садржати поделелементе типа *Element*. Сви регуларни типови ентитета пресликавају се у *LocalElement* концепте, који су поделелементи *Element* концепта. Скуп ограничења регуларног типа ентитета преводи се у скуп ограничења које је могуће дефинисати на нивоу *XML* модела података. Примарни кључ регуларног типа ентитета пресликава се у *Key* концепт, док се ограничење јединствености пресликава у *Unique* концепт. Обележја типова ентитета и повезника преводи се у *Attribute* концепте *XML* модела података. Ограничење референцијалног интегритета пресликава се у *KeyRef* концепт.

6. ЗАКЉУЧАК

У овом раду приказан је нови приступ у развоју софтвера заснован на моделима, који нуди висок ниво апстракције при решавању доменских проблема. Пројектантима софтверских решења се на тај начин пружа бољи увид у сагледавању чинилаца система, што резултује формалном спецификацијом модела. Коришћењем *M2M* или модел-у-текст (*M2T*)

трансформација омогућава се још формалније специфицирање решења, све до корака у развоју када се врши генерисање кода за циљну платформу на основу формалне спецификације модела.

Овај рад садржи опис софтверског алата за трансформацију *ER* модела у *XML* модел података. Развијен је наменски језик *XMLDSL*, који поред апстрактне синтаксе, мета-модела, садржи и конкретну синтаксу *XML* модела података. На основну *ER* и *XML* мета-модела, дефинисана је *M2M* трансформација *er2xml*, која пресликава концепте *ER* мета-модела у одговарајуће концепте *XML* мета-модела. Као улаз трансформације, задаје се *ER* модел креиран у складу са спецификацијом њему одговарајућим мета-модела, док се на излазу налази *XML* модел специфициран у складу са њему одговарајућим мета-моделом. На основу резултата трансформације *XML* модела података, врши се генерисање кода, *XMLSchema* документа и скрипте за креирање именованих колекција у изворним *XML* базама, *Sedna* и *eXist*. Добијени код је валидан и добро формиран, али да би развијени алат имао практичну примену, требало би применити и један од најважнијих принципа приликом трансформације модела.

Како је један од најважнијих принципа приликом трансформације модела, очување ограничења, даљи правци развоја овога алата би се кретали у том правцу. На нивоу *XML* модела података могуће је дефинисати само ограничење примарног кључа, јединствености и референцијалног интегритета, стога би остала ограничења која са могу јавити, требало имплементирати путем процедуралних механизма на нивоу система за управљање базама података.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Могин П., Луковић И., Говедарица М., Принципи пројектовања база података, Друго издање, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад, Србија, 2004
- [2] Иван Луковић, Материјали са предавања из предмета Базе података 1, 2013.
- [3] Иван Луковић, Материјали са предавања из предмета Базе података 2, 2014.
- [4] Јована Видаковић, Спецификација и валидација ограничења у *XML* моделу података, докторска дисертација, Универзитет у Новом Саду, 2014.
- [5] Иван Луковић, Владимир Димитријески, Материјали са предавања из предмета Системи база података, 2015.
- [6] *XML* [Online] Доступно на: <http://www.w3schools.com/xml/>, (23. октобар 2016.)

Кратка биографија:



Милица Познановић рођена је у Врбасу 1992. год. Факултет техничких наука уписала је 2011. год. Дипломски рад из области Електротехнике и рачунарства – рачунарске науке и информатика, одбранила је 2015. год.

VERIFIKACIJA RADA RELEJNE ZAŠTITE U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA SA DISTRIBUTIVNIM GENERATORIMA**VERIFICATION OF RELAY PROTECTION OPERATION IN DISTRIBUTION NETWORKS WITH DISTRIBUTION GENERATORS**

Slobodan Bogdanović, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Glavni zadatak rada je opis uticaja koji na sistem relejne zaštite ima dodavanje novih distributivnih generatora u mrežu. Obradeni su problemi u radu prekostrujne zaštite, koordinacije i osetljivosti, kao i rada APU sistema u mrežama nakon dodavanja novih generatora. Korišćenjem DMS softvera verifikovana su teorijska izlaganja.

Abstract – The main goal of this paper is to describe how the addition of distributed generators in network will impact relay protection. It is analyzed overcurrent protection operation, protective device coordination and sensitivity as well as effects on autoreclosing in networks after new distributed generator addition. Theoretical consideration are verified using DMS software.

Ključne reči: Distributivni generatori, obnovljivi izvori, distributivne mreže, testiranje softvera, relej.

1. UVOD

U narednom periodu, eksploatacija distributivnih mreža biće znatno dinamičnija. Najviše zbog porasta udela distributivnih izvora energije, zatim zbog porasta potrošnje i promena u osobinama potrošača. Razlozi za pojavu distributivnih izvora su višestruki, ali najznačajniji su svakako potreba za energijom, ekološke norme i činjenica da rezerve konvencionalnih, fosilnih goriva opadaju.

Cilj rada predstavlja opis uticaja koji na sistem relejne zaštite ima dodavanje novih generatora i potrošača. Takođe, u radu je potrebno istražiti mogućnosti automatskog testiranja energetske aplikacija u DMS softveru.

U drugom poglavlju rada izložene su teorijske osnove relejne zaštite, jer kasnije upravo na toj teoriji počiva sva analiza u sledećim poglavljima. U trećem poglavlju objašnjeni su razlozi priključenja distributivnih generatora. Sagledane su prednosti i mane dodavanja generatora, te je detaljnije objašnjen uticaj na struju kratkog spoja i sistem relejne zaštite. U četvrtom poglavlju nalazi se konkretna analiza uticaja distributivnih generatora i dodatih potrošača na sistem relejne zaštite. Takođe, analiziran je i način priključenja na mrežu, tj. sprega konektivnih transformatora.

Konkretno su obrađeni uticaj na struju kratkog spoja, prekostrujnu zaštitu, osetljivost itd. Peto poglavlje je uvod

NAPOMENA:

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

u koncepciju pametnih mreža i ulogu DMS softvera. U poglavlju 6 korišćenjem DMS softvera napravljeni su primeri koji praktično potkrepljuju teorijska razmatranja iz poglavlja 4.

Na kraju su dati Zaključak i pregled korišćene literature.

2. TEORIJSKE OSNOVE

Relej je uređaj koji služi za detekciju nenormalnih pogonskih stanja uređaja i delova elektroenergetskih sistema i inicijalizaciju odgovarajućih upravljačkih akcija za obezbeđenje normalnog pogona. Pod nenormalnim pogonskim stanjima se podrazumeva stanje sa kvarom ili opasno pogonsko stanje [1].

2.1 Osobine i podela releja

Tokom razvoja elektroenergetskih sistema, različite tehnologije su korišćene za identifikaciju i otklanjanje kvara. Po tehnologiji koja se koristi, releji se mogu podeliti u tri grupe: elektromehanički, statički, mikroprocesorski. Mikroprocesorski releji su najsavremenija grupa releja koja se koristi u zaštiti.

2.2 Prednosti i mane mikroprocesorske zaštite

Prednosti koje ova grupa releja nudi su sledeće:

- Veći broj funkcija se povezuje u okviru jedne zaštite.
- Niska cena.
- Korisnički definisane logičke šeme.
- Jednostavna instalacija, smanjen potreban prostor i smanjen broj fizičkih veza između releja;
- Zaštita ima sposobnost samonadzora i samokontrole ispravnosti;
- Zaštita ima sposobnost samonadzora i samokontrole ispravnosti.

Mane mikroprocesorske zaštite su sledeće:

- Kratak vek trajanja;
- Gubitak redundanse;
- Složeno podešenje i testiranje podešenja;

Praktičnom primenom i analizom došlo se do zaključka da su pozitivne strane mikroprocesorskih releja ipak prevagnule i da su u odnosu na korist koju donose mane zanemarljive. Predviđanja o porastu broja instaliranih distributivnih generatora bi trebalo da stimulišu distributivna preduzeća da izaberu mikroprocesorsku zaštitu.

3. DISTRIBUTIVNI GENERATORI

Pojam distributivnih generatora se odnosi na korišćenje malih jedinica proizvodnje instaliranih blizu centara potrošnje. Trenutno je veliki interes u korišćenju ovakvih resursa, što je posledica porasta potrošnje i zabrinutosti za

očuvanje životne sredine.

3.1 Tipovi distributivnih generatora

Najzastupljeniji tipovi obnovljivih izvora su hidroelektrane, solarni generatori i vetroelektrane. Svi obnovljivi izvori energije, osim solarnih generatora se oslanjaju na elektromehaničke generatore za konverziju energije iz mehaničke u električnu. Rotirajući generatori mogu koristiti bilo koji tip električnog namotaja i konstrukcije (DC ili AC), gdje AC mogu biti sinhroni ili asinhroni tipovi. U današnje vreme, DC generatori se koriste samo za izuzetno male elektrane zbog svoje glomaznosti, vremena koje je potrebno uložiti na održavanje i niskog stepena korisnog dejstva.

3.2 Uticaj distributivnog generatora na sistem

Priključivanje distributivnog generatora (DG) u sistem ima niz prednosti (ekonomskih i tehničkih), ali u isto vreme unosi u distributivni sistem i nekoliko problema koji moraju biti uspešno prevaziđeni kako bi upotreba distributivnih resursa bila potpuno opravdana i sigurna. Prednosti sa korišćenja distributivnih generatora :

- Distributivni generatori mogu da obezbede pokrivanje povećanja potrošnje određenog broja potrošača, čime se smanjuju ili odlažu investicije za proširenje postojećih ili izgradnju novih objekata tokom razmatranog planskog perioda.
- Pojedini tipovi distributivnih generatora se mogu postaviti na bilo kom mestu i za relativno kratko vreme (gorivne ćelije, mikroturbine).
- Postojanje distributivnih generatora u mreži omogućava upravljanje potrošnjom u smislu izravnanja dijagrama potrošnje, te na taj način smanjuje iznos koji jedna elektrodistribucija plati za angažovanu snagu.

Prednosti sa stanovišta eksploatacije sistema:

- Utiču na visinu gubitaka energije i snage. Ako distributivni generator uzima reaktivnu snagu iz mreže, gubici će se smanjiti.

Tehnički nedostaci primene distributivnih genertora:

- Postojanje distributivnih genertora utiče na rad uređaja relejne zaštite, te se moraju uvoditi novi postupci koordinacije između pojedinih uređaja.
- Neobnovljivi distributivni izvori su upravljivi, dok većina obnovljivih nije. Upravljivost znači da je moguće odgovarajućim merama kontrolisati snagu na krajevima generatora.

Uvođenje generatora u okviru distributivne mreže koja je projektovana i napravljena da opslužuje potrošače na radijalnim linijama uzrokuje neželjenu preraspodelu struja kvara, kao i pojavu prenapona. U zavisnosti od lokacije i veličine distributivnog generatora, on može promeniti način na koji sistem radi i na koji je zaštićen i za vreme normalnog i za vreme havarijskog rada.

4. UTICAJ DISTRIBUTIVNIH GENERATORA NA RAD RELEJNE ZAŠTITE

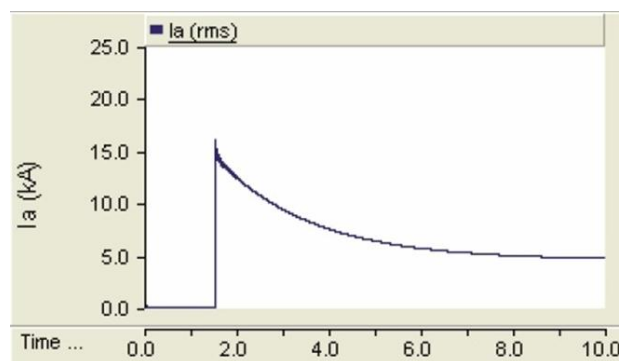
Pojava distributivnih generatora u distributivnoj mreži utiče na relejnu zaštitu. Struja kvara koju relej treba da

detektuje se menja tj. smanjuje ili povećava u zavisnosti od lokacije releja, tipa kvara i distributivnog generatora. Osim uticaja na struje kratkih spojeva distributivni generatori kvare radikalnost distributivnih mreža i čine ih upetljanima. Pojava distributivnih generatora smanjuje i doseg distantne zaštite, izaziva probleme sa APU, sa kordinacijom i osteljivošću relejne zaštite.

4.1 Uticaj na struju kratkog spoja

Prekostrujna zaštita je tip zaštite najčešće korišćen u distributivnim mrežama a ujedno je i jedna od najjednostavnijih. Kao što je već bilo reči u Poglavlju 2 ovog rada, oni mogu biti usmerni i neusmereni. U radijalnim mrežama, koriste se neusmereni releji dok u upetljanim mrežama treba koristiti usmerne. Struja kratkog spoja u distributivnoj mreži u kojoj je priključen određeni broj distributivnih generatora zavisi od više faktora:

- tipa distributivnih generatora,
- mesta kvara,
- mesta gde su priključeni generatori.



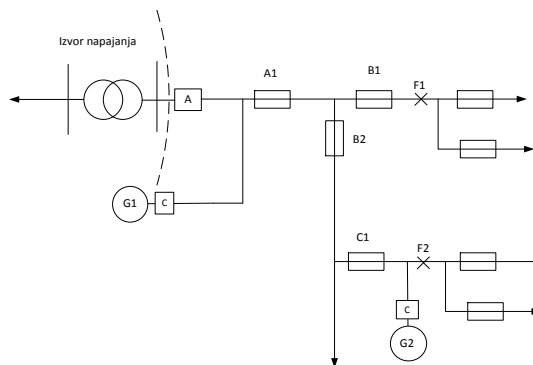
Slika 1. – Doprinos sinhronne mašine struji kratkog spoja

Kao tipovi generatora koji se najčešće koriste prisutni su sinhroni (primena u malim hidroelektranama), asinhroni (vetroelektrane) i kao poseban tip treba navesti asinhronu dvostrukonapajanu mašinu (vetroelektrane).

Sinhrona mašina zbog svog nezavisnog pobudnog sistema, može neprekidno da napaja mesto kvara.

4.2 Uticaj distributivnih generatora na koordinaciju zaštite

Dobrom koordinacijom među zaštitnim elementima se omogućuje selektivnost u radu. Selektivnost obezbeđuje da se pri trajnim kvarovima, taj kvar izoluje na vreme, tako da ostavlja bez napajanja najmanji broj potrošača.

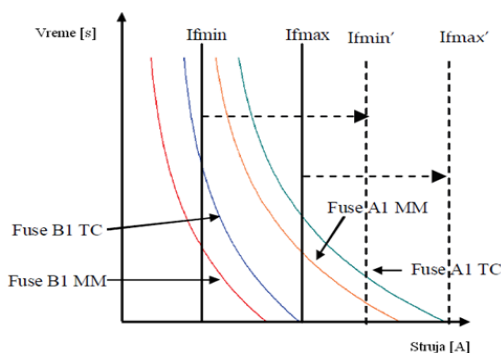


Slika 2. – Primer radijalne distributivne mreže

Radijalne distributivne mreže obično imaju neusmerene

prekostrujne releje, reklosere i osigurače u svojim zaštitnim šemama. Kako ovi uređaji ne uzimaju u obzir smer toka snage (struje), to može dovesti do nepotrebnog ili nekorektnog delovanja zaštite u slučaju kada distributivni generatori doprinose struji kratkog spoja [2]. Na primeru šeme koja dopušta topljenje osigurača (eng. Fuse Blowing) predstavljen je problem gubljenja koordinacije koji nastaje sa dodavanjem distributivnih generatora.

Osigurač je opisan sa dve karakteristike: Minimal Melting i Total Clearing karakteristika. Prva karakteristika daje vreme topljenja osigurača za određenu vrednost struje kvara. Druga daje vreme otklanjanja kvara, kada je u pitanju osigurač koji prekida električni luk, nastao usled kvara.



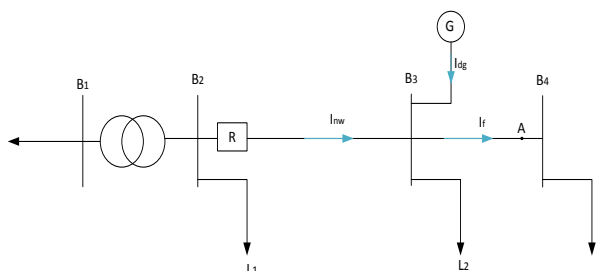
Slika 3. – Karakteristike osigurača

Za slučaj da nema priključenih distributivnih generatora osigurači su podešeni tako da za kvar F1 prvo reaguje osigurač B1, pre osigurača A1, B2 i C1. Koordinacija se izvodi tako što su obe karakteristike B1 osigurača (TC i MM) podešene tako da je njegovo vreme topljenja manje od osigurača A1, B2 i C1. Odnos karakteristika između osigurača A1 i B1 se vidi na slici 3.

Za kvarove na sekciji BD, struje se povećavaju zbog prisustva distributivnih generatora, koji se nalaze na strani prvobitnog izvora energije. U ovakvoj situaciji, može da dođe do ugrožavanja koordinacije, ukoliko se struja kvara. Tada bi moglo da dođe do situacije da se osigurač A1 istopi pre osigurača B1, što bi ugrozilo prethodno podešenu koordinaciju.

3.2 Uticaj distributivnog generatora na distantnu zaštitu

Distantni releji mere napon i struju i njihov količnik daje impedansu, tako da se često govori da distantni releji mere impedansu kvara. Pri priključivanju distributivnih generatora, vrlo je verovatan slučaj da dođe do situacije da merene vrednosti stvaraju prividnog „udaljavanja“ kvara od njegovog stvarnog mesta.



Slika 4. – Uticaj DG na distantnu zaštitu

Relacije ispod se koriste za generisanje dokaza lošeg uticaja dodatog generatora na rad distantne zaštite:

$$U_r = I_{nw}Z_{23} + (I_{nw} + I_{dg})Z_{3a} \quad (4.1)$$

$$Z_r = \frac{U_r}{I_{nw}} = Z_{23} + Z_{3a} + \frac{I_{dg}}{I_{nw}}Z_{3a} \quad (4.2)$$

$$Z_{uvećano} = \frac{I_{dg}}{I_{nw}}Z_{3a} \quad (4.3)$$

gde su:

U_r – napon koji meri relej,

I_{nw} – struja kroz relej,

Z_{23} – otpornost voda između sabirnica 2 i 3,

Z_{3a} – otpornost voda od sabirnice 3 do mesta kvara,

I_{dg} – struja kroz distributivni generator.

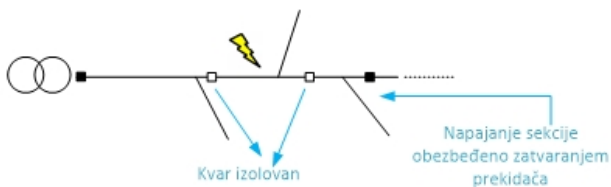
Ovo je obično rezultat injektiranja struje na udaljenom čvoru. Usled toga, relej ne meri stvarne vrednosti i impedansa kvara je releju predstavljena kao da je na mestu koje je dalje od stvarnog. Dokaz se nalazi u relacijama 4.1 i 4.2. Nije teško pokazati da u slučaju postojanja distributivnog generatora distantni relej detektuje uvećanu impedansu za vrednost u relaciji 4.3. Za posledicu se ima „udaljavanje“ kvara od njegovog stvarnog mesta [1].

5. PAMETNE MREŽE

Tehnološki napredak je podigao u upravljanje mrežom na novi nivo, gde upotreba računara i softvera uvodi mrežu u „Smart Grid“ eru. Sa novim softverskim alatima planiranje, razvoj i samo upravljanje mrežom postaje automatizovan proces. Moderni releji su zapravo inteligentni elektronski uređaji koji podržavaju obradu podataka (procesori odgovarajuće snage su sastavni deo releja) i odgovarajući telekomunikacioni konektori. Ovakvi releji čine moćnu platformu za reliazaciju naprednih šema relejne zaštite [3].

5.1 Smart grid sistem

Termin Smart Grid (pametne, napredne mreže) odnosi se na modernizaciju sistema za snabdevanje električnom energijom koja treba da omogući nadgledanje, zaštitu i automatizaciju rada različitih delova sistema – počev od centralnih i distributivnih izvora (generatora) preko prenosne mreže i distributivnog sistema do industrijskih potrošača i automatizovanih energetske sistema u zgradama, instalacija za akumulaciju energije, krajnjih korisnika i njihovih termostata, električnih vozila i ostalih uređaja u domaćinstvima. Koncept pametne mreže treba omogući lakše upravljanje mrežom, a posebno u slučaju prisutnosti distributivnih resursa. Poseban upravljanje u distributivnoj mreži. Kontrola ostrvskog rada može biti na sasvim novom nivou od današnjeg. Od lake implementacije „transfer trip“ signala zbog dobre telekomunikacione infrastrukture do eventualnog dozvoljenog rada u ostrvskom režimu. Takođe, primenom odgovarajućeg softvera (npr. DMS softver) i SCADA sistema, napajanje se lako može dobiti sa rezervnih izvora (susedni fider ili slično). To podrazumeva automatsko zatvaranje normalno otvorenog prekidača u slučaju detektovanja kvara. Najrasprostranjeniji termin za ovakav scenario je „Automatic backup connection“, a ilustracija za jedan ovakav primer je data slici 5.



Slika 5. – „Automatic backup connection” ilustracija

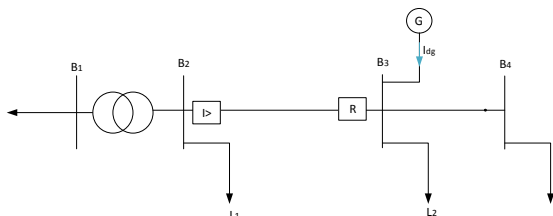
Za isti scenario, evidentno je, da zbog promene topologije podešenja releja treba preračunati, a to se lako i brzo može uraditi DMS softverom.

6. DMS SOFTVER

Praktični deo rada obuhvata analizu rada funkcije relejna zaštita u DMS softveru za slučaj da se kroz planerske funkcije izvrši dodavanje potrošača i generatora. Takođe, kao praktični aspekt rada implementirani su testovi prihvatljivosti, manuelni i automatski testovi koji verifikuju da su rezultati funkcije relejne zaštite odgovarajuće. Testiranje se može podeliti na dve velike celine: manuelno i automatsko testiranje. Manuelno testiranje znači proveru softvera bez korišćenja tj. skriptama. Automatsko testiranje (eng. *Test Automation*) je izvršavanje testova automatski, tj. skriptama. Dakle, pravi se softver ili program koji testira drugi softver. Automatizuju se manuelni testovi i kasnije se pokreću iznova u slučaju razvoja aplikacije.

Verifikacija uticaja novog distributivnog generatora u mreži

Ns primeru na slici 6 se analizira dodavanje novog distributivnog generatora u test mrežu. Originalna mreža nema priključen generator G.

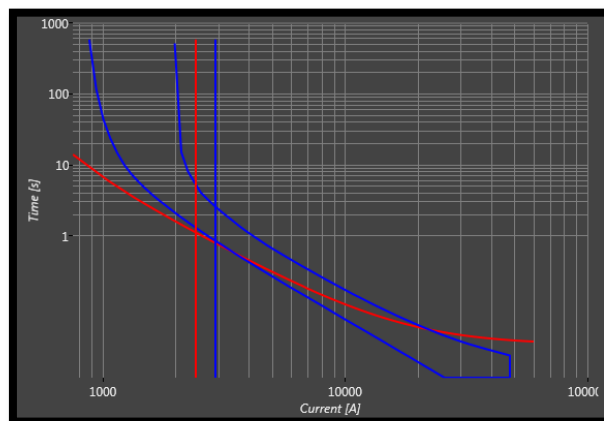


Slika 6. – Izgled test mreže

Na izvodu postoji prekostrujni relej (njegovo podešenje iznosi 950A) koji je koordinisan sa reklozom koji se nalazi na sredini fidera (reklozer ima dva prekostrujna releja, spore i brze karakteristike podešena na 520A i 650A respektivno). Koristeći se funkcijom Relejne zaštite uočava se da su oba podešenja odgovarajuća po kriterijumima osetljivosti, koordinacije i u odnosu na opterećenje.

Ako se u mrežu postavi distributivni generator G (60 [kW], 9 [kVar]), onda će se nakon ponovnog izvršenja funkcije relejne zaštite uočiti se da podešenje releja reklozera R na sredini fidera nije više odgovarajuće. Detektuje se narušena koordinacija, tj. nisu ispoštovani principi *Fuse Saving* šeme. Za slučaj da je novi generator dodat u mrežu pojavljuje se situacija da je delovanje relejom brže nego reklozom. Odnosno, karakteristika prekostrujnog releja preseca karakteristiku reklozera (crvena linija seče plavu). Da bi koordinacija bila

odgovarajuća, vremenski interval koordinacije mora biti više od 0.4 sekunde, što u datom primeru nije slučaj. Rešenje problema je proračun novih podešenja i postavka tih podešenja kao aktivnih, što izlazi iz okvira ovog rada. Karakteristike zaštite su prikazane na slici 7.



Slika 7. – Primer narušene koordinacije, karakteristike

7. ZAKLJUČAK

Uvođenje distributivnih generatora u mrežu za posledicu ima promene vrednosti struje kratkog spoja, promenu tokova snaga i utiče na rad relejne zaštite. Priključenjem distributivnih generatora, gubi se radikalnost distributivne mreže. Koordinacija, osetljivost i ispravno delovanje releja su ugroženi sa pojavom novih proizvodnih jedinica. Način da se ta kompleksnost prevaziđe je sistem „pametne“ distributivne mreže, gde bi se radom generatora i podešenjima releja upravljalo iz jednog (centralnog) računara. Na taj način bi podešenje releja bilo u skladu sa aktuelnom topologijom i radom generatora. Mreža bi na taj način bila uvek zaštićena i optimizovana

8. LITERATURA

- [1] Duško Bekut, *Relejna Zaštita*, Fakultet Tehničkih Nauka Novi Sad, 2009.
- [2] Martin Geidl, *Protection of Power System with Distributed Generation: State of the Art*, Power Systems Laboratory Swiss Federal Institute of Technology (ETH), Zurich, 2005
- [3] Marco Liserre, Thilo Sauter, John Y. Hung, *Future Energy Systems*, IEE Industrial Electronics Magazine, Vol. 4, No. 1, 2010.

Kratka biografija:



Slobodan Bogdanović rođen je u Užicu 1991. godine. Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu upisao je školske 2010/2011. Na osnovnim studijama diplomirao je 2015. godine, smer energetska elektronika i električne mašine. Master rad iz oblasti Elektrotehnike i računarstva odbranio je 2016. godine.

RESTAURACIJA NAPAJANJA I OSETLJIVOST RELEJNE ZAŠTITE U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA**SUPPLY RESTORATION AND SENSITIVITY OF RELAY PROTECTION IN DISTRIBUTION NETWORKS**

Ivan Bujčić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Glavni zadatak rada jeste restauracija napajanja i provera osetljivosti relejne zaštite u distributivnim mrežama. Predstavljena su moguća rešenja za restauraciju napajanja u distributivnoj mreži. U nastavku analizirani su rezultati funkcija za restauraciju napajanja i osetljivost relejne zaštite primenom DMS softvera.

Abstract – The main goal of this paper is supply restoration and sensitivity analysis of relay protection in distribution power networks. Besides that, it is described possible methods for supply restoration in the distribution networks. In addition, it is analyzed the results of functions for supply restoration and sensitivity of relay protection using the DMS software.

Ključne reči: Restauracija napajanja, relejna zaštita, osetljivost relejne zaštite, DMS.

1. UVOD

U distributivnim mrežama većina kvarova su posledica ispada zbog kratkih spojeva. Zbog toga su tehnologije procesiranja kvarova u distributivnim mrežama od velikog značaja za poboljšanje pouzdanosti [1]. Jedna od tehnologija procesiranja kvarova je i restauracija napajanja. Način za poboljšanje kvaliteta usluga distributivnih preduzeća je obezbeđivanje napajanja što većem delu potrošača, koji su zbog kvara ostali bez napajanja, u što kraćem vremenskom roku.

Cilj rada predstavlja teorijski opis funkcija za restauraciju napajanja i proveru osetljivosti relejne zaštite u distributivnim mrežama, opis praktičnog primera restauracije napajanja kao i adekvatnog rešavanja problema osetljivosti releja nakon što se restaurira napajanje potrošačima a time i promeni dimenzionalnost mreže štice njim.

U drugom poglavlju rada dat je opis distributivnih mreža i njihovih osnovnih karakteristika. Treće poglavlje posvećeno je teorijskom opisu restauracije napajanja, metodologiji i kriterijumima restauracije napajanja u distributivnim mrežama. U četvrtom poglavlju je teorijski obrađena prekostrujna relejna zaštita na osnovu koje se proračunava osetljivost releja koja je ovde od interesa. U petom poglavlju izložen je praktični deo ovog rada.

NAPOMENA:

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

U šestom delu dati su primeri varijanti restauracije napajanja kao i rešenje problema osetljivosti relejne zaštite nakon restauracije napajanja. Poslednja dva dela su zaključak i spisak korišćene literature.

2. DISTRIBUTIVNE MREŽE

Distributivne mreže su deo elektroenergetskog sistema koji ima najveći uticaj na pouzdanost napajanja potrošača. Tradicionalna distributivna mreža je pasivnog karaktera, radijalne konfiguracije i u njoj se potrošači napajaju sa jedne strane, zbog čega kvar ostavlja bez napajanja manji broj individualnih potrošača. Najveći broj kvarova u elektroenergetskom sistemu se dešava na distributivnim mrežama pa se ulaganjem u opremu distributivnih mreža može znatno brže restaurirati napajanje, povećati pouzdanost, odnosno smanjiti neisporučena električna energija potrošačima. Provera osetljivost relejne zaštite je veoma bitna u distributivnim mrežama, kako bi se izbegla situacija da individualni potrošači ne budu štice njim prekostrujnom relejnom zaštitom.

3. RESTAURACIJA NAPAJANJA

Efikan plan za obnavljanje pogona distributivnih sistema posle poremećaja na mreži, predstavlja jedan od ključnih elemenata za unapređenje kvaliteta usluga distributivnih kompanija, čime se direktno utiče na stepen zadovoljstva potrošača. Primarni cilj prilikom obnavljanja pogona distributivnog sistema, jeste obnoviti napajanje električnom energijom što većeg broja potrošača koji su, usled poremećaja na mreži, ostali bez napajanja. Naravno, poželjno je obnavljanje uraditi u što kraćem roku i sa što manjim troškovima [2-6].

3.1 Metodologija

Restauracija napajanja distributivne mreže je višekriterijumski kombinatorni nelinearni problem sa ograničenjima.

Za rešavanje restauracije koristi se pet grupa metoda [2-6]:

1. Optimizacione metode.
2. Heurističke metode.
3. Ekspertni sistemi i veštačka inteligencija.
4. Probablističke i metode bazirane na fuzzy pristupu.
5. Metode bazirane na tehnikama upravljanja rizikom.

3.2 Višekriterijumski algoritmi

Višekriterijumski algoritam se sastoji iz tri globalna koraka. U prvom koraku se dimenzija rešenja problema redukuje ograničavanjem razmatranja samo na lokalnu mrežu.

U drugom koraku se u okviru lokalne mreže vrši selekcija varijanti rezervnog napajanja korišćenjem algoritma rekonfiguracije na bazi stabla odlučivanja. Ovaj algoritam je izveden iz algoritma rekonfiguracije na bazi otvaranja rastavljača sa najmanjom strujom s tim da se u novom algoritmu ne dobija jedna bazna radijalna konfiguracija koja najmanje odstupa od optimalne upetljane konfiguracije nego se dobija proizvoljan broj kvalitetnih radijalnih konfiguracija koje minimalno odstupaju od bazne konfiguracije.

U trećem koraku se vrši rangiranje svih selektovanih varijanti prema korisnički određenom kriterijumu. Izbor kriterijuma zavisi od problema koji se rešava restauracijom. Algoritam dakle vraća kao rezultat rang listu varijanti rezervnog napajanja distributivne mreže i planova manipulacije kako bi se oni realizovali. Uvažavaju se i problemi neuspelih manipulacija pri realizaciji izabrane varijante.

4. RELEJNA ZAŠTITA

Relejna zaštita je grana elektroenergetike koja se bavi zaštitom elektroenergetskih sistema u smislu detekcije i izolovanja kvarova od ostatka elektroenergetskog sistema. Krajni cilj je da se uticaj kvara u elektroenergetskom sistemu na potrošače svede na minimum [7-9].

U ovom radu će biti razmatrani prekostrujni releji. Ovi releji su dizajnirani tako da deluju kada kroz određeni deo distributivnog sistema protiče struja kvara koja je veća od predefinisane vrednosti. Dele se na trenutne prekostrujne (oznaka po IEC standardu: I>>, oznaka po ANSI standardu: 50) i prekostrujne sa vremenskom zadržkom (oznaka po IEC standardu: I>, oznaka po ANSI standardu: 51).

Trenutni prekostrujni releji su dizajnirani da deluju bez vremenskog odlaganja, kada struja premaši struju podešenja releja. Vreme delovanja može da varira između 0.016 sekundi i 0.1 sekund. Podešenje ovih releja je nekoliko puta veće od nominalne struje. Njihova uloga je da za jako kratko vreme otklone kvarove čije su struje izuzetno visoke. Odlaganje otklanjanja takvih kvarova bi značajno ugrozilo bezbednost i potencijalno bi mogla biti napravljena velika šteta nad opremom.

Postoje dve vrste prekostrujnih releja sa vremenskom zadržkom, po kriterijumu zavisnosti vremena delovanja od intenziteta struje:

- Prekostrujni releji sa strujno nezavisnom vremenskom karakteristikom,
- Prekostrujni releji sa strujno zavisnom vremenskom karakteristikom.

Prekostrujni releji sa strujno nezavisnom vremenskom karakteristikom se pobuđuje kada struja premaši podešenu vrednost, ali njihovo delovanje je odloženo vremenskim podešenjem. Bitno je kod ovog tipa releja razlikovati dva stanja: pobuđen i deluje. Relej je pobuđen nakon što se ustanovi da je merena struja prešla granicu podešenja. Kada se relej pobudi, meri se vreme i nakon isteka podešenog vremenskog podešenja relej će delovati (ukoliko merena struja i dalje premašuje vrednost podešenja).

Prekostrujni relej sa strujno zavisnom vremenskom karakteristikom imaju karakteristiku koja inverzno zavisi

od intenziteta struje koja teče kroz relej. Tri najčešće korišćene karakteristike su normalno zavisna, vrlo zavisna i ekstremno zavisna. Razlikuju se po stopi opadanja vremena sa porastom struje. Zavisnost vremena od struje se ogleda u tome što je vreme delovanja sve kraće što je struja kvara veća.

5. DISTRIBUTIVNI MENADŽMENT SISTEM SOFTVER

Distributivni menadžment sistem (DMS) softver obezbeđuje alate za dinamičku vizuelizaciju, monitoring, i kontrolu električne distributivne mreže, zajedno sa širokim setom aplikacija za operativnu analizu, planiranje i optimizaciju. U nastavku, razmatraće se dve aplikacije iz DMS paketa: funkcija restauracije napajanja i relejna zaštita.

5.1 Funkcija za restauraciju napajanja

Cilj funkcije za restauraciju napajanja u DMS softveru je da odredi optimalni plan prekidačkih akcija koji će dovesti do vraćanja napajanja onim potrošačima koji se nalaze u delu mreže koji je ostao bez napajanja. Ova funkcija se koristi za slučajeve kvarova kao i za planirano održavanje. Integralni kriterijum za restauraciju napajanja sadrži sledeće opcije:

- Troškovi manipulacija.
- Kritična rezerva snage napojnih transformatora.
- Kritična strujna rezerva.
- Kritični pad napona.

5.2 Funkcija za proveru osetljivost relejne zaštite

Funkcija za proveru osetljivost relejne zaštite proverava osetljivost releja po raznim kriterijumima. Analiza se vrši u nekoj oblasti koju korisnik izabere. To mogu biti izvodi ili transformatorske stanice sa svim pripadajućim izvodima.

Provera se vrši za svaki relej koji se u toj oblasti nalazi i za različite tipove releja postoje različiti algoritmi određivanje osetljivosti. Zajedničko za sve tipove je to što se kvarovi simuliraju na krajevima deonica glavnog izvoda i njegovih ogranaka u primarnoj zoni štice (primarna zona je osnovni deo kojim se datim relejom štiti mreža).

Za jedan tip releja se simuliraju kvarovi na više mesta i od svih vrednosti struja kratkog spoja uzima se najmanja vrednost kako bi se išlo na stranu sigurnosti, odnosno kako bi se posmatrala najnepovoljnija situacija.

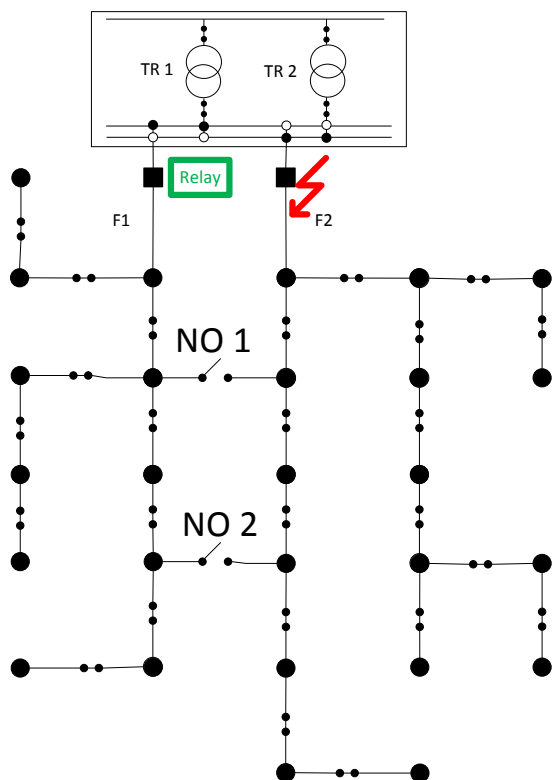
Ukoliko se radi o prekostrujnim relejima, vrednost te najmanje struje kvara se poredi sa vrednošću podešenja prekostrujnih releja a ukoliko se razmatra distantni relej, vrednost impedanse kvara se poredi sa vrednošću podešenja distantnog releja.

Funkcija ima zadatak da za pobuđene releje odredi u kojim granicama se nalazi struja kvara u odnosu na predefinisane nivoe osetljivosti.

6. PRIMER PRORAČUNA U DMS SOFTVERU

U okviru ovog rada za potrebe demonstracije funkcija za osetljivost relejne zaštite i restauraciju napajanja u distributivnim mrežama korišćena je test mreža prikazana na slici 1.

Neka se posmatra situacija da se desio kvar u mreži na mestu označenom crvenom strelicom na slici 1.



Slika 1. – Test mreža pre restauracije

Mreža se napaja sa transformatorske stanice 110/20 kV/kV. Između dva izvoda postoje dva normalno otvorena prekidača (označeni sa NO 1 i NO 2) koji će se razmatrati prilikom restauracije napajanja. Prekostrujni i trenutni prekostrujni relej nalaze se na početku izvoda 1 na mestu označenom na slici (oznaka Relay).

Pre nego što se desio kvar, posmatrani su rezultati funkcije osetljivosti relejne zaštite sa određenim podešenjima releja. U procentima dobro šticeana oblast (osetljivost veća od 1.5) koju štiti prekostrujni relej iznosi 100%.

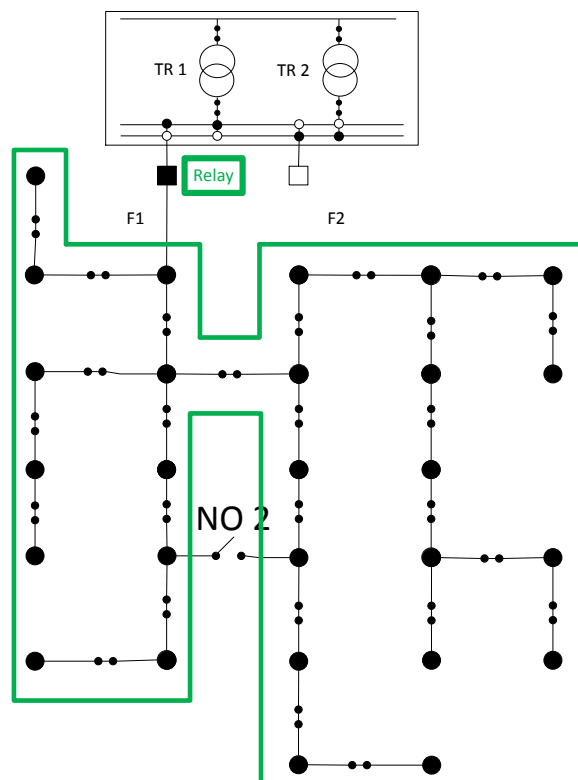
Nema delova izvoda koji su šticeeni sa minimalnim prihvatljivim nivoom osetljivosti relejne zaštite (osetljivost veća od 1.2 ali manja od 1.5) ili na granici osetljivosti relejne zaštite (osetljivost veća od 1, ali manja od 1.2). Takođe, izvod 1 u trenutku pre restauracije napajanja nema nijedan deo koji nije šticeen prekostrujnim relejom.

U procentima dobro šticeana oblast (osetljivost veća od 1.5) koju štiti trenutni prekostrujni relej iznosi 90.9%. 9.1% izvoda je šticeeno sa minimalnim prihvatljivim nivoom osetljivosti (osetljivost veća od 1.2 ali manja od 1.5).

Izvod 1 pre kvara nema delova koji su trenutnim prekostrujnim relejom šticeeni na granici osetljivosti (osetljivost veća od 1, ali manja od 1.2) ili delova koji nisu uopšte šticeeni.

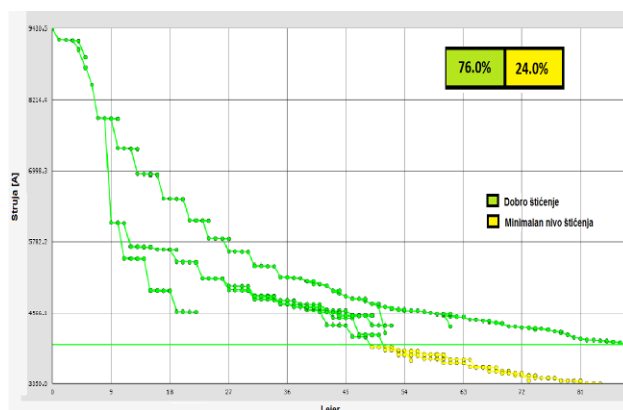
Početni uslovi za funkciju restauracije napajanja su kada je kvar lociran i izolovan. Cilj je restaurirati celokupnu zonu C ukoliko je to moguće.

Nakon izvršenja upravljačkih akcija predloženih u najboljoj varijanti koju je kao rezultat vratila funkcija za restauraciju napajanja, zatvaranjem normalno otvorenog prekidača 1 (NO 1) celokupna zona C se sada napaja sa izvoda 1 što se može videti na slici 2.



Slika 2. – Test mreža nakon restauracije

Nakon restauracije napajanja potrošačkom području koje je bilo bez napajanja ponovo se izvršava funkcija za proveru osetljivost relejne zaštite. Rezultati provere osetljivosti relejne zaštite su znatno lošiji, zato što sada isti relej sa istim podešenjem treba da štiti mnogo veće potrošačko područje. U procentima dobro šticeena oblast (osetljivost veća od 1.5) koju štiti prekostrujni relej iznosi 76.0%. 24.0% oblasti koju štiti relej je šticeeno sa minimalnim prihvatljivim nivoom osetljivosti (osetljivost veća od 1.2 ali manja od 1.5). Nema delova izvoda koji su šticeeni na granici osetljivosti relejne zaštite (osetljivost veća od 1, ali manja od 1.2) ili delova izvoda koji nisu uopšte šticeeni prekostrujnom relejnom zaštitom kao što se može videti na slici 3.

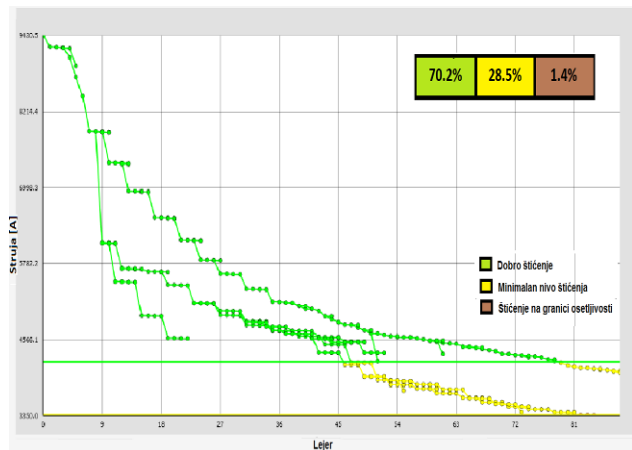


Slika 3. – Osetljivost prekostrujnog releja

Zbog toga je potrebno izvršiti prepodešenje releja kako bi se postigla željena osetljivost prekostrujnog releja i u situacijama kada je potrebno da štiti veće potrošačko područje kao u ovom primeru nakon restauracije napajanja.

Potrebno je postojeće podešenje prekostrujnog releja promeniti sa vrednosti od 2680 A na 2230 A kako bi 100% izvoda bilo dobro šticeo nakon restauracije.

Nakon prepodešenja releja nema oblasti koja je šticeena sa minimalnim nivoom osetljivosti (osetljivost veća od 1.2, ali manja od 1.5) niti oblasti koja je šticeena na granici osetljivosti prekostrujnog releja (osetljivost veća od 1, ali manja od 1.2).



Slika 4. – Osetljivost trenutnog prekostrujnog releja

Rezultati osetljivosti trenutnog prekostrujnog releja nakon restauracije napajanja pokazuju da je 70.2% oblasti koju štiti relej dobro šticeeno (osetljivost veća od 1.5). 28.5% oblasti je šticeeno sa minimalnim prihvatljivim nivoom osetljivosti (osetljivost veća od 1.2 ali manja od 1.5) a 1.4% oblasti je šticeeno na granici osetljivosti (osetljivost veća od 1, ali manja od 1.2).

Nema potrošačkog područja koje uopšte nije šticeeno trenutnim prekostrujnim relejom. Rezultati u procentima su prikazani na slici 4. Da bi trenutni prekostrujni relej bio 100% osetljiv i nakon restauracije napajanja potrebno je izvršiti prepodešenje, na vrednost od 2230 A.

7. ZAKLJUČAK

Efikasnom restauracijom distributivnih sistema, elektrodistributivna preduzeća mogu da ponude najbolji kvalitet električne energije svojim potrošačima i smanje posledice neplaniranih ispada.

U ovom radu prikazan je primer restauracije napajanja distributivne mreže za simulirano mesto kvara. Kroz ovaj primer pokazano je kako se primenom softvera za proveru osetljivosti relejne zaštite može analizirati da li izabrana varijanta omogućuje korektan rad relejne zaštite. Pokazano je da se prepodešavanjem zaštite može obezbediti dovoljna osetljivost zaštite i kod promene topologije izvoda.

8. LITERATURA

- [1] Popović D., Bekut D., Dabić V., *Specijalizovani DMS algoritmi*, Novi Sad, DMS Group, 2011.
- [2] Sara Mohtashami, Danny Pudjianto, Goran Strbac, *Strategic Distribution Network Planning With Smart Grid Technologies*, IEEE Transactions on Smart Grid, 2016.
- [3] C.H.Castro, J.B.Bunch, T.M.Topka, *Generalized Algorithms for Distribution Feeder Deployment and Sectionalizing*, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, 1980.
- [4] Vladimir Strezoski, *Osnovi elektroenergetike – sistemi*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1996.
- [5] Leandro T. Marques, Alexandre C. B. Delbem, João Bosco Augusto London, Marcos Henrique M. Camillo *Service restoration in large-scale distribution systems considering three levels of priority customers*, IEEE Eindhoven, 2015.
- [6] Srdjan Dimitrijević, *Obnavljanje pogona distributivnih sistema u okviru razvoja inteligentnih elektroenergetskih mreža*, Elektrotehnicki fakultet, Beograd, 2012.
- [7] Duško Bekut, *Relejna zaštita*, Fakultet Tehničkih Nauka Novi Sad, 2009.
- [8] *Distribution System Feeder Overcurrent Protection*, GET-6450, General Electric, Ontario, Canada.
- [9] Ahmed Shafiu, Thomas Bopp, Ian Chilvers, Goran Strbac, Nick Jenkins, and Haiyu Li, *Active Management and Protection of Distribution Networks with Distributed Generation*, IEEE Power Engineering Society General Meeting, Vol.1, 2004., pp. 1098 – 1103

Kratka biografija:



Ivan Bujić rođen je 1991. godine u Loznicima. Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu upisao je školske 2010/2011, smer energetika, elektronika i telekomunikacije. Na osnovnim studijama diplomirao je 2015. godine, smer elektroenergetski sistemi. Diplomski – master rad iz oblasti Elektrotehnike i računarstva odbranio je 2016. godine.

PRIMENA DATA WAREHOUSE SISTEMA U PRAĆENJU PROCESA REZERVACIJE AVIO KARATA**AN APPLICATION OF DATA WAREHOUSES IN MONITORING OF THE AIRPLANE TICKET BOOKING PROCESS**

Ivan Trbojević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu prezentovan je sistem skladišta podataka namenjen praćenju procesa rezervacije avio karata. Razvijen je ETL proces koji vrši punjenje skladišta podataka. Realizovani su izabrani izveštaji nad razvijenim skladištem podataka, koji ilustruju mogućnosti njegove primene u praksi.

Abstract – In this paper, we present Data Warehouse system designed for monitoring the process of booking airline tickets. An ETL process that provides the Data Warehouse has been developed. Selected reports over the developed Data Warehouse that illustrate the possibilities of its application in practice were implemented.

Ključne reči: Data Warehouse, Projektovanje skladišta podataka, ETL proces, Talend Open Studio

1. UVOD

U svakoj industriji, od lanca maloprodajnih prodavnica do finansijskih institucija, od proizvodnje do vladinih službi, od avio kompanija do komunalnih preduzeća, skladištenje podataka je donelo revoluciju u analiziranju i donošenju strateških odluka. Svaka kompanija koja ima skladište podataka (eng. *Data Warehouse*) shvata ogromnu korist koja se ogleda u pozitivnim rezultatima. Ove kompanije uključivanjem web tehnologija, povećavaju potencijal za veću i lakšu isporuku vitalnih informacija. Zbog toga je, u sklopu ovog rada, realizovan jedan *Data Warehouse* sistem koji će efikasno da odgovori zahtevima korisnika koji se realizuju kroz upite i različite analize rezervacija avio karata na jednom web servisu.

Cilj ovog rada je omogućiti objedinjavanje srodnih podataka u oblik pogodan za analizu, kao i stalno pronalaženje novih informacija namenjenih menadžerima. Te informacije su od velikog značaja za strateško, taktičko i operativno donošenje poslovnih odluka. Da bi se ovo ostvarilo potrebno je realizovati nekoliko sledećih zadataka. Prvi zadatak podrazumeva predstavljanje OLTP (eng. *On-Line Transaction Processing*) šeme baze podataka, koja služi kao izvor podataka za taj sistem. Nakon toga neophodno je projektovati šemu baze *Data Warehouse* sistema za čuvanje agregiranih, istorijskih podataka. Sledeći zadatak je definisanje i implementacija procesa za preuzimanje i transformaciju podataka iz više OLTP sistema u *Data Warehouse* bazu podataka.

NAPOMENA:

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

Poslednji zadatak predstavlja generisanje izveštaja kojima bi se predstavile moguće analize nad posmatranim skladištem podataka, čijim rezultatima bi se doprinelo poboljšanju poslovnog procesa servisa za rezervaciju avio karata.

Osim uvoda i zaključka, ovaj rad sadrži još tri poglavlja. U poglavlju 2, pod naslovom „Specifikacija zahteva i šema baze podataka“, ukratko su opisani korisnički zahtevi i šema baze podataka *Data Warehouse* sistema. U poglavlju 3, pod naslovom „Specifikacija ETL procesa“, opisan je ETL (eng. Extract, Transform, Load) proces za preuzimanje i transformaciju podataka iz izvorne u *Data Warehouse* bazu podataka. U poglavlju 4, pod naslovom „Primena *Data Warehouse* sistema za praćenje procesa rezervacije avio karata“, prezentovani su primeri izveštaja koje je moguće dobiti na osnovu podataka koji se čuvaju u *Data Warehouse* bazi podataka. Za razvoj ETL procesa i za kreiranje izveštaja korišćen je *Talend Open Studio* alat za integraciju podataka.

2. SPECIFIKACIJA ZAHTEVA I ŠEMA BAZE PODATAKA

U ovom poglavlju je opisan kompletan proces analize i modelovanja *Data Warehouse* sistema za praćenje rezervacija avio karata, počevši od šeme izvorne baze podataka koja je korišćena kao polazna osnova, preko modela *Data Warehouse* sistema i konačno samog postupka prebacivanja podataka iz izvornog u ciljni sistem.

2.1. Specifikacija zahteva

Kao izvor podataka za izradu *Data Warehouse* sistema iskorišćen je deo šeme baze podataka web servisa za rezervaciju avio karata. Model se sastoji od 24 tabele, koje su popunjene podacima za testiranje. U tim tabelama vodi se evidencija o avionima, tipovima aviona, njihovim proizvođačima, avio kompanijama, lokacijama, aerodromima, redu letenja, pojedinačnim letovima, putnicima i tipovima putnika, rezervacijama karata različitih klasa.

Na osnovu prikupljenih korisničkih zahteva potrebno je, radi unapređenja poslovanja i podrške u odlučivanju, obezbediti odgovore na sledeća pitanja:

- Koja avio kompanija je prevezla najviše putnika u određenom periodu?
- Koja avio kompanija je dala najviše popusta u toku godine?
- Koja avio kompanija je najviše zaradila u određenom periodu?

- Koje destinacije su popularne u koje doba godine?
- Iz kog mesta ima najviše rezervisanih polazaka?
- Kojim tipom aviona se prevozi najviše putnika?
- Koji proizvođač aviona je najzastupljeniji?
- Kojom klasom putuje najveći broj putnika?
- Koji je prosečan broj putnika po letu?

Da bi se to postiglo potrebno je obezbediti algoritme koji će efikasno obavljati učitavanje podataka u datu *Data Warehouse* bazu podataka. Na kraju je potrebno kreirati izveštaje koji prikazuju potrebne informacije za postavljene zahteve.

2.2. Šema baze podataka *Data Warehouse* sistema

Šema baze podataka *Data Warehouse* sistema se sastoji od jedne činjenične tabele, osam tabela dimenzija i dva materijalizovana pogleda. Ova šema po svojoj strukturi spada u šeme tipa pahuljice, jer su tabele dimenzija normalizovane.

Dimenzije koje ovaj sistem sadrži su: AVIOKOMPANIJADIM, AVIONDIM, KLASADIM, TIPPUTNIKADIM, RUTADIM i VREMEDIM. Projektovana *Data Warehouse* baza podataka sadrži i dva materijalizovana pogleda MVPROSECNOPORUTI i MVTIPPUTNIKAKLASA.

Dimenzija AVIOKOMPANIJADIM sadrži osnovne podatke o avio kompanijama koje saobraćaju na letovima za koje se vrše rezervacije. Pored surogat ključa, oznake i naziva avio kompanije, u ovoj tabeli nalaze se i podaci o državi iz koje ona potiče. AVIOKOMPANIJADIM je jedina dimenzija u kojoj se vodi evidencija o istoriji izmena podataka, korišćenjem tehnike "istorijski podaci u posebnim kolonama". Zbog toga ova šema relacije sadrži dodatna obeležja OD_DATUMA i DO_DATUMA na osnovu kojih se određuje trenutno aktivan zapis. Čuvanje istorije promena u istoj tabeli se obezbeđuje na sledeći način: prilikom unosa nove torke postavi se trenutno vreme u obeležje za početni datum, dok vrednost krajnjeg datuma ne postoji. Ukoliko dođe do promene naziva avio kompanije u izvornoj bazi podataka, prilikom učitavanja u *Data Warehouse* bazu podataka postojećem zapisu se dodaje krajnje vreme, koji tada prestaje da bude aktivan i unosi se nova torka. Ova dimenzija je povezana samo sa činjeničnom tabelom REZERVACIJAFAC.

AVIONDIM je dimenziona tabela koja pored surogatnog primarnog ključa, sadrži još i podatke o tipu aviona i proizvođaču. Prilikom ažuriranja podataka ne pamti se istorija promena. Povezana je samo sa REZERVACIJAFAC tabelom činjenice.

KLASADIM sadrži podatke o postojećim klasama avionskih karata. Povezana je samo sa činjeničnom tabelom REZERVACIJAFAC. Evidencija o izmeni podataka prilikom ažuriranja se ne vodi. TIPPUTNIKADIM je dimenziona tabela u kojoj se nalaze podaci o različitim tipovima putnika i o procentu popusta za dati tip. Jedino je povezana sa tabelom činjenica.

RUTADIM predstavlja dimeziju koja ima više nivoa hijerarhije, u kojima se čuvaju podaci o polazištu i odredištu letova. Atributi su organizovani u tri hijerarhijske strukture, odnosom između tipova entiteta po

nivoima hijerarhije N:1 i to su RUTADIM, NASELJENOMESTODIM i DRZAVADIM.

VREMEDIM je dimenzija koja se ne popunjava podacima iz izvorne baze podataka, već se oni generišu. Svaki *Data Warehouse* sistem mora da ima vremensku dimenziju, jer je neophodno praćenje podataka u vremenu. Obeležja ove tabele su IDVREME, GODINA, KVARTAL i MESEC. Primarni ključ je surogatni i jedinstveno označava jednu kombinaciju ostalih obeležja. Podaci u ovoj tabeli nisu u formi klasičnog datuma i vremena zato što ne bi bili od značaja, na kraju oni kao takvi već postoje u izvornoj OLTP bazi, već je korisnicima ovog sistema interesantno da imaju uvid u rezervacije na nivou godine, kvartala i meseca. VREMEDIM tabela ima izgenerisane podatke do 2080. godine i nije podržan bilo kakav oblik izmene jer su to podaci nepromenljivog tipa. Ova dimenzija je povezana sa činjeničnom tabelom REZERVACIJAFAC.

REZERVACIJAFAC je tabela činjenica i predstavlja centralni deo šeme *Data Warehouse* baze podataka. Povezana je sa dimenzijama AVIOKOMPANIJADIM, AVIONDIM, KLASADIM, TIPPUTNIKADIM, RUTADIM i VREMEDIM, tako što sadrži njihove primarne ključeve u svojstvu stranog ključa. Osim stranih ključeva, tabela činjenice ima još i attribute koji predstavljaju mere. To su BROJ, IZNOS, PROSECA_CENA_REZERVACIJE i UKUPAN_IZNOS_POPUSTA. Oni predstavljaju sumarne podatke po svim dimenzijama: broj rezervacija, suma svih pojedinačnih iznosa, prosečna cena sumiranih rezervacija i suma svih pojedinačnih popusta. Podaci za tabelu činjenica se dobavljaju iz izvornih tabela: REZERVACIJA, REZERVACIJE_LETOVA i PLACANJE, ali se ne upisuju direktno, nego se sumiraju po svim dimenzijama. Mere činjenica su aditivne, mogu se sabirati po dimenzijama. Pošto nisu direktno prepisane iz izvornih tabela, spadaju u mere izvedenog tipa. Ostali podaci se direktno preuzimaju sa izvora. Tabela REZERVACIJAFAC će vremenom sadržati najviše redova, jer se operacija rezervacije najčešće obavlja.

Projektovani *Data Warehouse* sadrži i dva materijalizovana pogleda MVPROSECNOPORUTI i MVTIPPUTNIKAKLASA. MVPROSECNOPORUTI je materijalizovani pogled nad dimenzijama RUTADIM i VREMEDIM i činjenicom REZERVACIJAFAC. U njemu se čuvaju podaci vezani za analize rezervisanih karata po rutama u vremenu. Podaci za ovaj materijalizovani pogled se dobijaju iz tabele činjenica REZERVACIJAFAC. Pored stranih ključeva iz dimenzija sa kojima je povezan postoji još jedno obeležje PROSECAN_BROJ_REZERVACIJA. Vrednost za ovo obeležje se dobija tako što se prvo grupišu torke po dimenzijama, zatim primeni matematička funkcija za izračunavanje srednje vrednosti. Ukoliko je korisnicima jednog ovakvog sistema potrebna još neka analiza nad ove dve dimenzije, to se rešava dodavanjem novog obeležja. MVTIPPUTNIKAKLASA je materijalizovani pogled nad dimenzijama KLASADIM i TIPPUTNIKADIM i činjenicom REZERVACIJAFAC. U njemu se čuvaju podaci vezani za analize rezervisanih karata grupisani po klasi karte i tipu putnika.

Podaci za ovaj materijalizovani pogled preuzimaju se iz tabele činjenica REZERVACIJAFAC. U njemu se pored stranih ključeva iz dimenzija nad kojima je definisan, trenutno nalazi jedno obeležje u kojem se čuva procenat tipa putnika za određenu klasu. I ovaj materijalizovani pogled je moguće proširiti dodatnim obeležjem, koje korisniku daje uvid u zahtevane analize.

3. SPECIFIKACIJA ETL PROCESA

U ovom poglavlju opisan je *ETL* proces, odnosno način na koji će se podaci prenositi iz izvorne baze podataka u *Data Warehouse* bazu podataka, kao i operacije koje se tom prilikom obavljaju.

AVIOKOMPANIJADIM dimenzija se popunjava podacima iz tabele AVIO_KOMPANIJA, NASELJENO_MESTO i DRZAVA iz izvorne baze podataka. U ovoj dimenziji potrebno je obezbediti čuvanje istorije promena torke.

AVIONDIM je tabela dimenzije koja podatke dobija spajanjem izvorne tabele AVION sa tabelama TIP_AVIONA i PROIZVODJAC. Podaci se kao takvi unose u tabelu dimenzije, a surogatni ključ se generiše.

Dimenzija KLASADIM se popunjava kopiranjem podataka iz izvorne tabele KLASA. Kako se svi potrebni podaci nalaze u ovoj tabeli nije bilo potrebe za bilo kakvim spajanjem, jedino se generiše surogat ključ.

TIPPUTNIKADIM dimenziona tabela dobija podatke iz samo jedne izvorne table, bez ikakvog spajanja. To je tabela TIP_PUTNIKA. Na kopirane podake samo se dodaje surogat ključ.

RUTADIM je dimenzija koja sadrži hijerarhije, jer su tabele ove dimenzije normalizovane. Prvo treba izvršiti spajanje izvornih tabela kako bi se pribavili svi potrebni podaci za prebacivanje. To podrazumeva tabele: LET, AERODROM, NASELJENO_MESTO i DRZAVA. Zatim se izdvoje podaci o državama koji se spajaju sa dimenzionom tabelom DRZAVADIM, kako bi se utvrdilo da li već postoje i u slučaju da ih tamo nema, unose se, pri čemu im se dodeljuje surogat ključ. Nakon toga se izdvoje podaci za naseljena mesta i nakon spajanja sa dimenzionom tabelom NASELJENOMESTODIM, vrši se unos izvornih podataka sa novim surogat ključem. Tek tada može se pristupiti popunjavanju dimenzione tabele RUTADIM, koja pored surogat ključa sadrži kombinaciju polazne i odredišne destinacije u vidu stranih ključeva ka tabeli NASELJENOMESTODIM.

VREMEDIM je tabela dimenzije čiji podaci se generišu, nije potrebna ni jedna tabela iz izvorne baze podataka. Ovo je urađeno korišćenjem određenih funkcija *Talend* alata.

Popunjavanje činjenične tabele REZERVACIJAFAC podacima, predstavlja *ETL* proces u kojem se u prvom koraku vrši spajanje izvornih tabela REZERVACIJA, REZERVACIJE_LETOVA, PUTNICI i PLACANJE, koje se zatim spajaju sa dimenzijama KLASADIM, TIPPUTNIKADIM i VREMEDIM da bi se dobili ključevi dimenzija. Sledeći korak je spajanje izvornih tabela RED_LETENJA i INSTANCA_LETA i dimenzionih tabela AVIONDIM i AVIOKOMPANIJADIM iz istog razloga kao u prethodnom koraku. Takođe, tabele izvorne baze podataka LET i AERODROM treba spojiti sa dimenzijom

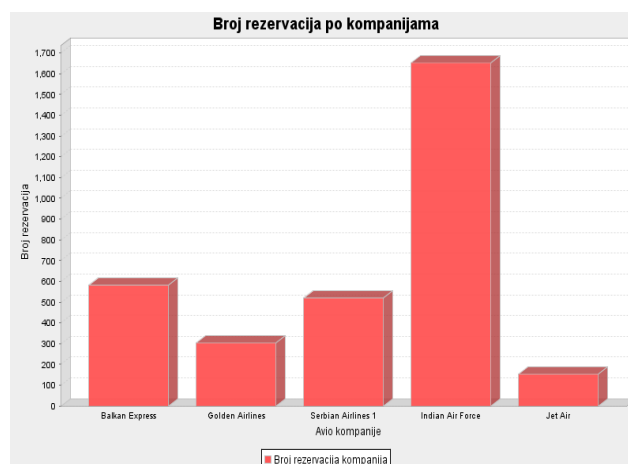
RUTADIM. Kada je završeno spajanje svih izvornih tabela sa dimenzijama i obezbeđeni svi njihovi primarni ključevi može se izvršiti grupisanje podataka po dimenzijama. Tom prilikom se vrši i izračunavanje mera. Činjenična tabela sadrži četiri obeležja koja predstavljaju mere. Broj rezervacija predstavlja broj grupisanih torke. Mera Iznos se računa tako što se sumiraju svi pojedinačni iznosi grupisanih rezervacija. Prosečna cena rezervacije dobija se računanjem srednje vrednosti svih grupisanih rezervacija. Ukupan iznos popusta je mera koja se računa tako što se prvo na osnovu tipa putnika dobije procenat popusta na koji ostvaruje pravo i zatim se primeni na cenu pojedinačne rezervacije. Kada se ovi iznosi sumiraju za sve grupisane torke, dobija se iznos koji predstavlja ukupan iznos popusta.

4. PRIMENA DATA WAREHOUSE SISTEMA ZA PRAĆENJE PROCESA REZERVACIJE AVIO KARATA

Izvršavanjem *ETL* procesa, podaci su smešteni u *Data Warehouse* bazu podataka i spremni su za upotrebu. Zatim je potrebno obezbediti korisnicima određene izveštaje, procene, analize podataka, bilo alfanumeričke ili pak u grafičkom obliku. Ovo se može ostvariti korišćenjem nekog gotovog alata za tu namenu ili razvojem sopstvenog rešenja.

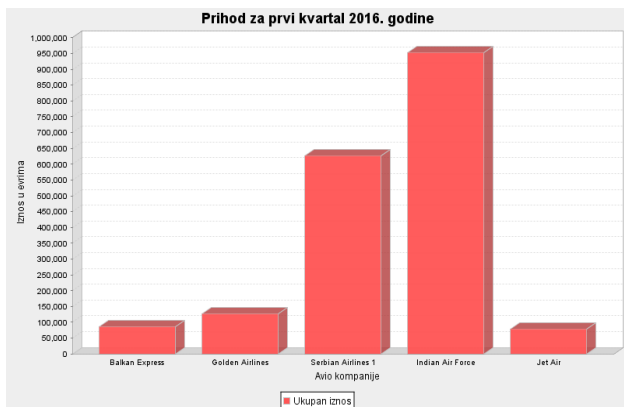
U okviru *Talend* alata *ETL* proces je predstavljen kao posao (eng. *Job*). U pozadini procesa generiše se Java kôd, koji se izvršava prilikom pokretanja datog *Talend* posla. Poslovi mogu biti različiti, u zavisnosti od toga koja komponenta se koristi za njihovu realizaciju. U ovom radu najčešće su korišćene komponente za generisanje podataka, čitanje iz tabela, upis, izmenu, kao i komponente za mapiranje i transformaciju podataka i generisanje grafičkih izveštaja. *Talend* nudi integraciju sa mnogim *OLAP* alatima, kao na primer *Jaspersoft*, *Mondrian*, *Palo*, i drugi. Osim toga, sadrži i dve gotove komponente, korišćene u ovom radu za kreiranje grafičkih izveštaja *tBarChart* i *tLineChart*.

U ovom odeljku data su četiri primera izveštaja koja su moguća na osnovu opisanog skladišta podataka. U prvom izveštaju prikazan je broj rezervacija za pet najbolje rangiranih avio kompanija u tekućoj godini (slika 4.1).



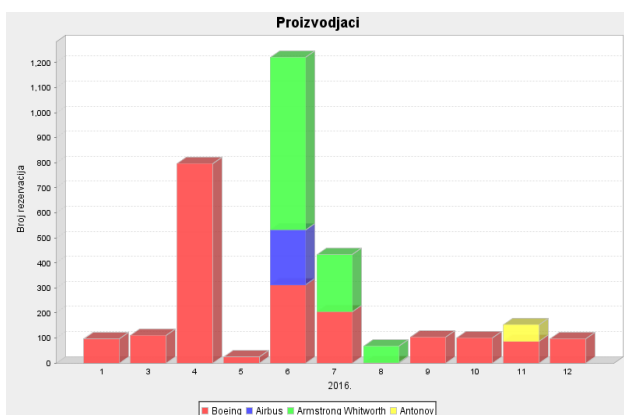
Slika 4.1. Primer rezultata prvog izveštaja

Na slici 4.2. prikazani su rezultati drugog izveštaja. U drugom izveštaju dat je prikaz ostvarene zarade pet avio kompanija u poslednjih godinu dana.



Slika 4.2. Primer rezultata drugog izveštaja

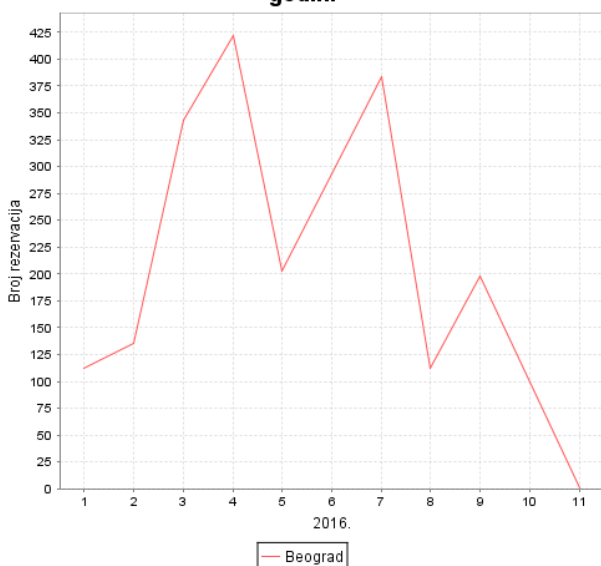
Na slici 4.3. prikazani su rezultati trećeg izveštaja. U trećem izveštaju dat je prikaz praćenja broja rezervisanih polazaka po proizvođačima aviona na mesečnom nivou za prethodnu godinu.



Slika 4.3 Primer rezultata trećeg izveštaja

Na slici 4.4. prikazani su rezultati četvrtog izveštaja. U trećem izveštaju dat je prikaz praćenja broja rezervisanih polazaka iz Beograda u tekućoj godini.

Kretanje broja rezervisanih polazaka iz Beograda u 2016. godini



Slika 4.4. Primer rezultata četvrtog izveštaja

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisan je razvoj *Data Warehouse* sistema za praćenje rezervacija avio karata. Da bi se to uradilo bilo je potrebno upoznati se sa teorijskim osnovama, principima i radovima iz oblasti sistema skladišta podataka. Prikazan je deo šeme baze podataka koja je iskorišćena kao izvor podataka. Zatim se pristupilo modelovanju šeme baze podataka *Data Warehouse* sistema. Sistem je projektovan tako da je obezbeđeno praćenje rezervacija karata po destinacijama, avio kompanijama, tipovima aviona, proizvođačima aviona, tipu putnika i različitim klasama avio karata čime se pruža mogućnost za mnoštvo analiza i izveštaja neophodnih za podršku u odlučivanju.

Nakon toga opisan je proces transformacije i učitavanja podataka iz izvorne baze operativnih podataka u *Data Warehouse* sistem. Izvršeno je projektovanje i implementacija *ETL* procesa za svaku dimenziju ponaosob i na kraju za činjenicu.

Kao rezultat, razvijen je sistem koji podržava više izvora podataka, omogućava generisanje različitih tipova izveštaja i analizu rezervacija avio karata. Primeri nekih izveštaja su obrađeni u četvrtom poglavlju rada. Dalji razvoj ovog rešenja može se odnositi na:

- kreiranje dodatnih materijalizovanih pogleda kao podrška kompleksnijim analizama i izveštajima;
- razvoj alata koji bi pružao mogućnost dobijanja različitih izveštaja nad skladištem podataka opisanim u ovom radu. Takav alat bi bio korišćen od strane menadžmenta, kako bi mogli da posmatraju trendove i dobijaju izveštaje zasnovane na željenim kriterijumima u cilju povećanja profita i olakšavanju donošenja odluka na strateškom i taktičkom nivou;
- profilisanje i čišćenje podataka; s obzirom da projektovani *Data Warehouse* sistem podržava više izvora, vrlo brzo se povećava količina „prljavih“ podataka;
- poređenje performansi *Talend Open Studio* alata i drugih sličnih komercijalnih i alata otvorenog kôda.

LITERATURA

[1] The data warehouse toolkit 3rd edition - The Definitive Guide to Dimensional Modeling Ralph Kimball Margy Ross, 2013.

[2] Luković I. Beleške sa predavanja 2010.

[3] Milan Čeliković – Primena *Data Warehouse* sistema u praćenju nastavnog procesa, FTN Novi Sad, 2009.

Kratka biografija:



Ivan Trbojević rođen je u Skoplju 1984. god. Apsolvent je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, departman za računarstvo i automatiku, smer za primenjene računarske nauke i informatiku.

ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА ИГРЕ SNAKE УПОТРЕБОМ MVVM ОБРАСЦА У WPF

IMPLEMENTATION OF THE SNAKE GAME BY THE MVVM PATTERN IN WPF

Владимир Петровић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

Кратак садржај – У овом раду приказана је, на примеру имплементације игре Snake, реализација апликације применом MVVM обрасца уз коришћење WPF технологије. Представљене су предности које доноси апликација реализована на овакав начин, као и потенцијални правци даљег развоја.

Abstract – In this work, it is showed how to implement the Snake game application using MVVM pattern and WPF technology. Advantages that bring applications implemented in this way are presented, along with potential directions for further development.

Кључне речи: Snake, MVVM, WPF.

1. УВОД

Овај рад се бави применом Model-View-ViewModel обрасца у Windows Presentation Foundation графичком подсистему на примеру имплементације игре Snake. С обзиром да се ради о MVVM апликацији, веома је битно да се образац адекватно примени приликом имплементације, како би све његове предности дошле до изражаја. Структура игре Snake, у складу са обрасцем, представљена је путем компоненти Model, View и ViewModel. Описано је како компоненте структуре комуницирају између себе, као и њихова имплементација у оквиру игре Snake.

2. ОПИС ИГРЕ SNAKE

Игра Snake омогућује кориснику да управља кретањем змије ради узимања хране и скупљања бодова. Подручје по ком се змија креће састављено је од мноштва ћелија, где се на насумично одабраном месту ствара храна. Змија има специфичну дужину, тако да постоји реп који се помера, и који је одређен број поља удаљен од главе. Узимање хране омогућава постепено повећавање дужине змије и брзине њеног кретања.

Игра се завршава уколико змија удари у своје тело или у оквир подручја предвиђеног за игру. Кориснику је у току игре потребно обезбедити информације о тренутном броју бодова, нивоу и количини поједене хране. Пре самог играња, потребно је омогућити преглед главног менија апликације, из ког је могуће изабрати, поред играња игре, прозор са опцијама за управљање звуком и темом апликације, као и преглед најбољих резултата.

НАПОМЕНА:

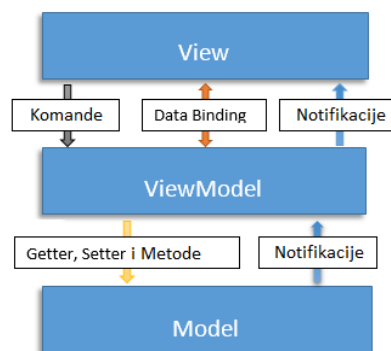
Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Мирослав Хајдуковић, р. проф.

3. MVVM ОБРАЗАЦ И WPF

WPF представља платформу за развој корисничких интерфејса, помоћу тестираних и прихваћених дизајн образаца. MVVM образац представља стандардизован начин да се искористе основне карактеристике WPF-а и да се поједностави стварање корисничког интерфејса. MVVM, у комбинацији са WPF-ом, омогућава стварање једноставног и робусног оквира, над којим свака WPF апликација може да се развија.

3.1 MVVM образац

MVVM образац је креиран да реши нека од ограничења MVP (Model-View-Presenter) и MVC (Model-View-Controller) образаца. Логика и стање View-а код MVC обрасца налазили су се у самом View-у и били су тесно повезани са осталим компонентама [1]. Ове проблеме делимично је решио MVP образац, али између View-а и Presenter-а је и даље постојала веза [1]. Појавом WPF-а, објављен је и MVVM образац, који је донео потпуно одвајање логике и стања View-а у класу која се назива ViewModel [1]. Постоје три основне компоненте у MVVM обрасцу: Model, View и ViewModel [3]. Свака компонента има јасну и посебну улогу. Слика 3.1.1 илуструје везу између ове три компоненте [3].



Слика 3.1.1: MVVM компоненте и везе између њих [3]

Намена MVVM обрасца јесте да обезбеди успешно одвајање логике од презентације елемената унутар XAML/C# апликација [4].

Компоненте су одвојене једне од других, што омогућава следеће предности: компоненте могу бити замењене, могуће је променити њихову интерну имплементацију без афектовања других компоненти, на компонентама је могуће радити одвојено и Unit тестирање је изоловано [3]. Поред предности, MVVM има и неколико недостатака: није погодан за примену код веома једноставних корисничких интерфејса, тешко је унапред дизајнирати ViewModel код великих

пројеката, као и отежано дебаговање, уколико апликација садржи комплексне *data binding*-е [3].
 Веома је битно разумети како компоненте врше интеракцију између себе. На највишем нивоу *View* “зна” за *ViewModel*, а *ViewModel* “зна” за *Model*, док *Model* није свестан постојања *ViewModel*-а, и *ViewModel* није свестан постојања *View*-а. Ово је веома лабаво спојен дизајн, што се вишеструко исплати у његовој примени.

3.1.1 View

View је одговоран за дефинисање структуре, распореда и изгледа онога што корисник види на екрану [4]. Идеално, дефинисан је искључиво у *XAML*-у (*Extensible Application Markup Language*), уз ограничен *code-behind*. Податке добија од *ViewModel*-а кроз *data binding* или позивањем метода на *ViewModel*-у. За време извршавања, *View* се мења када контроле одговарају на нотификације о променама својстава у *ViewModel*-у. Уколико је контрола извор команде, код на *ViewModel*-у ће бити извршен њеном активацијом на контроли. Поред команди, понашања могу бити везана за објекат у *View*-у, који слуша када је позвана нека команда или се десио неки догађај.

3.1.2 Model

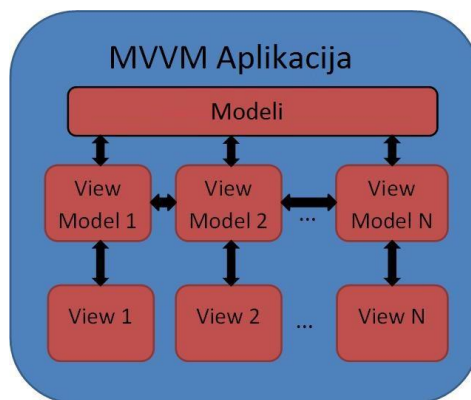
Модел је најједноставнији део структуре *MVVM* обрасца и представља модел података апликације [3]. Модел класе су не-визуелне класе, које енкапулирају пословну логику и податке [3]. Објекти модела треба да пруже нотификације, уколико дође до промене вредности неког својства, што се у *WPF*-у постиже *databinding*-ом и имплементацијом интерфејса *INotifyPropertyChanged*.

3.1.3 ViewModel

ViewModel представља главни део *MVVM* апликације. Не садржи било какво знање о специфичностима имплементације *View*-а или типу [4]. Примарна одговорност *ViewModel*-а је да обезбеди податке за *View*, да би *View* могао да их прикаже на екрану. *ViewModel* се понаша као посредник између *View*-а и модела, и одговоран је за управљање логиком *View*-а [4]. Типично, *ViewModel* врши интеракцију са моделом позивајући методе у класама модела. Након тога, *ViewModel* пружа податке из модела у форми која омогућава лако коришћење. *ViewModel* такође пружа имплементацију команди, које корисник апликације иницира путем *View*-а. *ViewModel* имплементира својства и команде на које *View* може да се *data bind*-ује и која ће *View* обавештавати, уколико дође до промене вредности.

3.1.4 Структура Snake MVVM апликације

За сваку описану функционалност игре *Snake*, потребно је применити *MVVM* образац. Потребно је да се свака функционалност реализује на такав начин да презентација, односно сваки прозор игре *Snake* представља један *View*, а логика која управља приказом овог *View*-а и моделом представља *ViewModel*. Структура *MVVM* апликације приказана је на слици 3.1.4.1 и састоји се из неколико интерпретација наведеног обрасца [1].



Слика 3.1.4.1: Комуникација између компоненти [1]

Конкретне имплементације компоненти, потребне за развој *Snake* апликације, представљене су у наставку.

3.2 WPF

WPF је графички подсистем за рендеровање корисничког интерфејса у апликацијама заснованим на *Windows*-у [2]. Представља систем нове генерације за развој *Windows* клијентских апликација са визуелно задивљујућим корисничким искуством, направљен тако да искористи могућности модерног графичког хардвера [2]. *WPF* користи *DirectX* за репрезентацију графичких објеката и њихову трансформацију до излазних уређаја као што су монитори и штампачи. Тиме је подржан и рад са *3D* објектима. За дефиницију и повезивање елемената корисничког интерфејса *WPF* користи *XAML*.

XAML је језик за означавање, који се користи за инстанцирање *.NET* објеката [2]. Иако је *XAML* технологија која се користи у више проблемских домена, њена примарна улога јесте да конструише *WPF* корисничке интерфејсе. Другим речима, *XAML* документи дефинишу распоред панела, дугмад и контроле које чине прозоре у *WPF* апликацији. *Code-behind* је придружен сваком *XAML* документу, и представља други начин за креирање и иницијализацију објеката, путем изворног кода. У природи *MVVM* обрасца је да *code-behind* за сваки *View* буде ограничен.

Основу за велики број одлика *WPF*-а, као што су анимације, *data binding* и стилови, представља специфичан тип својстава под називом својства зависности (енгл. *Dependency Properties*). *WPF* у великој мери интерно користи својства зависности, јер пружају обавештења у случају промене вредности.

3.2.1 Data binding

Data binding је најважнији део *WPF*-а, и представља кључну одлику која омогућава употребу *MVVM* обрасца [3]. *MVVM* искористава могућности *data binding*-а да управља везом између *View*-а и *ViewModel*-а. *Data binding* је процес који успоставља конекцију између корисничког интерфејса апликације и пословне логике. Уколико подаци пружају одговарајућа обавештења, тада, након промене вредности података, елементи који су везани за те податке аутоматски рефлектују промене.

4. ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА ИГРЕ SNAKE

Игра *Snake* је имплементирана као *MVVM* апликација. Сваки прозор апликације представља један *View*, где је, поред описа њихове употребе, укратко је описан и *ViewModel* који управља њиховом логиком, као и модел који представља податке са којима се рукује.

4.1 Главни прозор апликације

Главни прозор кориснику пружа одабир неке од главних могућности апликације. Из главног прозора могуће је започети нову игру, прегледати најбоље резултате, изменити подешавања или затворити апликацију. Изглед главног прозора приказан је на слици 4.1.1.



Слика 4.1.1: Главни прозор апликације

View у којем је имплементиран овај прозор назива се *MainWindowView*. Горњи део прозора садржи лого, који представља текстуалну анимацију, док се испод налазе дугмад за одабир жељене опције. Свако дугме иницира команду, која се извршава на везаном *ViewModel*-у. *MainWindowViewModel* задужен је за управљање логиком овог *View*-а. Овај *ViewModel* имплементира команде за отварање новог прозора.

4.2 Прозор за игру

Кликом на дугме *Start Game* у главном прозору, отвара се прозор за играње. Овај *View* назива се *GameView* и његов изглед приказан је на слици 4.2.1.



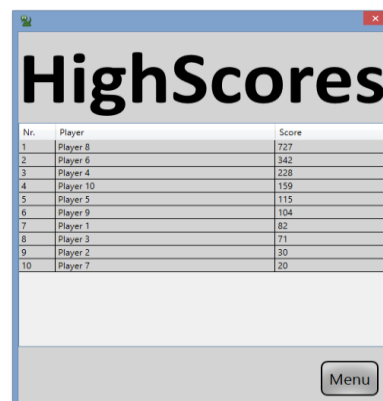
Слика 4.2.1: Прозор за игру

Са десне стране налазе се подаци о тренутној игри корисника, као што је резултат, ниво и количина поједене хране, као и дугмад за ресетовање игре и повратак у главни мени, док се са леве стране налази

поље за игру. Вредности наведених података ажурирају се путем *data binding*-а, када дође до промене вредности на *ViewModel*-у. Поље за игру представља мрежу на коју је могуће додати мноштво ћелија, од којих свака има одређену намену. Дефинисан је модел, који на адекватан начин описује сваку ћелију на пољу за игру, и представљен је класом *Part*. Свака од ових ћелија описана је одговарајућим параметрима, како би се знало која је позиција сваке од њих у мрежи, као и њена намена. Ћелија може да има различиту сврху, односно може да означава тело змије, главу змије, храну или бонус. *GameViewModel* представља *ViewModel* који управља логиком игре *Snake* и приказом на *GameView*-у. Главни делови овог *ViewModel*-а представљају тајмер под називом *GameTimer*, који сваким својим откуцајем омогућава кретање змије и извршавање остатка логике, као и колекција ћелија које тренутно постоје у пољу за игру, под називом *Grid*, и чијим се манипулисањем мења приказ на екрану. *GameViewModel* имплементира и команде, које се тичу правца у ком се змија креће. За реализацију мреже унутар *GameView*-а коришћена је контрола *ItemsControl*, која служи да специфицира начин приказа неке колекције објеката. Ова контрола као извор података користи колекцију *Grid*, и сваки објекат колекције представља путем лателе на неком месту у мрежи, у зависности од вредности параметара конкретног објекта колекције. Имплементација на овакав начин испољава предности *MVVM* обрасца, где је могуће у потпуности променити изглед *View*-а, без промене *ViewModel*-а, или утицаја на рад саме игре. Такође, могуће је променити логику *ViewModel*-а, да имплементира потпуно другу игру, као што је *Tetris*, без промене *View*-а.

4.3 Прозор са резултатима

Кликом на дугме *Highscore* у главном прозору, отвара се прозор са резултатима. Приказано је десет најбољих резултата, као и име и ранк сваког играча. Овај *View* назива се *HighscoreView* и његов изглед приказан је на слици 4.3.1



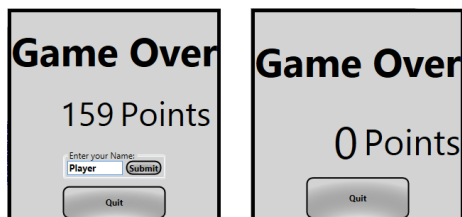
Слика 4.3.1: Прозор са резултатима

Главни део овог *View*-а представља табела са резултатима, за чију имплементацију се користи *DataGrid* контрола. Извор података ове контроле представља листа *Scores* из *HighscoreViewModel*-а. Резултат играча описан је серијабилном класом

Highscore, која садржи информације о имену играча, његовом резултату, као и ранку на листи. Листа најбољих резултата се ишчитава из локалне датотеке, након чега се преузима од стране *ViewModel*-а како би била припремљена за приказ.

4.4 Прозор за завршетак игре

Уколико змија удари у зид или у своје тело, игра се завршава и појављује се прозор за завршетак игре. Овај *View* назива се *GameOverView* и кориснику приказује освојени резултат. Уколико је резултат довољно добар да уђе у десет најбољих, појављује се поље у које корисник може да упише своје име. Оба приказа представљена су на слици 4.4.1.



Слика 4.4.1: Прозор за завршетак игре

GameOverViewModel прима резултат који је корисник остварио, и проверава да ли је довољно добар да уђе у десет најбољих. Уколико јесте, кликом на дугме *Submit* након уноса имена, листи најбољих се додаје нова инстанца класе *Highscore*, која се затим чува у локалну датотеку. Уколико није, кориснику се приказује само остварени резултат.

4.5 Прозор са подешавањима

Кликом на дугме *Settings*, отвара се прозор са подешавањима апликације под називом *SettingsView*, где је могуће подесити јачину звука, као и тему апликације (слика 4.5.1).



Слика 4.5.1: Прозор са подешавањима игре

Јачина звука регулисана је путем слајдера, а кликом на *Mute* звук се искључује без обзира на слајдер. Такође, омогућено је мењати тему на нивоу апликације, а избор је могућ између *Classic* и *Retro* тема. *Retro* тема приказана је на слици 4.5.2



Слика 4.5.2: Изглед *Retro* теме

Модел, који описује подешавања у игри, представљен је статичком класом *Settings*, која садржи податке о тренутној теми, као и *player*-е за репродукцију звука. *MediaPlayer* се користи за репродукцију музике, док је *SoundPlayer* задужен за кратке звукове у току игре. *SettingsViewModel* омогућава постављање жељених подешавања путем својстава *Volume*, *IsMuted* и *ChangeTheme*, чија се промена вредности аутоматски рефлектује на комплетну апликацију.

5. ЗАКЉУЧАК

Основни циљ овог рада био је да се употребом *WPF* технологије створе услови за ефикасну примену *MVVM* обрасца и имплементира игра *Snake*. Представљене су све функционалности са којима апликација располаже, као и детаљан начин њихове имплементације. Такође, у раду је описано *WPF* окружење и *MVVM* образац, као и њихово узајамно коришћење у циљу ефикасног развоја поменуте игре. Предност коришћења *MVVM* обрасца у развоју игре *Snake* се огледа пре свега у могућности да се презентација одвоји од логике. Овако лабав дизајн доноси мноштво предности у току развоја и одржавања апликације, првенствено јер је могуће да се истовремено и независно ради на *Model*, *View* и *ViewModel* компонентама. Такође, у неке од кључних предности спадају редизајнирање интерфејса игре, које је могуће извршити без измене изворног кода, поновна искористљивост компоненти, као и тестирање.

У потенцијалне правце даљег развоја спадају проширење апликације додатним подешавањима, као што је измена тастера који се користе за управљање, додавање препрека на пољу за игру преласком на виши ниво, и реализација *multiplayer* опције.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] R.Vice, and M.S. Siddiqi, "MVVM Survival Guide For Enterprise Architectures in SilverLight and WPF", 2012, Packt Publishing, pp.2
- [2] Wikipedia, „WPF“, https://en.wikipedia.org/wiki/Windows_Presentation_Foundation
- [3] Microsoft Developer Network, "The MVVM pattern", <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/hh848246.aspx>
- [4] Microsoft Developer Network, "Implementing the MVVM pattern", <http://bit.ly/1GKFKVd>

Кратка биографија:



Владимир Петровић је рођен у Новом Саду 1991. год. Основну школу „Десанка Максимовић“ завршио је у Футогу 2006. године. Средњу техничку школу „9. Мај“ у Бачкој Паланци завршио је 2010. године. Основне академске студије на Факултету техничких наука у Новом Саду, смер Рачунарство и аутоматика, усмерење Примењене рачунарске науке и информатика, завршио је 2014. године. Мастер академске студије на Факултету техничких наука у Новом Саду је уписао 2014 године.

TEHNIČKI ZAHTEVI ZA PRIKLJUČENJE MALIH ELEKTRANA NA DISTRIBUTIVNI SISTEM**TECHICAL REQUIREMENTS FOR THE CONNECTION OF SMALL POWER PLANTS TO THE DISTRIBUTION SYSTEM**

Sladana Jandrić, Boris Dumnić, Bane Popadić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – *Primena malih elektrana, posebno elektrana priključenih na distributivni sistem električne energije, sve više dobija na značaju. Ovo je posebno istaknuto značajnim razvojem novih tehnologija u oblasti obnovljivih izvora električne energije. U ovom radu će biti izloženi tehnički zahtevi za priključenje malih elektrana na distributivni sistem u Republici Srbiji. Kao poseban segment, a s obzirom na značaj sistemske i zaštite od ostrvskog režima rada, u radu su prikazani rezultati testiranja zaštitnog releja renomiranog proizvođača.*

Abstract – *The number of small power plants connected to the distribution network has constantly been increasing. This has particularly been emphasized by the development of new technologies in the area of renewable energy sources. The paper discusses technical requirements for the connection of small power plants to the distribution network. Considering the importance of system and islanding protection, the paper will present the results of protection relay testing, using the relay from a renowned manufacturer.*

Ključne reči: *tehnički zahtevi, male elektrane, distributivni sistem, sistemska zaštita, relej.*

1. UVOD

Strategija održivog razvoja je postala jedan od ključnih principa za razvoj čovečanstva u 21. veku. Međutim, povećanje životnog standarda i poboljšanje kvaliteta života po pravilu prati i povećana potreba društava za energijom [1,2]. U tom smislu, razvoj tehnologije treba da prati razvoj društva obezbeđujući pouzdano snabdevanje energijom neophodnom za zadovoljenje raznih životnih potreba. Svakako, cena energije dobijene upotrebom fosilnih goriva, a s obzirom na ograničene resurse, je u stalnom porastu.

To je uslovalo da se čovečanstvo okrene obnovljivim izvorima električne energije, što je u potpunosti u skladu sa održivim razvojem. S druge strane, tokom integracije obnovljivih izvora energije sa postojećim elektroenergetskim sistemom, mogu se javiti različite prepreke i poteškoće.

Osnovna podela distribuiranih izvora energije, uključujući i obnovljive izvore energije određenih snaga može biti izvršena prema vrsti primarnog energenta.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Boris Dumnić, doc.

Na taj način elektrane se dele na: solarne elektrane, vetroelektrane, male hidroelektrane, elektrane na biomasu, elektrane koje koriste geotermalnu energiju i gorivne ćelije, postrojenja za visokoefikasnu kombinovanu proizvodnju električne i toplotne energije idr. Primena distribuiranih izvora u distributivnom sistemu ima brojne prednosti, ali postoje i određeni nedostaci [3]. U Tehničkoj preporuci br. 16 (TP 16) su opisana osnovna pravila priključenja malih elektrana na distributivni sistem, i dok Pravila o radu distributivnog sistema imaju obavezujući karakter, najveći deo pravila vezanih za priključenje objekata proizvođača su direktno preuzeta upravo iz tehničke preporuke. U ovom radu tretirani su uslovi priključenja prema TP 16.

2. USLOVI ZA PRIKLJUČENJE NA DISTRIBUTIVNU MREŽU

Prema TP 16 uslovi za priključenje na distributivnu mrežu se odnose na osnovne tehničke zahteve za priključenje malih elektrana snage 10MW na distributivni sistem (DS) nazivnog napona 0.4 kV (1 kV, NN mreža), 10 kV, 20 kV ili 35 kV. Usaglašena sa važećim tehničkim propisima, priznatim svetskim standardima iz ove oblasti, tehnička preporuka uvažava razvoj i primenu savremenih tehničkih rešenja za ovu vrstu elektroenergetskih objekata. Osnovni ciljevi sadržani u TP 16 su [4]:

- Utvrđivanje osnovnih kriterijuma za ocenu mogućnosti priključenja male elektrane (ME), s obzirom na karakteristike DS i vrstu, snagu i način rada ME,
- Utvrđivanje standardnih načina priključenja,
- Određivanje načina i mesta merenja električne energije i snage,
- Utvrđivanje postupaka izbora vrsta i karakteristika zaštitnih uređaja i rasklopnih aparata,
- Utvrđivanje načina kompenzacije reaktivne snage u ME,
- Utvrđivanje postupka i redosleda aktivnosti od prijavljivanja do priključenja ME na DS, sa neophodnom dokumentacijom i obrascima,
- Utvrđivanje načina i uslova za puštanje u rad ME i paralelan rad sa DS,
- Utvrđivanje načina vođenja pogona ME.

Na ovaj način su utvrđene tehničke, projektne i pogonske karakteristike koje treba da ispune Distributer i objekti korisnika koji se priključuju na DS. Izuzev toga, ovim dokumentom se utvrđuje obim neophodnih informacija koje će svaki korisnik DS staviti na raspolaganje Distributeru. Postupak priključenja na DS se pokreće

podnošenjem zahteva za izdavanje odobrenja za priključenje.

Odobrenje za priključenje mora biti usklađeno sa regulativom, a pre svega sa:

- Zakonom,
- Propisom kojim se uređuju uslovi isporuke električne energije,
- Pravilima, tehničkim propisima, normativama i standardima koji uređuju ovu oblast.

Tehnički uslovi za priključenje objekta treba da omoguće da operater distributivnog sistema obezbedi adekvatan rad DS uz nenarušavanje uslova korišćenja DS postojećim korisnicima i propisani standard usluge korisniku čiji se objekat priključuje. Tehnički uslovi priključenja utvrđuju se u skladu sa zakonom, propisima kojima se uređuju tehnički normativi za izgradnju, kao i pogon, održavanje i zaštitu elektroenergetskih objekata i postrojenja, odnosno instalacija. Distributer može dati saglasnost na promene uslova korišćenja električne energije za koje nije propisano izdavanje odobrenja za priključenje, ako se izmene uslova korišćenja odnose na priključenje specijalnih trošila (indukcione i elektrolučne peći, motori velikih snaga, kotlovi za grejanje i slično) ili priključenje uređaja za rezervno napajanje, odnosno drugih sličnih uređaja kojima se bitno menja uticaj objekta korisnika na DS ili ugrožava sigurnost i bezbednost.

2.1. Osnovni tehnički zahtevi za priključenje male elektrane na distributivni sistem

Priključenje elektrane na DS je moguće ukoliko se ispune osnovni uslovi utvrđeni tehničkom preporukom, odnosno pravilima o radu distributivnog sistema [4]. Pri tome, elektrana mora biti opremljena zaštitnim i drugim uređajima kojima se štite generatori i druga oprema ME od oštećenja i havarija zbog kvarova u DS. Svakako, svaka ME mora ispuniti i posebne uslove date u odobrenju za priključenje.

U odnosu na DS radni režim ME može biti dvojak. U prvom slučaju ME može da radi paralelno, sa stalnom ili povremenom predajom električne energije u DS, ali bez mogućnosti ostrvskog rada. Drugim slučajem predviđen je i kombinovan rad, odnosno dozvoljena je mogućnost ostrvskog režima rada.

Za priključenje i bezbedan paralelan rad ME sa DS, svi dokumenti propisuju četiri osnovna kriterijuma koje ME mora zadovoljiti:

- Kriterijum dozvoljenog odstupanja (promene) napona,
- Kriterijum snage kratkog spoja,
- Kriterijum flikera,
- Kriterijum dozvoljenih struja viših harmonika.

Izuzev ovih, u tehničkoj preporuci se predviđaju i dodatni kriterijumi, kriterijum bezbedne sinhronizacije i kriterijum maksimalno dozvoljenog injektiranja jednosmerne struje koje je takođe neophodno proveriti prilikom planiranja ME.

3. ZAŠTITA GENERATORA I PRIKLJUČNOG VODA MALE ELEKTRANE

Posebnu pažnju je neophodno obratiti na uređaje kojima se štiti oprema unutar ME, a posebno kako bi se izbegao nedozvoljen radni režim elektrane. Stoga ne čudi, da se posebnom tačkom TP 16 utvrđuju osnovni zahtevi za

izbor uređaja za zaštitu generatora i elemenata rasklopne aparature ME od mogućih havarija i oštećenja usled kvarova i poremećaja u DS (kratak spoj, zemljospoj, promena napona i/ili promena frekvencije), u uslovima paralelnog rada. Kroz TP 16 posebno su istaknuti uslovi sledećih zaštita:

- Sistemska zaštita i zaštita priključnog voda
- Zaštita od ostrvskog režima rada

3.2 Sistemska zaštita i zaštita priključnog voda

Sistemska zaštita obezbeđuje isključenje ME sa DS kada se stanje veličina u DS razlikuje od dozvoljenih vrednost. Ova zaštita može imati i zahtevano vreme zadržke, kako bi se izbeglo reagovanje na prelazne kvarove u DS.

Sistemska zaštita se sastoji od:

- Naponske zaštite, koja reaguje na poremećaj ravnoteže između proizvodnje i potrošnje reaktivne energije,
- Frekventne zaštite, koja reaguje na poremećaj ravnoteže između proizvodnje i potrošnje aktivne energije.

Naponska zaštita se sastoji nadnaponske zaštite ($U >$) čiji je najmanji opsega podešavanja $(0.9 - 1.2) * U_{ng}$, koja reaguje sa vremenskom zadržkom najmanjeg opsega podešavanja $(0.2 - 3) s$, i podnaponske zaštite ($U <$) čiji je najmanji opsega podešavanja $(1.0 - 0.7) * U_{ng}$, koja reaguje sa vremenskom zadržkom najmanjeg opsega podešavanja $(0.2 - 3) s$.

Frekventna zaštita se sastoji od nadfrekventne zaštite ($f >$) najmanjeg opsega podešavanja $(49 - 52) Hz$, koja reaguje sa vremenskom zadržkom najmanjeg opsega podešavanja $(0.2 - 3) s$ i podfrekventne zaštite ($f <$) najmanjeg opsega podešavanja $(51 - 48) Hz$, koja reaguje sa vremenskom zadržkom najmanjeg opsega podešavanja $(0.2 - 3) s$.

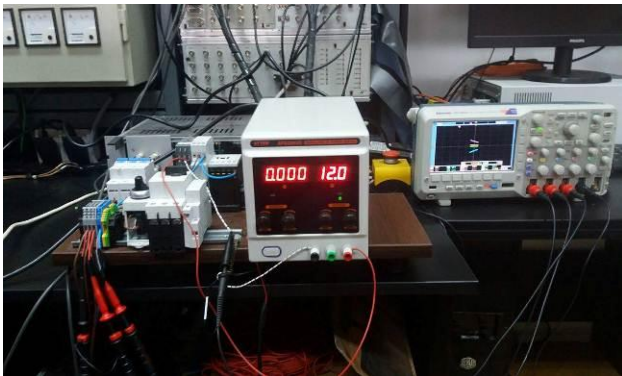
Sistemska zaštita se realizuje upotrebom zaštitnog releja čiji opsezi podešavanja moraju odgovarati opsezima istaknutim u TP 16.

Zaštita priključnog voda ME je prekostrujna (sa vremenskom zadržkom) i zemljospojna (trenutna) zaštita, i u zavisnosti od naponskog nivo na mestu priključenja izvodi se standardnim rešenjima (rasklopno postrojenje za srednji napon, elektromagnetni i termički okidači za niski napon).

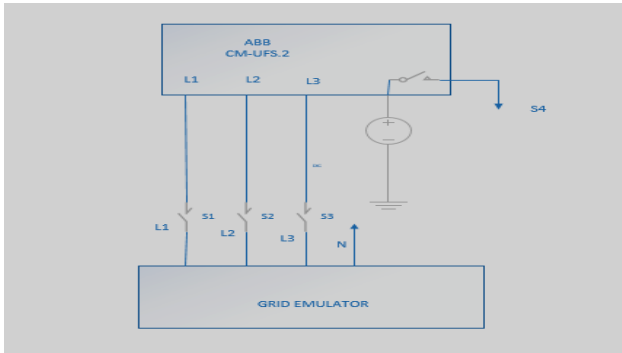
4. EKSPERIMENTALNA POSTAVKA I REZULTATI EKSPERIMENTA

4.1. Opis eksperimentalne postavke

Kako bi se ispitalo ispravno dejstvo zaštitnog releja, korištena je istraživačka stanica za ispitivanje distribuiranih izvora električne energije [5]. Preciznije, kako bi se obezbedili uslovi neophodni za reagovanje releja koristi se emulator mreže (*Grid Emulator GE15*). Osim toga, izgled eksperimentalne postavke sa dodatnom opremom koja je korišćena prikazan je na slici 1. Za potrebe eksperimenta korišćeni su: DC izvor (12 V), četvorokanalni osciloskop – *Tektronix MSO 2004B Mixed Signal Oscilloscope*, naponske sonde slabljenja sto puta i relej tipa *ABB CM-UFS.2*. Šema veze između zaštitnog releja i GE15 prikazana je na slici 2.



Slika 1. Izgled eksperimentalne postavke



Slika 2. Šema veze između releja i emulatora mreže

Kako na šemi možemo da vidimo, na ulaz releja je povezan emulator mreže, gde L1, L2 i L3 predstavljaju prvu, drugi i treću fazu, respektivno, a priključak N predstavlja neutralnu tačku. Nakon povezivanja emulatora mreže na ulaz releja, priključen je osciloskop. Za priključenje osciloskopa smo koristili naponske sonde, gde je sonda S1 povezana na fazu L1, sonda S2 povezana na fazu L2 i sonda S3 povezana na fazu L3. Sonda S4 je povezana na upravljački izlaz releja i između negativnog pola DC izvora. Pozitivan pol izvora je povezan na drugi kraj upravljačkog releja. Sa S4 posmatramo upravljački signal koji nam služi da uhvatimo trenutak kada je relej odreagovao, odnosno služi nam kao indikacija prorade releja (uključen/isključen). Negativan pol DC izvora povezana je na masu osciloskopa. Ukoliko relej nije odreagovao sonda S4 osciloskopa će prikazati 12 V, dok će nakon što relej odreaguje prikazati 0 V.

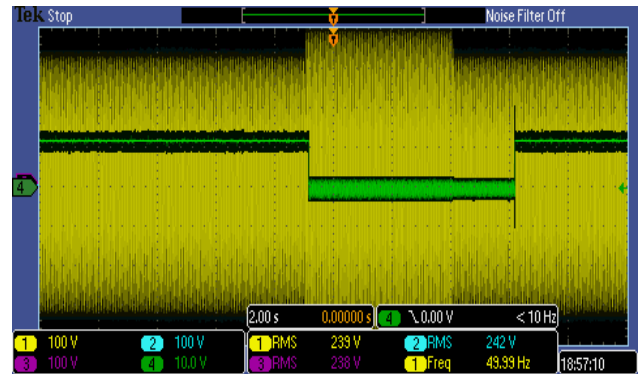
4.2. Rezultati eksperimenta

Emulator mreže je specijalno dizajniran da može oponašati poremećaje u mreži, kao što su nadnapon, podnapon, nadfrekvencija i podfrekvencija. Upravo je prema ovim poremećajima i testirana pravilna reakcija zaštitnog releja.

4.2.1. Nadnaponska zaštita

Prilikom provere nadnaponske zaštite, zadali smo vrednost napona za 20% veću od nominalnog. Pojave poremećaja relej je odreagovao trenutno, što na slici 3 možemo da vidimo. Zelenom bojom je prikazan upravljački signal koji nam služi da vidimo trenutak kada je relej odreagovao, ostali signali predstavljaju napone. Vreme zadržke releja iznosi 1s. Po uspostavljanju normalnog stanja napajanja relej ispituje da li su obezbeđeni normalni radni uslovi, a potom izvrši uključivanje pogona. Možemo da zaključimo da je relej

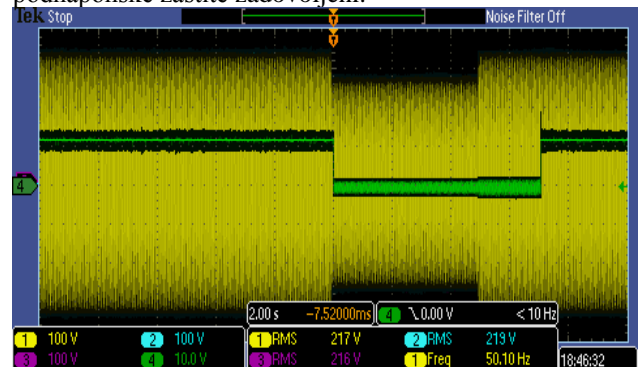
odreagovao u skladu sa propisima, odnosno da su kriterijumi nadnaponske zaštite zadovoljeni.



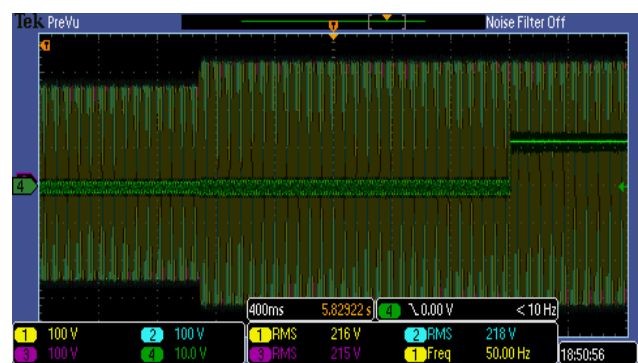
Slika 3. Reakcija nadnaponske zaštite releja

4.2.2. Podnaponska zaštita

Prilikom provere podnaponske zaštite, zadali smo vrednost napona za 20% manju od nominalnog. Vreme reakcije releja je trenutno, prikazano na slici 4. Način ponovnog uspostavljanja normalnog radnog stanja je isti kao i za nadnaponsku zaštitu. Detaljan prikaz dat je na slici 5. Možemo da zaključimo da je relej odreagovao u skladu sa propisima, odnosno da su kriterijumi podnaponske zaštite zadovoljeni.



Slika 4. Reakcija podnaponske zaštite releja



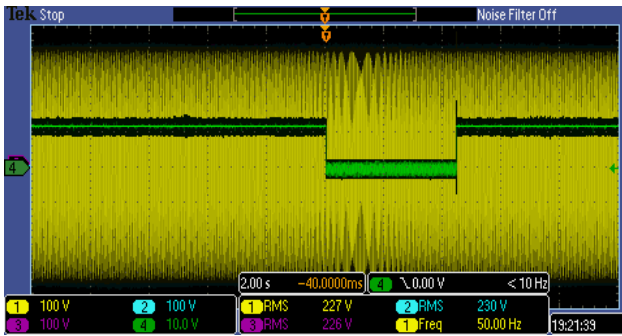
Slika 5. Uvećan prikaz ponovnog uspostavljanja normalnog radnog stanja releja

4.2.3. Nadfrekventna zaštita

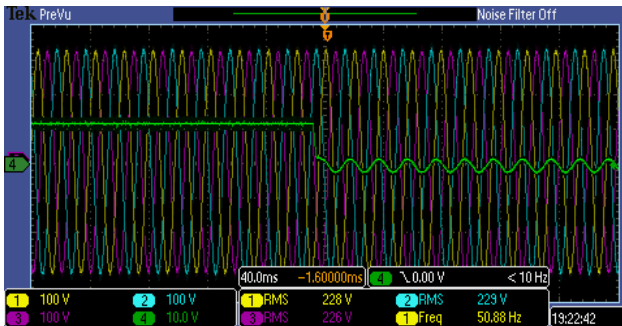
Prilikom provere nadfrekventne zaštite, zadali smo vrednost frekvencije 52 Hz. Promenu frekvencije je moguće videti na slici 6.

Prilikom testiranja relej je odreagovao na 50.88 Hz, kako je prikazano na slici 7.

Možemo da zaključimo da je relej odreagovao u skladu sa propisima, odnosno da su kriterijumi nadfrekventne zaštite zadovoljeni.



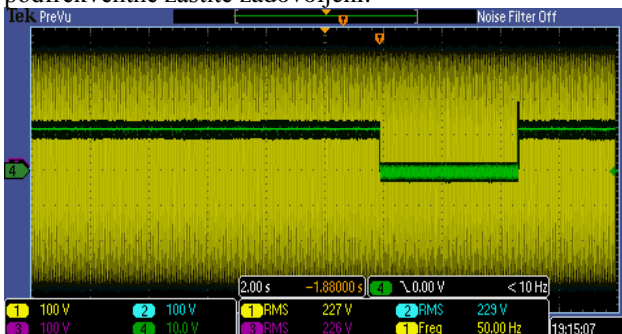
Slika 6. Reakcija nadfrekventne zaštite releja



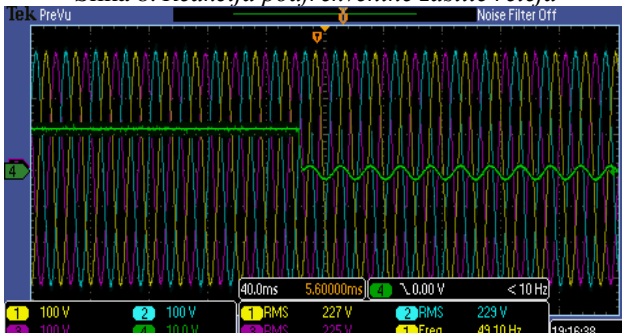
Slika 7. Uvećan prikaz trenutka delovanja nadfrekventne zaštite releja

4.2.4. Podfrekventna zaštita

Prilikom provere podfrekventne zaštite, zadali smo vrednost frekvencije 49 Hz. Na slici 8 je prikazano delovanje releja, koji je odreakovao na 49.10 Hz (slika 9). Nakon provere uslova, po povratku frekvencije u dozvoljene okvire izvršen je povratak u normalan radni režim. Možemo da zaključimo da je relej odreakovao u skladu sa propisima, odnosno da su kriterijumi podfrekventne zaštite zadovoljeni.



Slika 8. Reakcija podfrekventne zaštite releja



Slika 9. Uvećan prikaz trenutka delovanja podfrekventne zaštite releja

5. ZAKLJUČAK

U skladu sa tehnološkim napretkom, potrošačkim potrebama i zahtevima koje nameće priroda, svakim

danom javlja se težnja za novim pravcima proizvodnje električne energije, ali uz uslov što ekonomičnije eksploatacije sistema. Danas energija distribuiranih izvora pokriva samo mali udeo ukupne potrošnje sistema. Međutim, postoji tendencija da se poveća energija proizvedena tim putem kako bi se poboljšale karakteristike sistema, ali i kako bi se obezbedili svakim danom sve veći zahtevi potrošača. Sve je više u porastu razvoj malih elektrana.

Priključenje malih elektrana može da bude praćeno problemima obezbeđivanja zadovoljavajućeg kvaliteta električne energije, pouzdanosti zaštite, efikasnosti upravljanja. Kako bi se izbegli tehnički problemi prilikom priključenja malih elektrana na mrežu i kako bi se doprinelo njihovom bezbednijem razvoju neophodno je ispuniti određene tehničke kriterijume.

Takođe, systemska zaštita male elektrane je od suštinske vaznosti. U ovom radu je testiran zaštitni relej koji može da se nađe u nekim od malih elektrana.

Zaštitni relej je testiran na određene poremećaje koji mogu da se nađu u mreži i pokazao je zadovoljavajuće ponašanje po svim kriterijumima, odnosno ispunjenost kriterijuma je zadovoljena.

6. LITERATURA

- [1]. J. W. Twidell, A. D. Weir, "Renewable energy resources", 2nd edition, Taylor & Francis, New York, USA, 2006
- [2]. V. Katić, I. Kapetanović, N. Srajić, „Obnovljivi izvori električne energije“, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2007.
- [3]. V. Mijailović, „Distribuirani izvori energije – princip rada i eksploatacioni aspekti“, Akademska misao, Beograd, 2011.
- [4]. "Tehnička preporuka br. 16" JP EPS Direkcija za distribuciju električne energije Srbije, Beograd
- [5]. B. Popadic, B. Dumnic, D. Milicevic, V. Katic, Z. Corba, Sophisticated research and development station for control of grid connected distributed energy sources, X International Symposium on Industrial Electronics – INDEL 2014, Banja Luka, Bosnia and Herzegovina, 6-8 November, 2014,

Kratka biografija:



Slađana Jandrić rođena je u Novom Sadu 1990. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Energetska elektronika i električne mašine odbranila je 2016. god.



Boris Dumnić rođen je u Bileći, R. Srpska, 1976. god. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2013. god. Oblast interesovanja su elektromotorni pogoni, energetska elektronika i obnovljivi izvori električne energije.



Bane Popadić rođen je u Doboju 1988. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Energetska elektronika i električne mašine odbranio je 2012.god.

PREPROCESIRANJE PODATAKA I GENERISANJE SKUPA ATRIBUTA ZA SENTIMENT ANALIZU TVITER PORUKA**PREPROCESSING AND FEATURE EXTRACTION FOR SENTIMENT ANALYSIS OF TWITTER DATA**

Danijela Petrović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Ovaj rad opisuje istraživanje o uticaju načina pretprocesiranja, izbora skupa atributa i predstavljanja tvita u vektorskom prostoru atributa na rezultate Tviter sentiment analize. U okviru pretprocesiranja podataka ispitivane su lematizacija, stemming i NER (Named Entity Recognition) tehnika. Prilikom formiranja skupa atributa ispitivane su sljedeće tehnike: izdvajanje najfrekventnijih unigrama¹ i bigrama², izdvajanje unigrama na osnovu tf-idf³ težina, izdvajanje bigrama upotrebom POS-a (Part of speech) i upotrebom DP-a (Dependency parsing). Poruke sa tvitera (tvitovi) su predstavljeni u vektorskom prostoru atributa kao binarni vektori i kao vektori opisani vrijednostima tf-idf težina atributa. Problem klasifikacije rješavan je upotrebom sljedećih algoritama mašinskog učenja: SVM (Support Vector Machines), Naive Bayes i Random Forest. Najbolji rezultat, sa tačnošću od 77,44%, je postignut upotrebom SVM klasifikatora, korišćenjem lematizacije, predstavljanjem tvita kao binarnog vektora i upotrebom skupa atributa koji se sastojao od najfrekventnijih unigrama i bigrama izdvojenih DP tehnikom.

Abstract – This paper presents a study about the impact of preprocessing techniques, feature extraction and presentation of tweets in a vector space of features on Twitter sentiment analysis results. Within the research of preprocessing of data, techniques that were used were: lemmatisation, stemming, and NER (Named Entity Recognition). During the feature extraction following techniques were used: selecting the most frequent unigrams and bigrams, selecting unigrams based on tf-idf values, selecting bigrams by using the POS (Part of Speech) and by using the DP (Dependency Parsing). Tweets were represented in vector space of attributes as binary vectors and as vectors described by tf-idf values of attributes. The problem of classification was resolved using the following machine learning algorithms: SVM, Naive Bayes and Random Forest.

The best result with an accuracy of 77,44% was reached by using the SVM classifier, using lemmatisation, by

NAPOMENA:

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

¹ Pojedinačne riječi

² Niz od dvije riječi

³ Tf-idf je jedna od najpoznatijih težina u oblasti pronalazača informacija

presenting a tweet in the form of a binary vector in vector space of features and using features which consisted of the most frequent unigrams from the training dataset and bigrams which were singled out by the DP technique.

Ključne riječi: Istraživanje i analiza podataka, Klasifikacija teksta, Tviter sentiment analiza, Named Entity Recognition, Part of speech, Dependency parsing.

1. UVOD

Mikrobloging (eng. microblogging) sajtovi omogućuju korisnicima da razmjenjuju kratke poruke, slike, video datoteke i druge sadržaje kojima se može pristupiti putem internet linka. Kao takvi postali su izvor informacija o mišljenju ljudi o različitim temama kao što su događaji, proizvodi, poznate ličnosti i sl. To je motivisalo razvijanje tehnika i programa za analizu sadržaja ovakvih sajtova čiji rezultati mogu naći široku primjenu kako u nauci (sociologija, ekonomija, istorija, pravo) tako i u industriji. Klasifikacija teksta na osnovu osjećanja ili sentiment analiza (eng. sentiment analysis) je tema velikog broja naučnih radova i istraživanja. Mikrobloging poruke se razlikuju od ostalih tekstualnih sadržaja po tome što su kraće, imaju ograničenu dužinu, neformalnije su i sadrže mikrobloging karakteristike koje otežavaju klasifikaciju i zahtjevaju dodatno pretprocesiranje. Tviter (Twitter, www.twitter.com) je jedan od najpopularnijih mikrobloging sajtova i ovaj rad se bavi sentiment analizom poruka sa tvitera, koji se nazivaju tvitovi. Rad je koncipiran tako, da nakon uvodnog dijela slijedi druga sekcija u kojoj je dat prikaz prethodnih rješenja sa fokusom na radove koji su uticali na ovo istraživanje. Treća sekcija posvećena je primjenjenoj metodologiji i alatima uz pomoć kojih je implementirana. Četvrta sekcija se bavi eksperimentalnom evaluacijom i rezultatima, a peta sumarizacijom rada i pravcima budućih istraživanja.

2. PRETHODNA RJEŠENJA

Sentiment analiza i klasifikacija teksta je predmet mnogih istraživanja i naučnih radova. Posebnu grupu predstavljaju radovi i istraživanja koji se bave mikrobloging podacima, od kojih je najviše onih posvećenih sentiment analizi Tvitera. Fokus radova su različiti. SVM je klasifikator koji je na polju Tviter sentiment analize po eksperimentalnim rezultatima postigao najbolje rezultate [1]. Pored SVM-a, Naive Bayes je klasifikator koji se koristi u najvećem broju radova koji se bave Tviter sentiment analizom. Algoritam Random Forest je postigao značajne rezultate u radovima [2] i [3]. Dok veći broj radova koristi tradicionalni pristup klasifikaciji teksta tehnikama nadgledanog mašinskog učenja, izdvaja se i grupa radova koji koriste

nenadgledano učenje zasnovano na semantičkoj analizi podataka. U radu [4] se za klasifikaciju tvitova koristi nenadgledano učenje bazirano na ispitivanju zavisnosti riječi u rečenici (dependency parsing). U radu [5] su koristili NER i *Topic Modeling* kako bi odredili koje osjećanje (pozitivno, negativno ili neutralno) nose pojedinačne riječi, a zatim određivali koje cjelokupno osjećanje nosi tvit korišćenjem *dependency parsing-a* kao i u prethodno pomenutom radu. Pristup iz rada [6] je korišćen u ovom master radu prilikom izbora POS bigrama. Inovacije na polju sentiment analize Tvitera, razvijane u cilju poboljšanja do sad postignutih rezultata u ovoj oblasti, baziraju se na kontekstno zavisnoj analizi kao u radu [1] i na detekciji i uticaju sarkazma na sentiment tvita kao u radu [7].

3. METODOLOGIJA I ALATI

U ovoj sekciji je opisana metodologija korišćena tokom istraživanja kao i alati kojima je implementirana. Problem klasifikacije je rješavan upotrebom algoritama mašinskog učenja kao i u većini prethodnih radova. Korišćeni su algoritmi SVM, *Naïve Bayes* i *Random Forest*. Obučavajući i test skup su preuzeti iz rada [8]. Obučavajući skup se sastoji iz 10.000 automatski označenih tvitova, a test skup iz 359 ručno označenih tvitova.

3.1. Pretprocesiranje

Pretprocesiranje podrazumjeva prečišćavanje tvitova, odnosno odbacivanje ili zamjenu određenih dijelova tvita, kao i morfološku normalizaciju riječi od kojih se sastoji tvit.

3.1.1. Postupak pretprocesiranja

Postupak pretprocesiranja podataka u ovom istraživanju sastoji se iz sljedećih koraka: zamjena emotikona⁴ riječju koja opisuje taj emotikon, pretvaranje velikih slova u mala slova, zamjena akronima⁵ ili skraćenica riječima čije značenje nose, uklanjanje URL-ova (*Uniform Resource Locator*), uklanjanje korisničkih imena, uklanjanje *hashtag*⁶-ova, zamjena ponovljenih karaktera sekvencijom od dva ponovljena karaktera, uklanjanje praznih mijesta, uklanjanje stop⁷ riječi, uklanjanje znakova interpunkcije i specijalnih karaktera. Nakon ovih koraka slijedi morfološka normalizacija.

3.1.2. Morfološka normalizacija

Dva osnovna pristupa morfološkoj normalizaciji su steming (eng. *stemming*) i lematizacija (eng. *lemmatisation*). Lematizacija je gramatički pravilno redukovanje raznih gramatičkih oblika na baznu formu. Steming je grubo heuristički proces koji odsijeca krajeve riječi sa ciljem da postigne rezultat što sličniji onome koji postiže pravilna lematizacija bazirana na lingvističkom znanju. U ovom master radu se za steming koristi *Porter*

Stemming algoritam, dok se lematizacija tvita vrši pomoću *StanfordCoreNLP*⁸ biblioteke [9].

3.1.3. NER (Named Entity Recognition)

U sistemima za istraživanje i analizu podataka pod imenovanim entitetom (eng. *named entity*) se podrazumjeva jedinstveni identifikator za neki entitet (organizacije, ličnosti, lokacije), zatim vremenske odrednice (datumi, vremenski izrazi) i izrazi za količinu (novčane vrijednosti, procenti) [10]. NER je algoritam koji u tekstu locira i klasifikuje imenovane entitete. U ovom radu je u fazi pretprocesiranja korišćen *Stanford Named Entity Recognizer* [11] koji predstavlja Java implementaciju za NER. Korišćena je njegova klasa za engleski jezik (*english.conll4class.distsim.crf.ser.gz*) koja prepoznaje četiri grupe entiteta i to: Location - Lokacija, Person - Ličnost, Organization - Organizacija i Misc - ostali imenovani entiteti. NER je korišćen kako bi se svi prepoznati imenovani entiteti tokom pretprocesiranja zamjenili nazivom klase imenovanih entiteta kojoj pripadaju. Na taj način bi se uveo viši nivo apstrakcije u trening skup, test skup i skup atributa.

3.2. Skup atributa

Model „vreće sa riječima“ (eng. *“bag of words”*) je model skupa atributa koji se koristi u ovom istraživanju. Tekst koji se klasifikuje se predstavlja kao skup atributa koji su nezavisni jedan od drugog. Atributi su pojedinačne riječi - unigrami, ili parovi riječi - bigrami, koji su odabrani iz trening skupa različitim tehnikama. Koriste se prilikom obučavanja klasifikatora i klasifikacije.

3.2.1. Bazični skup atributa

Bazični skup atributa čine unigrami. Naziva se bazični skup, jer je dio svih kombinacija koje čine skup atributa koji su korišćeni u ovom istraživanju. Kreiran je na dva načina:

1) izborom najfrekventnijih riječi iz trening skupa

Frekvencija riječi u okviru trening skupa se određuje prebrojavanjem pojava riječi u tvitovima trening skupa. Kada se odredi frekvencija svake riječi, riječi se rangiraju u opadajućem redoslijedu vrijednosti njihove frekvencije. Tačke zasićenja predstavljaju tačke na grafiku minimalne frekvencije, frekvencije koju riječ treba da ima da bi bila uvrštena u bazični skup atributa, i broja riječi koje nisu zadovoljile minimalnu frekvenciju. Empirijski je utvrđeno da klasifikatori optimalno rade upravo u ovim tačkama. Za ciljani trening skup od 10000, koji je korišćen u ovom radu, utvrđen je bazični skup atributa koji se sastoji od 2909 atributa, a svaki atribut se u trening skupu pojavljuje minimalno 4 puta.

2) izborom riječi sa najvećim *tf-idf* [12] težinama

Formula (1) po kojoj se računaju *tf-idf* težine je rezultat analogije sa formulom za *tf-idf* težine koja se koristi za kolekcije dokumenata. Tvit se posmatra kao dokument, a skup tvitova kao skup dokumenata. *Tf-idf* težina je proizvod njegove logaritamske *tf* težine i njegove *idf* težine. $W_{a,t}$ je logaritamska težina broja pojavljivanja atributa *a* u tvitu *t*. Idf_a je mjera informativnosti atributa koja je obrnuto srazmjerna

⁴Baza emotikona i njihovih značenja je preuzeta sa https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_emoticons

⁵Baza akronima i skraćenica je preuzeta sa sajta www.noslang.com

⁶Koristi se na društvenim mrežama kao oznaka za određenu temu ili sadržaj, označava se sa karakterom „#“

⁷Baza stop riječi engleskog jezika je preuzeta sa <http://www.ranks.nl/stopwords>

⁸Библиотека је преузета са <http://stanfordnlp.github.io/CoreNLP/>

frekvenciji tvita, odnosno broju tvitova iz trening skupa u kojima se pojavljuje atribut a.

$$tf - idf = w_{a,t} * idf_a \quad (1)$$

Pristup koji je korišćen za izdvajanje najbolje rangiranih riječi preuzet je iz rada [13]. Izračunate su tf-idf težine za svaku riječ iz trening skupa u okviru svakog tvita. Sve tf-idf težine vezane za jednu riječ su sumirane. Riječi su rangirane u opadajućem redoslijedu vrijednosti suma za tf-idf težine. Izdvojeno je 2.909 najbolje rangiranih riječi.

3.2.2. Regularni bigrami

Regularni bigrami predstavljaju skup najfrekventnijih bigrama izdvojenih iz trening skupa. Konačan broj najfrekventnijih bigrama koji će se uvrstiti u skup atributa je biran na isti način kao i bazični skup atributa - utvrđivanjem tačke zasićenja trening skupa.

3.2.3. POS (Part of speech) bigrami

POS tagging je prepoznavanje i označavanje riječi u rečenici oznakama koje predstavljaju vrstu riječi kojoj ta riječ pripada. Alat koji je korišćen za POS označavanje u ovom istraživanju je *StanfordCoreNLP POS tagger*⁹ [14]. Postupak izdvajanja POS bigrama se sastoji iz tri koraka:

a) Tagovanja pretprocesiranih tvitova iz trening skupa pomoću tagger-a *StanfordCoreNLP* biblioteke.

b) Iz tagovanih tvitova su izdvajane samo kombinacije označenih riječi po šablonima: pridjev + glagol, glagol + imenica i pridjev + imenica (pristup je preuzet iz rada [6]).

c) Konačni skup POS bigrama je biran kao i regularni bigrami - ispitivanjem frekvencije pojavljivanja i izdvajanjem onih koji su najfrekventniji.

3.2.4. DP (Dependency parsing) bigrami

Dependency parsing podrazumjeva analiziranje gramatičke strukture rečenice, kako bi se prepoznale gramatičke veze između riječi u rečenici. Alat koji je korišćen za DP u ovom istraživanju je *Stanford Neural Network Dependency Parser*¹⁰ [15]. DP je korišćen u ovom radu kao još jedna tehnika za izdvajanje bigrama. Iz skupa relacija, koje prepoznaje *Stanford Neural Network Dependency Parser*, su odabrane one koje opisuju sintagme dvije riječi koje posmatrane zajedno imaju drugačije značenje u odnosu na posmatranje ovih riječi odvojeno. Izbor relacija je izvršio autor upotrebom smjernica iz priručnika za *Stanford Parser* [16].

DP bigrami su izdvajani u tri koraka:

a) Parsiranje pretprocesiranih tvitova iz trening skupa *Stanford Neural Network Dependency Parser*-om

b) Izdvajanje iz pretprocesiranih tvitova parova riječi koje su povezane sljedećim relacijama: "advmod", "amod", "aux", "auxpass", "goeswith", "mwe", "neg" "possessive", "prt".

c) Konačni skup DP bigrama je biran kao regularni i POS bigrami - ispitivanjem frekvencije pojavljivanja i izdvajanjem onih koji su najfrekventniji.

3.3. Tvit kao vektor atributa

Tvitovi se, prije nego što se prosljede algoritmima mašinskog učenja, predstavljaju u vektorskom prostoru atributa. Tvit se predstavlja kao n-dimenzionalni vektor,

gdje je n broj atributa u skupu atributa. U ovom istraživanju je ispitivan i uticaj dvije tehnike predstavljanja tvitova u vektorskom prostoru atributa. Slijedi opis tehnika:

1) tvit kao binarni vektor:

element vektora ima vrijednost 1 ukoliko tvit sadrži riječ ili bigram koji je jednak atributu koji predstavlja element, u suprotnom element vektora ima vrijednost 0.

2) tvit kao vektor tf-idf težina:

element vektora ima vrijednost koja je jednaka težini koja odgovara tf-idf težini atributa, koji predstavlja taj element. Tf-idf se računa po formuli (1).

4. EVALUACIJA I REZULTATI

Evaluacija se vršila nad test skupom opisanom u prethodnom poglavlju. U tabeli 1. prikazani su rezultati evaluacije klasifikatora, a u tabeli 2 prikazani su rezultati evaluacije svih primjenjenih tehnika. Oznake iz tabela predstavljaju sljedeće metrike: T - tačnost, PP - preciznost pozitivnih tvitova, PN - preciznost negativnih tvitova, OP - odziv pozitivnih tvitova, ON - odziv negativnih tvitova, FP - F mjera pozitivnih tvitova i FN - F mjera negativnih tvitova.

Tabela 2. Rezultati evaluacije klasifikatora

Klasifikatori	T	PP	PN
SVM	75,77%	73,87%	78,85%
Naïve Bayes	64,90%	61,76%	71,07%
Random Forest	71,87%	73,00%	77,36%

Tabela 1. Rezultati evaluacije tehnika Svi rezultati su izraženi procentualno

	T	PP	PN	OP	ON	FP	FN
Lematizacija	75,77	73,87	78,85	81,87	69,49	77,66	73,87
Steming	69,36	68,00	71,07	74,73	63,84	71,21	67,26
NER	67,26	73,40	78,85	81,87	69,49	77,40	73,87
Najfrekventniji Unigrami (NFU)	75,77	73,87	78,85	81,87	69,49	77,66	73,87
Tf-idf unigrami	75,21	73,60	77,16	79,67	70,62	76,51	73,75
NFU+Najfrekventniji bigrami	75,49	73,27	78,34	81,32	69,49	77,09	73,65
NFU+POS bigrami	76,60	74,50	79,25	81,87	71,19	78,01	75,00
NFU+DP bigrami	77,44	76,44	78,57	80,22	74,58	78,28	76,52
Tvit kao binarni vektor	75,77	73,87	78,85	81,87	69,49	77,66	73,87
Tvit kao tf-idf vektor	74,65	72,20	77,92	81,32	67,80	76,49	72,51

Po rezultatima evaluacije SVM se, kao i u većini dosadašnjih radova, pokazao kao najbolji klasifikator pri rješavanju problema klasifikacije teksta. Prilikom pretprocesiranja lematizacija je dala bolje rezultate od steminga, što se takođe poklapa sa rezultatima u dosadašnjim radovima. Korišćenje NER-a prilikom pretprocesiranja nije poboljšalo rezultate klasifikacije, ali nije ni negativno uticalo na njih. Pri izboru bazičnog skupa atributa, na rezultate evaluacije je bolje uticao izbor riječi koje su najfrekventnije u okviru trening skupa od uvrštavanja onih koje imaju najveće tf-idf težine. Ovaj rezultat se ne poklapa sa rezultatima u dosadašnjim

⁹ Biblioteka je preuzeta sa <http://nlp.stanford.edu/software/tagger.shtml>

¹⁰ Biblioteka je preuzeta sa <http://nlp.stanford.edu/software/ndep.shtml>

radovima, što može biti uzrokovano manjom veličinom trening skupa koji je korišćen u ovom radu (160 puta manji od skupa koji je korišćen u radu [7]). Prilikom evaluacije tehnika predstavljanja tvita u vektorskom prostoru atributa, bolji uticaj na rezultate klasifikacije pokazao je pristup u kom se tvit predstavlja kao binarni vektor u odnosu na pristup korišćenja tf-idf težina. Uključivanje najfrekventnijih bigrama u skup atributa je pogoršalo rezultate, što se poklapa sa rezultatima u dosadašnjim radovima, dok je uključivanje POS bigrama poboljšalo rezultate za razliku od rezultata u dosadašnjim radovima. Najbolji uticaj na rezultate imali su DP bigrami, sa postignutom tačnošću od 77,44%, F mjerom pozitivnih tvitova od 78,28% i F mjerom negativnih tvitova od 76,52% što je ujedno i najbolji rezultat ovog istraživanja.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu je ispitivan uticaj načina pretprocesiranja, izbora skupa atributa, te predstavljanja tvita u vektorskom prostoru atributa na rezultate Tviter sentiment analize. Tvitovi se klasifikuju na dvije klase: „pozitivni“ i „negativni“. Problem klasifikacije rješavan je upotrebom sljedećih algoritama mašinskog učenja: SVM, Naive Bayes i Random Forest. Korišćeni su trening i test skup iz rada [8]. U okviru pretprocesiranja podataka ispitivane su lematizacija, stemming i NER tehnika. Prilikom formiranja skupa atributa ispitivane su sljedeće tehnike: izdvajanje najfrekventnijih unigrama i bigrama, izdvajanje unigrama na osnovu tf-idf težina, izdvajanje bigrama upotrebom POS-a i upotrebom DP-a. Tvitovi su predstavljeni u vektorskom prostoru atributa kao binarni vektori i kao vektori opisani vrijednostima tf-idf težina atributa. Najbolji rezultat, sa tačnošću od 77,44%, je postignut upotrebom SVM klasifikatora, korišćenjem lematizacije, predstavljanjem tvita kao binarnog vektora i upotrebom skupa atributa koji se sastojao od najfrekventnijih unigrama i bigrama izdvojenih DP tehnikom. Dodatna evaluacija performansi istraživanja bi mogla da se kreće u smjeru korišćenja većeg trening skupa, kao i detaljnijeg istraživanja pozitivnog uticaja DP-tehnike na formiranje skupa bigrama. Ovaj rad bi mogao da se dalje proširi u pravcu istraživanja trenutno aktuelnih tema u Tviter sentiment analizi, kao što su negativan uticaj sarkazma na određivanje sentimenta. Takođe bi se mogla posvetiti pažnja klasifikaciji tvitova u više grupa (npr. vrlo pozitivni, pozitivni, neutralni, negativni, vrlo negativni).

6. LITERATURA

- [1] L. Jiang, M. Yu, M. Zhou, X. Liu, T. Zhao, "Target-dependent Twitter Sentiment Classification", Proceedings of the 49th ACL, pp. 151-160, 2011.
- [2] B. Agarwal i N. Mittal, "Sentiment Classification using RoughSet based Hybrid Feature Selection," WASSA: 4th Workshop on Computational Approaches to Subjectivity, Sentiment and Social Media Analysis, 2013.
- [3] B. Gokulakrishnan, P. Priyanthan, T. Ragavan, N. Prasath, i A. Perera, "Opinion mining and sentiment analysis on a Twitter data stream," IEEE International Conference on Advances in ICT for Emerging Regions (ICTer), pp. 182-188, 2012.
- [4] M. Fernandez-Gavilanes, T. Alvarez-Lopez, J. Juncal-Martinez, E. Costa-Montenegro, F. J. Gonzalez-Castano, "An Unsupervised Approach for Sentiment Analysis in Twitter," 10th International Workshop on Semantic Evaluation, 2015.
- [5] U. Yasavur, J. Travieso, C. Lisetti, N. Rishe, „Sentiment Analysis Using Dependency Trees and Named-Entities“, Proceedings of the Twenty-Seventh International Florida Artificial Intelligence Research Society Conference, 2014.
- [6] N. D. Patel i C. Chand, "Selecting Best Features Using Combined Approach in POS Tagging for Sentiment Analysis", IJCSMC, Vol. 3, Issue, pp. 425 – 430, India, March 2014.
- [7] S. Rosenthal, A. Ritter, P. Nakov i V. Stoyanov, "SemEval-2014 Task 9: Sentiment Analysis in Twitter," In Proceedings of the 8th International Workshop on Semantic Evaluation (SemEval), pp. 73–80, Avgust 2014.
- [8] A. Go, R. Bhayani i L. Huang, "Twitter sentiment classification using distant supervision," Technical report, Stanford, 2009.
- [9] C. D. Manning, M. Surdeanu, J. Bauer, J. Finkel, S. J. Bethard, D. McClosky, "The Stanford CoreNLP Natural Language Processing Toolkit", In Proceedings of the 52nd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics: System Demonstrations, pp. 55-60, 2014.
- [10] N. Chinchor, "Named Entity Task Definition", http://www.nlpipr.nist.gov/related_projects/muc/proceedings/ne_ask.html [07.11.2016.]
- [11] J. R. Finkel, T. Grenager, C. Manning, "Incorporating Non-local Information into Information Extraction Systems by Gibbs Sampling", Proceedings of the 43rd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (ACL 2005), pp. 363-370. 2005.
- [12] R. A. Baeza-Yates, B. Ribeiro-Neto, "Modern Information Retrieval", Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., Boston, MA, 1999.
- [13] L. Zhang, "Sentiment Analysis on Twitter with Stock Price and Significant Keyword Correlation", April 2013.
- [14] K. Toutanova, D. Klein, C. Manning, Y. Singer, "Feature-Rich Part-of-Speech Tagging with a Cyclic Dependency Network", In Proceedings of HLT-NAACL, pp. 252-259, 2003.
- [15] D. Chen, C. Manning, "A Fast and Accurate Dependency Parser Using Neural Networks", In Proceedings of EMNLP, 2014.
- [16] M. de Marneffe, C.D. Manning, "Stanford typed dependencies manual", Stanford University, September 2008.

Kratka biografija:



Danijela Petrović rođena je 07.11.1992. godine u Zrenjaninu. Osnovnu školu „Vuk Karadžić“ u Vlasenici završila je 2007. godine. Gimnaziju „Milorad Vlačić“ u Vlasenici završila je 2011. godine. Iste godine upisala se na Fakultet tehničkih nauka, odsjek Računarstvo i automatika. Osnovne studije je završila 2015. godine, nakon čega upisuje master akademske studije na Fakultetu tehničkih nauka, smijer Primjenjene računarske nauke i informatika. Položila je sve ispite propisane planom i programom.

UTICAJ DISTRIBUTIVNIH GENERATORA NA PROCENU MESTA KVARA U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA**IMPACT OF DISTRIBUTED GENERATORS ON DISTRIBUTION NETWORKS FAULT LOCATION ESTIMATION**

Stefan Rajković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Glavni ovog zadatak rada je određivanje uticaja distributivnih generatora na lociranje kvara u distributivnim mrežama. Neophodno je odrediti kako snaga i položaj generatora u mreži utiču na rezultate funkcije lokacije kvara. U tom cilju su analizirani rezultati funkcije lokacije kvara, koji su dobijeni simulacijom kvarova uz uvažavanje uticaja generatora.

Abstract – The main goal of this paper is impact of distributed generation on fault location in distribution networks. It is necessary to determine how fault location function results are affected by installed power of distribution generator and distance from the fault. It is analyzed the results of fault location function, which were obtained by simulating faults with included impact of distribution generator.

Ključne reči: Kvarovi, Distributivni generatori, Lokacija kvara.

1. UVOD

Tačna i precizna detekcija lokacije kvara je značajna za ekonomičan i pouzdan rad elektroenergetskog sistema. Određivanje mesta kvara u distributivnim mrežama je od presudnog značaja, jer se na taj način smanjuju troškovi koji se mogu javiti kao posledica prekida napajanja osetljivih i industrijskih potrošača. Lokacija kvara u distributivnim mrežama predstavlja poseban izazov zbog toga što u dubini mreže ne postoje (ili ih je veoma malo) raspoloživa merenja. Bitnu ulogu u upravljanju distributivnom mrežom (u okviru kojeg spada i lociranje kvarova) ima DMS sistem (Distribution management system) [1-3].

U prvom poglavlju opisana je funkcija lokacija kvara. Opisan je njen rad, tj. algoritam koji leži u njenoj osnovi. Za ovaj rad od interesa je strujni metod funkcije, pa je zato njemu više pažnje posvećeno.

Drugo poglavlje je posvećeno kratkim spojevima. Tu su pobrojani tipovi kvarova, i ukratko opisan svaki od pomenutih kvarova. Pored opisa kvarova navedene su i metode za njihov prorčun.

U trećem poglavlju obrađeni su distributivni generatori.

U ovom poglavlju dati su principi rada generatora, forme u kojima se generatori mogu naći u distributivnoj mreži.

NAPOMENA:

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

Četvrto poglavlje je namenjeno generalnoj analizi uticaja generatora na kratke spojeve.

U petom poglavlju rada izvršena je najpre simulacija kvarova, a potom na osnovu rezultata kvarova simulacija rada funkcije lokacija kvara. Napravljeni su primeri kojima je ilustrovan uticaj pojedinačnih generatora, ali i grupni uticaj generatora.

U šestom poglavlju iznešeni su dobijeni zaključci, a u poslednjem sedmom, literatura

2. LOKACIJA KVARA

U okviru DMS sistema razvijeni su različiti načini za lociranje kvara, a pored toga i metode za njegovu izolaciju, i restauraciju napajanja dela mreže koja nije pogođena kvarom. Lokacija kvara kao funkcija omogućava lociranje kvara u distributivnoj mreži. Osnovu za rad ove funkcije čine dve metode koje se mogu kombinovati, ili pojedinačno koristiti. Ti metodi su [2]:

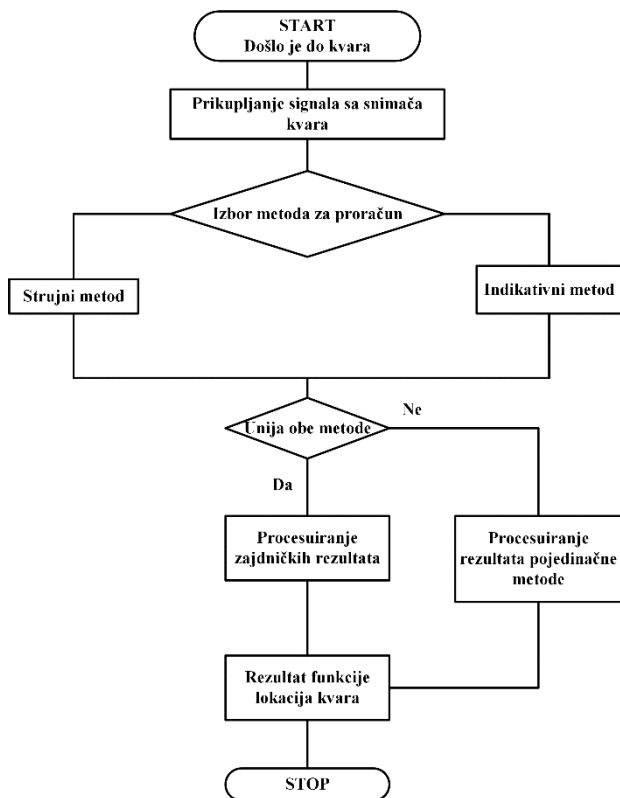
- Indikativni metod,
- Strujni metod.

Glavni cilj funkcije lokacija kvara jeste da se odredi minimalni broj sekcija na izvodu sa verovatnoćom kvara na njima [2, 4]. Rezultat može biti od koristi ekipama na terenu kako bi lakše locirale (fizički) kvar, ali još bitnije je to da rezultati ove funkcije mogu da se koriste kao ulazi za druge funkcije, kao što su izolacija elemenata i restauracija napajanja. Pored toga lokacija kvara određuje mogućnost postojanja kvara na svakoj od sekcija i mikrolokaciju mesta kvara na sekciji na kojoj je kvar. Nakon proračuna, verovatnoća lokacije kvara duž izvoda je prikazana pri čemu je ta verovatnoća izražena u procentima.

Generalni algoritam funkcije lokacija kvara je prikazan na slici 1. Prvi korak je zajednički za oba algoritma i zapravo predstavlja određivanje potencijalnog elementa sa kvarom (potencijalni kandidat). Potencijalni elementi su elementi koji se nalaze na afektovanom izvodu, tj. ispod zaštitnog uređaja koji se usled kvara aktivirao. Lokacija kvara uzima u razmatranje model mreže, topologiju mreže i signale, koji potiču sa izvoda sa kvarom i to u trenutku kada je startovana.

Udeo metoda u konačnom rezultatu se određuje težinskim faktorom. Njegov raspon je između 0 i 1, gde 1 predstavlja najveći udeo metoda u konačnom rezultatu.

Korisnik može da izabere da se do rezultata dođe unijom ova dve metode, pri čemu će lokacija kvara će biti izabrana na osnovu zajedničkih rezultata oba metoda.



Slika 1. Lokacija kvara globalni algoritam

3. KVAROVI

Pod pojmom kvarovi se najčešće podrazumevaju otočni kvarovi. Kvar predstavlja poremećeno stanje mreže, koje nastaje kada dođe do fizičkog kontakta ili preskoka između delova koji su u normalnom radnom stanju na različitim potencijalima. Proračun struja kvarova u elektroenergetskim postrojenjima i mrežama važan je za pravilan izbor opreme u postrojenjima, kao i za izbor vrste i podešenja relejne zaštite. Proračun struja kvarova je složen zbog prelaznih procesa koji se odvijaju u elektroenergetskim sistemima posle nastanka kratkog spoja. Iz tog razloga razvijene su metode koje su praktičnije za upotrebu, ali se zasnivaju na određenim pojednostavljenjima realnog fizičkog modela. Metodologija proračuna struja kvarova i odgovarajućih napona za vreme trajanja kvara, kao kvazistacionarnih veličina, bazira se na primeni Theveninove teoreme i principa superpozicije. U distributivnim mrežama, kao i u elektroenergetskim sistemima uopšte, analiziraju se sledeće vrste kvarova [1]:

- Trofazni kvar.
- Jednofazni kvar sa zemljom.
- Dvofazni kvar sa zemljom.
- Dvofazni kvar.

Pored otočnih kvarova u mreži postoje i redni kvarovi, koji predstavljaju prekide provodnika koji nisu od interesa za razmatranja u ovom radu. Od navedenih kvarova, najčešći su jednofazni kvarovi na koje otpada 70-80% svih kvarova koji se dogode u mreži.

4. DISTRIBUTIVNI GENERATORI

Električne mašine se koriste za konverziju mehaničke u električnu energiju. Tradicionalna forma generator je sinhrona mašina pokretana turbinom ili dizel motorom,

dok u savremenim izvedbama to mogu biti solarni ili vetro generatori. Pored sinhronih to sada mogu da budu i asinhroni generatori, sa različitim tipovima rotora (kratkospojenim ili namotanim), i takođe raznim tipovima pogonske mašine koje mogu da obezbeđuju konstantnu ili promenljivu brzinu rotora.

U mrežama su i dalje najzastupljeniji sinhroni i asinhroni generatori. Pozanto je da sinhroni generatori imaju veću efikasnost i bolju kontrolu reaktivne snage, pa su samim tim od interesa kada se govori o kontroli napona u cilju poboljšanja stabilnosti sistema. Nedostatak im je veća cena u odnosu na asinhronne generatore. Kod asinhronih generator postoji konvertor kojim su odovjeni od mreže, što direktno utiče na cenu (cena energetske elektronike je dosta velika, a i sama elektronika je vrlo veliki izvor viših harmonica što je takođe nedostatak), ali zbog toga mogu da rade pri različitim brzinama. Prednost asinhronih generator je što se preko konvertora može dodatno podešavati faktor snage.

5. UVAŽAVANJE DISTRIBUTIVNIH GENERATORA U KRATKIM SPOJEVIMA

Distributivni izvori energije postaju sastavni deo distributivne mreže, pa samim tim je i prisutniji njihov uticaj, kako u normalnom radu mreže, tako i u poremećenim režimima (kvarovi). Način na koji distributivni izvori utiču na mrežu zavisi od više faktora, a neki od njih su: tip generatora, instalisana snaga, mesto povezivanja na mrežu, karakteristike mreže. Kada se dogodi kratak spoj potrebno je odrediti uticaj distributivnih generatora. Proračun struja kvarova predstavlja važan korak u analizi integracije distributivnih generatora u distributivnu mrežu [5-8] U ovom radu biće izvršena analiza koja obuhvata uticaj distributivnog generatora u zavisnosti rastoja mesta kvara od generatora.

Kada se u distributivnoj mreži javi distribuirani izvor energije neophodno ga je adekvatno uvažiti. U zavisnosti od tipa konverzionog sistema koji koriste, ovi distributivni izvori mogu biti vezani na mrežu na dva načina: direktno i indirektno.

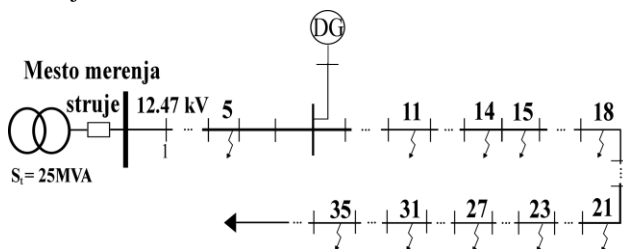
Direktan način priključenja je pogodan za sinhronne generatore i asinhronne generatore koji rade sa konstantnom brzinom. Indirektan način se realizuje preko elemenata energetske elektronike koji su pogodni za statičke generatore (fotonaponski paneli) i rotacione generatore (pre svega asinhronne).

Pošto su radijalne mreže uglavnom bez petlji, ta činjenica olakšava proračun kvarova tako da se mreža može podeliti na dva dela (deo iznad i deo ispod kvara). Uticaj distributivnih generatora na struju kvara najviše zavisi od njihove snage (i implicitno impedanse kratkog spoja), kao i načina vezivanja na samu mrežu (direktno ili preko energetske elektronike). Način vezivanja na mrežu nije od interesa u ovom radu, jer se samo razmatra direktni način vezivanja.

Proračunate vrednosti struja kvarova predstavljaju direktne ulaze za funkciju lokacije kvara. Zbog toga se može uspostaviti korelacija vezana za uticaj distributivnih generatora na vrednosti struja kvarova, odnosno, uticaj kvarova na lokaciju kvara – uticaj distributivnih generatora na procenu mesta lokacije kvara.

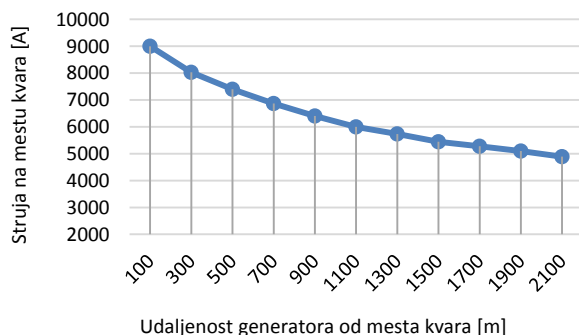
6. UTICAJ DISTRIBUTIVNIH GENERATORA NA PROCENU MESTA LOKACIJE KVARA

U cilju razmatranja uticaja distributivnih generatora na kratke spojeve pa samim tim i kvarovina lokaciju kvara, razmotriće se nekoliko različitih situacija. Cilj je da se primenom DMS softvera proceni koliko distributivni generatori utiču na povećanje struje kratkog spoja. Biće razmatrani generatori različitih snaga, a pri tome će se uvažiti njihova lokacija u odnosu na mesto kvara. Posmatraće se pojedinačno dejstvo generatora, kao i situacija kada u okviru fidera postoji više generatora. Cilj je da se u razmatranje uzme što više mogućih situacija koje se mogu sresti u realnim uslovima, kako bi se dobili rezultati koji najpribližnije demonstriraju uticaj generatora na procenu lokacije mesta kvara.



Slika 2. Mreža na kojoj je izvršena simulacija

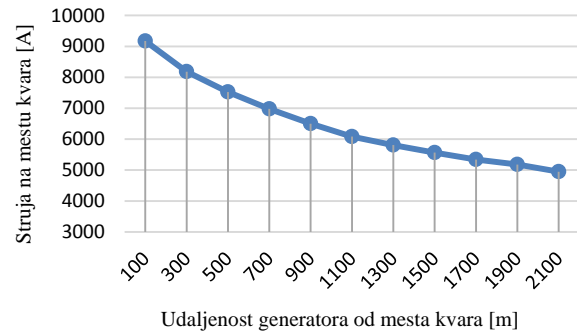
Mreža na kojoj je izvedena simulacija prikazana je na slici 2. Na ovoj slici brojevima su označene sekcije na kojima je simuliran kvar. Snaga kratkog spoja 132 kV mreže iz koje se napaja transformator je 2500 MVA. Napon kratkog spoja transformatora je 10%. Deonice su kablovske podužne impedanse $(0.2+j0.1)\Omega/\text{km}$. Dužina deonice je jednaka i iznosi 0.15 km. Primenom DMS softvera izvršena je analiza uticaja generatora različitih snaga na lociranje kvara. Razmatraju se različite lokacije kvara, kao i različite snage generatora. U prvom primeru razmatran je sinhroni generator snage 1000 kVA i reaktanse 25%, a analiza je pokazala da generator ne utiče drastično na povećanje struje kratkog spoja, a samim tim i na lociranje mesta kvara. Vrednosti struje kvara duž izvoda su prikazane na slici 3.



Slika 3. Vrednosti struje trofaznog kratkog spoja sa promenom lokacije kvara, uz uvažavanje generatora snage 1000 kVA

Za rad funkcije lokacija kvara od interesa su struje na mestu merenja, tj. struje čije su vrednosti uzete sa namenskog uređaja (releja ili lokatora kvara u transformatorskom polju u transformatorskoj stanici ovo uređaji bi normalno trebali da budu u izvodno polju ali je zbog jednostavnosti to bilo moguće uraditi i u

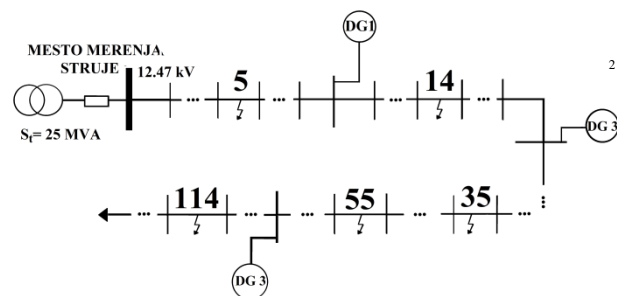
transformatorskom polju). Funkcijom lokacija kvara za svaku od tačaka na kojoj je simuliran kvar izračunata je sekciju sa kv. Razlike su u tačnosti lokacije kvara na sekciji sa kvarom. Kada nije bilo generatora, ta odstupanja su minimalna. Kada se uvaži dejstvo generatora, javljaju se određene razlike. Međutim ono što je bitno jeste da su tako dobijeni rezultati i dalje zadovoljavajući, jer je i dalje dobro locirana sama sekcija, a odstupanja procenog mesta kvara u odnosu na mesto gde je stvarno simuliran kvar, nisu značajna.



Slika 4. Vrednosti struje trofaznog kratkog spoja sa promenom lokacije kvara, uz uvažavanje generatora snage 2000 kVA

U narednom primeru se razmatra uticaj generatora snage 2000 KVA. Mreža na kojoj je izvršena simulacija je identična mreži na slici 2. Jedina razlika je u snazi razmatranog generatora. Rezultati su slični rezultatima koji su prikazani na slici 3. Zbog veće snage generatora porastao je njegov uticaj (rezultati prikazani na slici 4.). Što se tiče funkcije lokacija kvara, očekivani efekat je da je genratror veće snage imao očekivano veći uticaj ali da je generalno taj uticaj idalje relativno mali. Međutim, snaga generatora od 2MW je sda već dovoljna da u nekim slučajevima dovede do neslaganja procenjene sekcije i sekcije na kojoj je inicijalno zadat kvar.

Kako bi se analiziralo ponašanje struje kratkog spoja kada u mreži deluje više generatora, razmatran je primer u kome u mreži deluju tri generatora. Mreža na kojoj je izvršena simulacija prikazana je na slici 5.



Slika 5. Mreža na kojoj je izvršena simulacija

U ovom primeru mesto kvara napajaju tri generatora snage 2000 kVA, 250 kVA i 1000 kVA, respektivno. Kada je kvar najbliži prvom generatoru (sekcija 5.) pa je očekivano, njegov uticaj je najveći. Kako se mesto kvara udaljava od prvog generatora, tada se njegov uticaj smanjuje, a raste uticaj druga dva generatora jer su sada oni bliži mestu kvara. Generator najmanje snage (250 kVA) imaće očekivano najmanji uticaj shodno svojoj

snazi. Rezultati ovih analiza nisu prikazani u ovom radu zbog ograničenog prostora nego su samo dati najvažniji zaključci koji se mogu sumirati kroz sledeći komentar. U slučaju kvarova na izvodima, procena mesta kvara je manja tačna kada radi o mestima koja su blizu generatora, dok generalno su tačnija za mest akoja su više udaljena. Odstupanja su veća kod generatora većih snaga. Važno je takođe konstatovati da ta odstupanja nisu velika jer je snaga kratkog spoja 132 kV mreže koja napaja razmatranu mrežu relativno velika, tako da je uticaj generatora relativno mali. Činjenica je i da sinhroni generatori imaju veći doprinos struji kvarova od ostalih tipova generatora, što u većini slučajeva znači da se ne mora obraćati posebna pažnja na generatore kod procene mesta kvara.

7. ZAKLJUČAK

U radu je analiziran uticaj sinhronih generatora na struje kvarova, a potom i uticaj na funkciju koja određuje lokaciju kvara u distributivnoj mreži.

U cilju određivanja uticaja generatora na lokaciju kvara razmatrano je više primera. Može se zaključiti da generatori povećavaju struju kratkog spoja i da je njihov uticaj najizraženiji kada je do kvara došlo u neposrednoj blizu generatora. Uticaj zavisi od snage generatora i od njegove udaljenosti od mesta kvara.

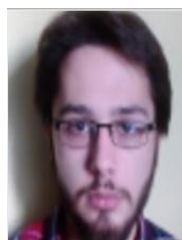
Funkcija lokacija kvara je dala korektne rezultate i pored uticaja generatora. Kada su mreži aktivni pojedinačni generatori, rezultati su tačniji. Kada u mreži deluje više generatora, tada je tačnost rezultata je nesto manja ali i dalje potpuno dobra za praktičnu primenu.

8. LITERATURA

[1] Nikola Rajaković, Dragan Tasić, Gojko Savanović: Distributivne i industrijske mreže, Beograd 2004.

- [2] Vladimir Strezoski: *Osnovi elektroenergetike*, Fakultet tehničkih Nauka Novi Sad, 1996.
- [3] Popović D., Bekut D., Dabić V., *Specijalizovani DMS algoritmi*, Novi Sad, DMS Group, 2011.
- [4] Jian Guo Liu, Xinzhou Dong, Xingying Chen, Xiangqian Tong, Xiaoqing Zhang, Shiming Xu: *Fault location and service restoration for electrical distribution system 1st edition*, Singapore 2016.
- [5] Guan Hong-liang, Dai Hui-zhu: *Analysis of short-circuit current of wind power machine*, Electric Power Automation Equipment, 2008.
- [6] P. Karaliolios, A. Ishchenko, E. Coster, J. Myrzik, W. Kling:, Constantin Bulac: *Overview of short-circuit contribution of various Distributed Generators on the distribution network*, International Universities Power Engineering Conference, UPEC 2008, Padova, Italy.
- [7] T. N. Boutsika, S. A. Papathanasiou: *Short-circuit calculations in networks with distributed generation*, Electric Power Systems Research, Vol. 78, Issue 7, July 2008.
- [8] Jorun I. Marvik: *Fault localization in medium voltage distribution networks with distributed generation*, Trondheim, June 2011.

Kratka biografija:



Stefan Rajković rođen je 1992. godine u Nišu. Elektronski Fakultet u Nišu upisao je školske 2011/2012, smer elektrotehnika i računarstvo. Na osnovnim studijama diplomirao je 2015. godine, smer Elektroenergetika. Diplomski – master rad iz oblasti Elektrotehnike odbranio je 2016. godine.

ZAŠTITA VJETROGENERATORA I GENERATORA SOLARNIH PANELA PROTECTION OF WIND TURBINE AND SOLAR PANELS GENERATORS

Tomislav Pantić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Glavni zadatak rada je opis kratkospojne prenaponske zaštite i zaštite od prevelike brzine vjetra tipičnih vjetrogeneratora. Kod solarnih panela opisana je termalna zaštita.

Abstract – The main goal of this paper is description of crowbar protection and overwind speed protection of typical wind turbine. For solar panels, it is described thermal protection.

Ključne riječi: Zaštita generatora, obnovljivi izvori, crowbar, zaštita od prevelike brzine vjetra, termalna zaštita, PV modul

1. UVOD

Zbog ubrzanog razvoja tehnologije korišćenja obnovljivih izvora, kao i pouzdane proizvodnje električne energije, potrebno je poznavati kvarove koji se javljaju kod određenih elemenata elektrana obnovljivih izvora energije kao i zaštitu koja te kvarove sprečava i neutrališe.

Cilj rada predstavlja teorijski opis karakterističnih zaštita generatora obnovljivih izvora – vjetrogeneratora i generatora solarnih panela.

U prvom poglavlju rada dat je opis najzastupljenijeg vjetrogeneratora – dvostruko napajanog asinhronog generatora (DFIG).

U drugom poglavlju je predstavljen opis i izvođenje crowbar zaštite DFIG-a.

Treće poglavlje opisuje mehanizme zaštite vjetroturbinskog generatora od prevelike brzine vjetra.

Četvrto poglavlje opisuje dijelove (generatora) fotonaponskih solarnih panela, njihovu zaštitu od tipičnih kvarova koji mogu da se pojave i posredno ili neposredno utiču na generator, a samim tim i na pouzdanu proizvodnju električne energije.

U petom poglavlju je opisana termalna zaštita fotonaponskih solarnih panela.

Na kraju su dati zaključak i pregled korišćene literature.

2. ZAŠTITA DVOSTRUKO NAPAJANOG ASINHRONOG GENERATORA (DFIG)

DFIG predstavlja jednu od najjeftinijih varijanti za izgradnju vjetroturbine i odlikuje se sposobnošću da prati promijenljivu brzinu vjetra, što znači da je rotor generatora u pogonu pri različitim brzinama vjetra. Mana ovih

generatora jeste njihova velika osjetljivost kod poremećaja u mreži, pošto su statorski namotaji povezani sa mrežom preko transformatora i rasklopnih uređaja, dok je rotor povezan na mrežu preko dvostrukog energetskog pretvarača [1].

Iako se odlikuje sposobnošću da prati promjenljivu brzinu vjetra, potrebno je zaštititi generator vjetroturbine u slučaju prevelike brzine vjetra. Da bi se generator vjetroturbine (kako jedne, tako i farmi vjetroturbina) zaštitio od kvarova na mreži kao moguće rješenje se koristi crowbar zaštita koja će biti opisana daljem tekstu.

2. CROWBAR (KRA TKOSPOJNA) ZAŠTITA

Crowbar (kratkospojna) zaštita služi za zaštitu vjetroturbinskih (farmi) generatora od kvarova na mreži. Funkcija crowbar zaštite je da kratko spoji rotor generatora preko otpora ukoliko rotorske struje pređu granične vrijednosti. Ovaj tip zaštite se izvodi kao pasivna (Slika 1) i aktivna (Slika 2).

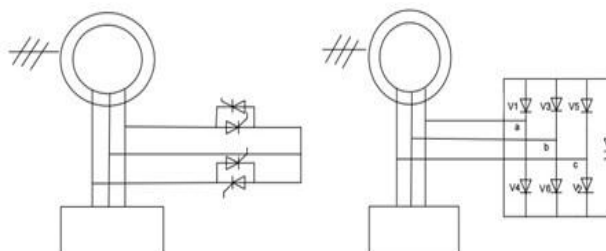
2.1 Pasivna crowbar zaštita

Pasivna zaštita se izvodi kao kombinacija:

1. Dva antiparalelna tiristora.
2. Diodnog ispravljača i tiristora.

U prvom slučaju pasivna crowbar zaštita sadrži 2 AC prekidača. Kada se pojavi kvar na mreži, tiristor se uključuje i aktivira AC prekidač. Na taj način struja kvara koja se javlja će da protiče kroz prekidač, a ne kroz konvertor.

U drugom slučaju, pasivna crowbar zaštita je projektovana sa kombinacijom diodnog ispravljača i tiristora. Tiristor se aktivira kada kroz kolo protiče veća struja od nominalne struje koju sistem može da podnese. Tada se strujno kolo koje se štiti povezuje sa rotorom DFIG-a, a zbog prisustva velike struje u strujnom kolu, rotorski dio konvertora se isključuje iz strujnog kola i samim tim štiti od prevelike struje. Mana ove zaštite se ogleda u tome što se tiristor ne može isključiti sve dok vrijednost tranzijentne struje ne padne na nulu. Isključenje se može ubrzati dodavanjem otpornika u strujno kolo.



Slika 1. Izvođenje pasivne crowbar zaštite

NAPOMENA:

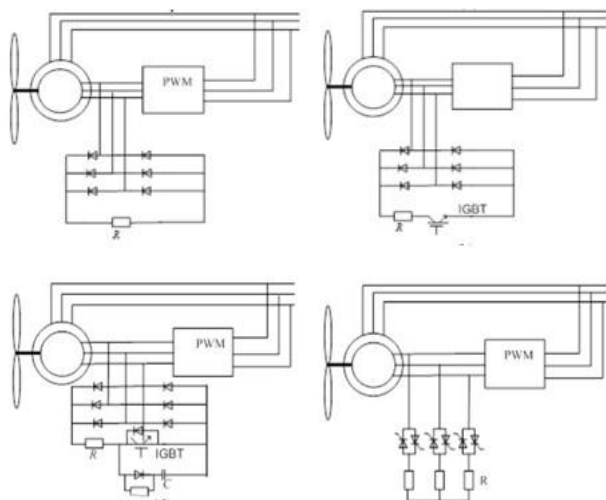
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je dr Duško Bekut, red.prof.

2.2 Aktivna crowbar zaštita

Aktivna crowbar zaštita se izvodi sa:

1. Ispravljačem i otpornikom.
2. Tranzistorom sa izolovanim gejtom (IGBT).
3. Tri antiparalelna tiristora.
4. Diodnim ispravljačem, IGBT-om i otpornikom.

Prvi tip aktivne crowbar zaštite predstavlja kombinaciju diodnog ispravljača i otpornika. Izvedena je iz pasivne zaštite sa diodnim ispravljačem i tiristorom. Drugi tip aktivne crowbar zaštite sadrži diodni ispravljač, ali i otpornik koji je redno vezan sa IGBT-om. Ona efikasno štiti rotorski dio konvertora od prevelikog napona na mreži. Treći tip aktivne crowbar zaštite sadrži tri antiparalelna tiristora koja su povezana na DFIG. Kada dođe do kvara, pokretački signal čini da uređaji energetske elektronike provode, a potom zaustavljaju konvertor sa rotorske strane, a prevelika struja kvara će proticati kroz ostatak kola. Poslednji tip aktivne crowbar zaštite sadrži diodni ispravljač, IGBT i otpornik. Zaštitno strujno kolo je povezano sa DFIG. Struja kvara će proticati kroz zaštitno kolo ukoliko pokretački signal uključi IGBT. IGBT je lako ponovo isključiti i zato se on praktično najviše koristi.



Slika 2. Izvođenje aktivne crowbar zaštite

U svim ovim tipovima, otpornik ne smije biti ni premali, ni preveliki. U slučaju suviše malog otpornika, struja kvara opada sporo, dok u slučaju prevelikog otpornika napon na izlazu rotorskog konvertora je preveliki i može doći do oštećenja opreme energetske elektronike [2]. Aktiviranje zaštite kod četvrtog tipa se aktivira kada se ispuni sledeći uslov:

$$\dot{i}_{ra} \text{ ili } \dot{i}_{rb} \text{ ili } \dot{i}_{rc} > 2 \text{ r.j.} - \text{zaštita je uključena} \quad (2.1)$$

$$\dot{i}_{ra} \text{ i } \dot{i}_{rb} \text{ i } \dot{i}_{rc} < 1,9 \text{ r.j.} - \text{zaštita je isključena} \quad (2.2)$$

Iz relacija se može primjetiti, da bi se zaštita aktivirala dovoljno je da struja u samo jednoj fazi bude veća od dozvoljene, a da bi se zaštita deaktivirala potrebno je da struja u sve tri faze rotora bude manja od granične vrijednosti.

Instaliranje crowbar zaštite utiče na povećanje struje kvara u mreži.

3. MEHANIZMI ZAŠTITE USLJED PREVELIKE BRZINE VJETRA

Povećavanjem brzine vjetra, simultano se povećava sila koja djeluje na vjetroturbinu. Te sile su opasne za strukturu vjetroturbine i svih njenih dijelova. Turbine su projektovane tako da imaju svoju maksimalnu brzinu vjetra pri kojoj će proizvoditi energiju, ali ukoliko se ta brzina prekorači potrebno je učiniti sve da ne dođe do kvara na turbinama (i njenim dijelovima) i prekida proizvodnje. Za to služe mehanizmi zaštite od prevelike brzine vjetra. Ti mehanizmi su:

- Furling sistem.
- Mehanizam skretanja.
- Mehanizam kočenja.
- Kontrola nagiba elise.

Furling sistem (FS) predstavlja siguran i efikasan sistem zaštite vjetroturbina od uništenja usljed jakih vjetrova. Ovaj sistem pruža regulaciju izlazne snage. Kod FS elise se okreću suprotno od pravca kretanja vjetra ukoliko vjetar prekorači dozvoljeno ograničenje sistema. Za razliku od "Kontrole nagiba elise", FS omogućava svim elisama da promjene svoj položaj u zavisnosti od brzine i pravca vjetra.

Mehanizam skretanja služi za precizno pozicioniranje kućišta vjetrenjače na vjetru ukoliko je dozvoljena devijacija između pravca vjetra i kućišta premašena. Pozicioniranje kućišta se prati pomoću kompjutera i elektronike, dok se pravac i brzina vjetra prati putem anemometra prikačenog na vrh kućišta.

Postoje dva mehanizma kočenja koja se koriste kod vjetroturbina, mehanički i aerodinamički. Kod mehaničkog, rotor generatora se zaustavlja u slučaju prevelike jačine vjetra i remonta. Mehanička kočnica se sastoji od diska koji je postavljen na vratilo generatora. Kada je potrebno, disk steže vratilo generatora i zaustavlja ga. Aerodinamičko kočenje usporava rotor generatora i omogućava vjetroturbini da nastavi sa proizvodnjom energije prilagođavanjem nagiba elise ekstremnim uslovima.

Kontrolom nagiba elise podrazumeva da se konstantno prati, mjeri i kontroliše ugao nagiba elise. Na taj način se ugao može podešavati (daljinski) da bi se iskoristila optimalna energija vjetra. U slučaju prevelike brzine vjetra generator se isključuje i samim tim se cijela vjetrenjača štiti od uništenja.

4. FOTONAPONSKI SOLARNI PANELI

Fotonaponske ćelije (PV) pretvaraju sunčevu energiju u jednosmjernu struju. Predstavljaju p – n spoj ili uređaj sa Šotkijevom barijerom. Tipična fotonaponska ćelija proizvodi snagu od oko 3W i jednosmjerni napon od 0.5 V. Fotonaponski generator se sastoji od PV ćelija povezanih u jedan modul, a moduli su povezani redno u jedan niz. Više takvih nizova povezano je u paraleli. Za dobijanje naizmjenične struje, postavlja se inverter između potrošača i cijelog fotonaponskog modula. Povezivanje ćelija u red povećava napon, dok povezivanje u paralelu povećava struju sistema.

Fotonaponski sistem može da napaja potrošače pojedinačno ili da bude priključen na distributivnu mrežu. Mreža dobija energiju iz ćelije i/ili napaja potrošače koji ne mogu biti zadovoljeni proizvodnjom fotonaponske ćelije.

Mora postojati raskidiva veza između mreže i sistema u slučaju da se dogodi kvar na bilo kom od njih. PV moduli proizvode izlaznu snagu određenu nivoom trenutnog zračenja sunca. Opisuju se I – V karakteristikom [3].

Električno povezani solarni moduli čine PV generator koji proizvodi električnu energiju zavisno od izolacije i temperature.

Osnovne karakteristike solarnih PV generatora su njihov DC nivo napona kao i činjenica da se ne mogu isključiti dok su PV moduli izloženi Suncu. Kao i kod vjetro generatora, generatori solarnih panela su izloženi kvarovima. Zaštite koje se primjenjuju za određene vrste kvarova su:

- Termalna zaštita.
- Zaštita od prenapona.

U narednom poglavlju će biti opisana termalna zaštita.

5. TERMALNA ZAŠTITA

Do prevelikih temperatura dolazi iz tri razloga:

1. Povratna struja u PV modulu.
2. Kvar na izolaciji.
3. Preopterećenje kablova i opreme.

5.1 Povratna struja u PV modulu

Do povratne struje u PV lancima dolazi usljed kratkog spoja u PV modulu ili greške pri povezivanju. Nastaje kada je napon jednog lanca značajno drugačiji od napona paralelnih lanaca spojenih na isti inverter. Struja se kreće od lanaca koji nisu u kvaru do onih u kvaru, umjesto do invertora i AC dijela sistema.

Pri povratnoj struji javlja se opasnost od prevelike temperature koja može uzrokovati požar i oštećenje PV modula.

Kao adekvatna zaštita se koristi prekostrujna zaštita (u vidu osigurača i automatskih prekidača) koja se koristi ako je broj lanaca koji napaja lanac sa kvarom dovoljan da snabdjeva povratnu struju. U tom slučaju važi:

$$1.35 I_{PM} < (N - 1) I_{KSM} \quad (5.1)$$

pri čemu su:

I_{PM} – Maksimalna povratna struja PV ćelija,

N – Ukupan broj lanaca,

I_{KSM} – Maksimalna struja kratkog spoja PV lanca.

Osigurači su najčešći tip prekostrujne zaštite. Prilikom odabira osigurača, potrebno je ispuniti sledeće uslove:

- Moraju posjedovati karakteristiku djelovanja adekvatnu za zaštitu polu-provodničkih strujnih kola.
- Ne smiju biti podešeni za struje manje od $1.25 I_{KS}$
- Moraju biti povezani sa glavnim prekidačem.

Prednost osigurača se ogleda u njihovoj jednostavnosti, dok je mana što se mogu koristiti kod veoma malog broja PV lanaca.

Automatski prekidači su bolja solucija od osigurača iako nisu ekonomičniji, jer funkcionišu pri velikim vrijednostima jednosmjernog napona. Pored zaštite, omogućavaju i izolaciju. Podešenje iznosi $1.35 I_{\eta}$. Mana automatskih prekidača je ta što su skupi i što mogu slučajno da se aktiviraju u prisustvu tranzijentnog napona, ali se tada ne mora mijenjati uređaj, nego samo resetovati.

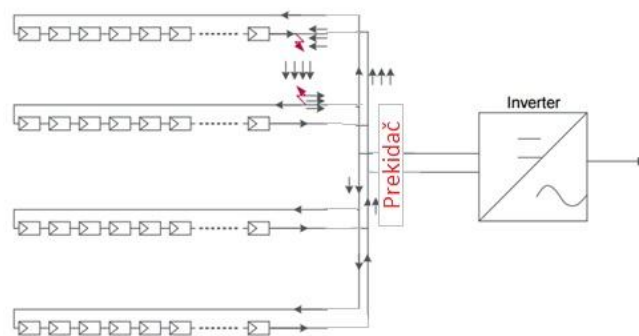
5.2 Kvar na izolaciji

Pojačana i dupla izolacija su mjere zaštite koje se sprovode prilikom kvarova na izolaciji koji mogu da dovedu do proboja na izolaciji i povećanju temperature, što dalje vodi do kvara na generatoru solarnog panela. Ovaj kvar je znatno opasan pošto se električni luk koji se javlja na DC strani invertora ne može ukloniti sam od sebe kao što je to slučaj na AC strani. PV generator potrebno je izolovati od zemlje u dva slučaja:

- Kada ne postoji galvanska izolacija između DC i AC strane.
- Kada su DC i AC strana galvanski odvojene.

U prvom slučaju nije moguće uzemljiti samo jedan pol, a za detekciju kvara na izolaciji može se koristiti zaštita AC strane. U drugom slučaju uređaji za praćenje kvara se mogu koristiti kada PV tehnologija zahtjeva da provodnici budu uzemljeni. Isto se mogu koristiti uređaji prekostrujne zaštite. U svakom slučaju, kada se pojavi kvar, inverter se zaustavlja i isključuje sa AC strane, dok je kvar još uvijek prisutan na DC strani, a napon između polova je napon PV generatora koji se javlja dokle god Sunce sija.

Ovakve situacije se ne mogu dugo tolerisati, pa kvarovi moraju što prije da se otkriju i otklone. U suprotnom, može doći do još jednog kvara (Slika 3) na drugom polu što uzrokuje pojavu struje u provodnicima i metalnim dijelovima PV instalacija.



Slika 3. Dvostruki kvar

U takvim situacijama, zaštita možda ne bih reagovala na odgovarajući način, jer bi intenzitet kvara bio niži od podešenja same zaštite. Oprema (automatski prekidači) bi morala da zaustavi struju kvara (kod dvostrukog kvara) pri maksimalnom naponu, ali oni nisu projektovani u tu svrhu, pa bi se mogla nanijeti nepopravljiva šteta. Kao optimalno rješenje se koriste uređaji za nadzor izolacije koji detektuju prvi kvar i zaustavljaju inverter, a potom

ekipa izlazi na teren, locira i otklanja kvar. Kod velikih PV generatora koji su zaštićeni automatskim prekidačima, potrebno je isključiti jednu po jednu grupu panela dok se kvar ne otkloni [4].

6. ZAKLJUČAK

Porastom broja obnovljivih izvora priključenih na mrežu, raste i potreba za kvalitetnom i kontinualnom proizvodnjom električne energije. Da bi se to obezbjedilo potrebno je u što kraćem roku otkloniti sve kvarove koji utiču ili mogu uticati na generatore obnovljivih izvora. Glavni problemi koji se javljaju su: kvarovi na mreži i spoljašnji uticaji

U radu je pokazano da se primjenom crowbar zaštite kod vjetrogeneratora i osigurača kod fotonaponskih panela pruža efikasna zaštita generatora obnovljivih izvora od kvarova na mreži.

U slučaju spoljnih uticaja na generator, pri velikoj brzini vjetra, pokazano je da se stalnim praćenjem određenih parametara i odgovarajućom regulacijom na vrijeme mogu spriječiti problemi zbog kojih bi došlo do kvara ili čak uništenja opreme.

7. LITERATURA

- [1] Jin Yang, „Fault analysis and protection for wind power generation systems“, 2011.
- [2] JNHRANEN, „Voltage ride through of a doubly-fed generator equipped with an active crowbar“, EPE-PEMC, Riga, 2004.
- [3] „Standard Handbook for Electrical Engineers“, Digitalna inženjerska biblioteka, 2006.
- [4] <http://www2.schneider-electric.com/documents/solar/pdf/safe-and-reliable-photovoltaic-energy-generation-en.pdf>

Kratka biografija:



Tomislav Pantić rođen je 1989. godine u Bijeljini. Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu upisao je školske 2008/2009, odsjek energetika, elektronika i telekomunikacije. Na osnovnim studijama diplomirao je 2013. godine, smjer elektroenergetski sistemi.

СИСТЕМ ЗА ДИСТРИБУИРАНУ АНАЛИЗУ СЕНТИМЕНТА ПОРУКА НА ДРУШТВЕНИМ МРЕЖАМА БАЗИРАН НА APACHE SAMZA ОКРУЖЕЊУ**SYSTEM FOR DISTRIBUTED SENTIMENT ANALYSIS OF SOCIAL MEDIA MESSAGES BASED ON APACHE SAMZA FRAMEWORK**

Александар Бирчаковић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

Кратак садржај – У овом раду описан је систем за генерисање статистика везаних за сентимент објава са друштвених мрежа, заснован на Apache Samza фрејмворку за дистрибуирану обраду токова података у реалном времену. Такође, описане су технологије и концепти неопходни за разумевање архитектуре система.

Кључне речи: *Обрада токова података, Apache Samza, сентимент анализа.*

Abstract – *This work presents a software for generating statistics based on sentiment of social media posts that is built using Apache Samza framework for distributed, real-time stream processing and also describes technology and concepts necessary for understanding the architecture of the system.*

Key words: *Stream processing, Apache Samza, sentiment analysis.*

1. УВОД

Општа присутност информационих технологија у свим сферама људског деловања као резултат има појаву великих количина података које у себи носе вредне информације, а са друге стране захтева све комплексније системе и приступе како би се ти подаци могли обрадити на адекватан начин и у времену када информације добијене из њих још увек имају значај и могу да се користе. Обрада података у серијама (енг. *batch processing*) је приступ који се већ дуго времена користи у овом домену проблема и који у многим случајевима остварује задовољавајуће резултате. Главни недостатак овог приступа је чињеница да се између појављивања информације и доступности те информације јавља кашњење. У случају великог кашњења подаци веома често могу постати неупотребљиви и застарели. Решење овог проблема налази се у потпуно другачијем приступу, а то је обрада токова података (енг. *stream processing*).

Предност овог приступа обради података јесте у томе што се подаци обрађују у тренутку када пристижу у систем и веома брзо дају повратну информацију. Ови системи су најчешће предвиђени да раде на кластерима рачунара и могу да скалирају и очувају перформансе са порастом количине података коју

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор рада је био др Ђорђе Обрадовић, доцент.

морају да обраде. Домен примене ових система је веома широк па као последица тога постоји више различитих окружења намењених за ову врсту обраде података [1].

У овом раду биће описана употреба Apache Samza окружења са свим пратећим алатима неопходним за правилно извршавање са циљем генерисања статистика везаних за сентимент објава корисника са друштвених мрежа. Apache Samza припада групи алата за обраду токова података који омогућава обраду података са памћењем стања па се као такав намеће као добро решење за проблем у коме је потребно обрадити велику количину података у реалном времену и памтити раније израчунате вредности како би се генерисале статистике. Имплементација ће посматрати објаве са друштвене мреже Twitter. Архитектура система је лако проширива и на друге друштвене мреже. Twitter је веома популарна друштвена мрежа са великим бројем корисника на којој су честе објаве које су позитивна или негативна критика на појаве из разних области живота као што су: култура, спорт, економија, индустрија, политика и многе друге. Софтверски систем који ће бити описан прати новонастале објаве на Twitter друштвеној мрежи, филтрира их по садржају и за оне које садрже појмове од интереса врши сентимент анализу. Поруке обогаћене сентиментом се агрегирају и на основу информација о њиховом географском пореклу се генеришу извештаји по државама. Кориснички интерфејс који је веб апликација приказује популарност појма од интереса.

2. ОСНОВНИ ПОЈМОВИ И КОНЦЕПТИ

Пре демонстрације архитектуре система неопходно је упознати се са основним појмовима и концептима везаним за системе за обраду токова података базираних на Apache Samza окружењу.

Apache Samza је окружење за дистрибуирану обраду токова података које карактеришу: једноставан API, памћење стања, отпорност на грешке, скалабилност, проширивост и изолација процесорских ресурса. У свом раду наслања се на алате Apache Kafka и YARN. Kafka је дистрибуирана платформа за размену и складиштење порука која нуди API који се може користити за комуникацију са другим системима као што су базе података или друге апликације али и за обраду порука. Извршава се као кластер који може бити подигнут на више рачунара. Apache YARN представља нову генерацију Hadoop платформе

намењену за дистрибуирано извршавање софтверских компоненти.

Ток података (енг. *stream*) података представља низ порука истог типа и формата. Порука може да садржи и кључ за партиционисање. У терминологији *Kafka*-е ток података се зове *Kafka topic*.

Samza job је у терминологији *Samza*-е програмски код који садржи пословну логику и који врши трансформације над улазним токовима података и резултате уписује у излазне токове података.

Партиције (енг. *partitions*) омогућавају паралелизам на нивоу тока података. Сваки ток је подељен у више партиција и свака партиција представља уређену секвенцу порука. Свака порука која се упише у ток података биће распоређена у неку од партиција и добиће свој идентификатор који представља њен редни број и назива се *offset*. Поруке се распоређују у партиције зависно од кључа тако да поруке које имају исти кључ заврше у истој партицији.

Samza task омогућава паралелизам на нивоу *Samza job*-а. *Samza task* се може посматрати као инстанца *Samza job*-а која је задужена за обраду само једне партиције од сваког улазног тока података *Samza job*-а. *Samza task* је најмања јединица паралелизма у процесу обраде тока података и може се извршавати на било којој машини у кластеру независно од осталих. У случају да машина престане са радом *Samza task* ће бити поново покренут на некој другој машини у кластеру и наставиће да конзумира поруке из партиција које су му иницијално додељене приликом првог покретања.

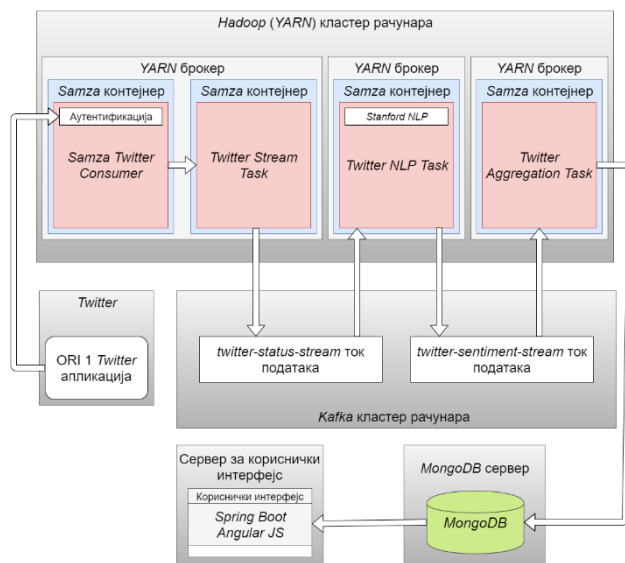
Контејнер (енг. *container*) је *Unix* процес који алоцира ресурсе и обезбеђује извршавање *Samza task*-ова. У оквиру било ког контејнера може се извршавати један или више *Samza task*-ова. Број контејнера се задаје од стране корисника приликом покретања система у виду параметра конфигурационог фајла [2].

3. АРХИТЕКТУРА СИСТЕМА

Функционалне целине система су подељене у две апликације које се темеље на различитим технологијама и имају различите задатке. Прва апликација има задатак да конзумира улазни ток података са друштвене мреже *Twitter*, филтрира објаве по садржају, проналази сентимент објаве корисника и на основу сентимента генерише статистике које чува у *MongoDB* бази података. Сходно природи проблема имплементација ове апликације темељи се на *Apache Samza* платформи и имплементирана је у складу са захтевима овог окружења. Друга апликација има задатак да добијене резултате прикаже у форми веб апликације. Друштвена мрежа *Twitter* нуди отворен *API* који уз одговарајућу аутентификацију омогућава конзумирања тока порука које представљају управо објављене статусе корисника ове друштвене мреже те је сходно томе искориштен као улазни ток података у систем. *TwitterStreamJob* је компонента система која прима поруке из компоненте за конзумирање *Twitter* статуса и уписује их у ток података који се зависно од конфигурације партициониса и тако омогућава паралелно извршавање следеће компоненте у систему,

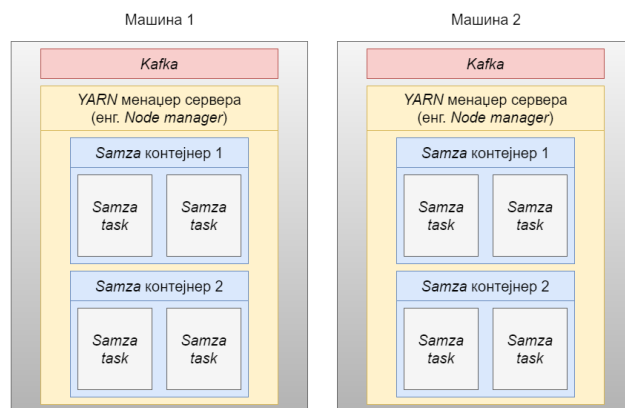
а то је *TwitterNlpJob*. Ова компонента има улогу одређивања сентимента статуса, тачније екстракцију мишљења корисника који је аутор објаве о појму који је од интереса за генерисање извештаја. *TwitterAggregationJob* је компонента система у којој се врши екстракција информација о географском пореклу статуса и зависно од тих информација праве се укупне статистике. Систем за складиштење података је *MongoDB*. *MongoDB* је документ-орјентисана, *noSQL* база података која обезбеђује високе перформансе, богат упитни језик, поузданост, скалирање и проширивост [4].

Компонента система задужена за визуализацију података конзумира податке из базе података.



Слика 3.1: Ток порука и архитектура система

Важна особина дистрибуираних система базираних на *Samza* платформи је чињеница да је код независан од окружења на коме ће бити извршаван, што значи да исту имплементацију можемо покренути на једном серверу на коме ће бити подигнути *Kafka* и *YARN*, као и на више сервера. Једина разлика је у конфигурационом фајлу у коме се морају навести *IP* адресе свих сервера на којим се налази *Kafka* и путања до једне машине из *YARN* кластера. На слици 3.2 приказана је архитектура система са становишта расподеле физичких ресурса на два сервера.



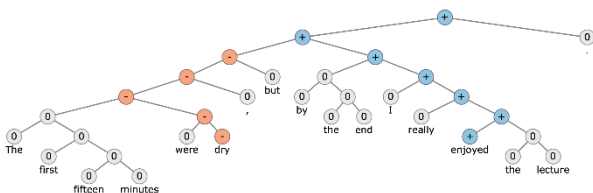
Слика 3.1: Расподела физичких ресурса

4. ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА КОМПОНЕНТИ СИСТЕМА

Као први захтев у имплементацији система намеће се потреба да се обезбеде улазни подаци. Конзумирање порука које се могу добити коришћењем *Twitter API*-ја имплементирано је у посебној компоненти система која се зове *TwitterConsumer*. Сваки *Samza job* у конфигурационом фајлу захтева да му буде специфицирано који систем и који ток података ће конзумирати. Најчешћи избор система је свакако *Kafka* али често је у пракси потребно читати поруке и из других система, а у неким ситуацијама направити и свој сопствени. Да би се креирао нови систем, *Samza* нуди *Java* интерфејс који се зове *SystemFactory*. *TwitterConsumer* кроз конфигурациони фајл *Samza job*-а добија креденцијале неопходне за аутентификацију и конзумира ток података из *API*-ја. Систем је назван *twitter*, а ток у који се уписују поруке назван је *messages-from-twitter* тако да *TwitterStreamJob* уместо *Kafka*-е конзумира систем који се зове *twitter* и из тог система конзумира ток података који се зове *messages-from-twitter*.

Као прва компонента у систему *TwitterStreamJob* има задатак да улазне податке упише у *Kafka*-у. Приликом покретања овог *Samza job*-а инстанцира се *TwitterConsumer* и поруке из *API*-ја почињу да пристижу. Поруке које у овај *Samza job* долазе из *twitter* система бивају уписане у *Kafka*-у водећи рачуна о партиционисању и распоређене су у партиције по алгоритму познатом под именом *Round-robin*. *Kafka* ток података се зове *twitter-status-stream*. Овим се обезбеђује инстанцирање више *Samza task*-ова који ће вршити одређивање сентимента.

TwitterSentimentJob из сваке поруке која стигне из *Kafka*-е издваја поља која су од значаја за даљу обраду, а то су: поља која садрже текст објаве, подаци о кориснику који је објавио статус, подаци о локацији ако су доступни, време објаве и језик на коме је објављен статус. Због тачније идентификације сентимента одбацују се сви језици осим енглеског, а за статусе објављене на енглеском језику врши се предпроцесирање текста статуса. Над трансформисаним текстом врши се одређивање сентимента коришћењем *Stanford CoreNLP* алата. Поменути алат врши разбијање текста на токене, одређује врсте речи у реченици, проналази зависности речи једних од других и реченицу претвара у стабло одређујући сентимент свих грана стабла. Финални сентимент се одређује спајањем свих подстабала, водећи рачуна о негативама и речима које поништавају сентимент одређених подстабала [3].



Слика 4.1: Стабло које приказује одређивање сентимента сложене реченице

TwitterAggregationJob конзумира *Kafka* ток података који се зове *twitter-sentiment-stream*. Поруке које садрже информације о објави, као и сентимент објаве

агрегирају се и генеришу статистику која ће бити приказана као коначан резултат извршавања. *Samza* подржава памћење стања и то остварује помоћу уграђених компоненти као што је *RocksDB* или додавањем неког другог система за складиштење коришћењем *Samza API*-ја. За потребе ове имплементације кориштено је готово решење које користи *RocksDB*. На основу порука које пристижу и информација о сентименту и географском пореклу врши се ажурирање извештаја. Извештај представља скуп свих информација које ће бити приказане на корисничком интерфејсу и садржи укупан број позитивних објави о појму од интереса, укупан број негативних објави и укупан број неутралних објави. Поред тога извештај садржи информације о тим бројевима али везане за државе тако да ти подаци могу бити приказани на мапи света. Коришћењем *window* методе која омогућава периодично извршавање одређеног програмског кода, извештај се уписује у *MongoDB* у временским интервалима од једног минута.

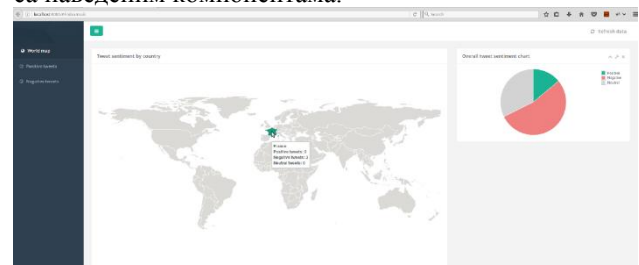
Визуализација обрађених података је последња компонента система и имплементирана је независно од система за прикупљање и обраду података. Са базом података комуницира ослањајући се на *Spring data* алат, верзију прилагођену за рад са *MongoDB* базом података. Због лакоће покретања апликација је имплементирана коришћењем *Spring boot* технологије која обезбеђује и подизање *Apache Tomcat* веб сервера приликом покретања апликације. Веб презентација урађена је коришћењем *AngularJS* фрејмворка.

5. ВЕРИФИКАЦИЈА РЕШЕЊА

Структурирани подаци у форми извештаја, генерисани за све објаве на енглеском језику, складиштени су у *MongoDB* и могу бити приказани коришћењем неког од алата за приказ података или преко корисничког интерфејса. На корисничком интерфејсу су јасно издвојене две целине:

1. мапа света која приликом превлачења стрелице миша преко државе приказује број објави које имају одређени сентимент и
2. графикон који приказује укупне податке.

Слика 5.1 приказује изглед корисничког интерфејса са наведеним компонентама.



Слика 5.1: Кориснички интерфејс

Понашање апликације може се пратити преко метрика и логова који се чувају на контејнерима, док се праћење и додатно конфигурирање *Kafka* кластера може вршити преко алата који је развио, *Kafka manager*-а. *Kafka manager* је сет алата који омогућава приказивање метрика за одређене токове података,

преглед, креирање и брисање токова и њихових партиција, као и промену подешавања везаних за *Kafka* кластер.

Валидација сентимента *Twitter* статуса извршена је насумичним избором објава сачуваних у бази података које поред текста објаве садрже и сентимент. Уочено је да у случајевима када је објава написана граматички прихватљиво, сентимент анализа даје тачне резултате. На примеру 5.2 приказана је објава која има исправно детектован позитиван сентимент. У овом примеру систем је конфигуриран тако да генерише статистике о производима компаније *Apple*.

Drawing and Painting so much easier on the iPad, with this stylus/brush combo! <https://t.co/urDxfK8sVq> #reviveoldpost #seeitagain"

Пример 5.2: Објава са позитивним сентиментом

У наведеном примеру препознавање сентимента је извршено тачно, пре свега због чињенице да је објава написана смислено и граматички прихватљиво. Објаве које не задовољавају овај услов нарушавају тачност статистике. Објава која ни након предпроцесирања није била погодна форматираним за сентимент анализу, што је резултовало нетачним одређивањем сентимента, приказана је на примеру 5.3. Сентимент објаве је препознат као негативан, а заправо се ради о огласу који има неутралан сентимент.

iphone 7, 128gb (matte black) for sale hmu. 10/10 condition

Пример 5.3: Објава са нетачно препознатим сентиментом

Друштвена мрежа *Twitter* представља веома добар извор информација али треба имати у виду да је то само један од многобројних друштвених медија на којим људи остављају своја мишљења. Велики простор за унапређење овог система је додавање више извора информација. Додатни извори би могли бити и софтверски алати специјализовани за прикупљање података са веб страница који су у форми коментара или чланака у медијима. Архитектура система је таква да подржава хоризонтално скалирање и додавање нових извора, па самим тим и значајан пораст протока порука захтевао би само више серверских ресурса, док би имплементација остала непромењена.

6. ЗАКЉУЧАК

У раду је описан један нови приступ обради података који све више добија на значају и за који постоји могућност да у блиској будућности замени обраду података у серијама (енг. *batch processing*) која је сада већ традиционални приступ обради велике количине података. У питању је обрада токова података која доноси бројна побољшања у односу на традиционални приступ, при чему се не губе неке од важних особина традиционалних система, а под тим се пре свега мисли на складиштење пристиглих података са могућношћу њихове поновне употребе.

Имплементиран је систем који демонстрира могућности и начин рада са *Apache Samza* окружењем које представља једно у низу решења за имплементацију система за обраду токова података. Описане су све компоненте неопходне за његово извршавање. Дата је теоријска подлога неопходна за разумевање концепата и архитектуре система као и шира слика о начину функционисања система у дистрибуираном окружењу. Све ово демонстрирано је кроз апликацију која за циљ има обраду тока података који долази са друштвене мреже *Twitter*. Обрада је подразумевала екстракцију мишљења, односно сентимент анализу и стварање представе о тренутној популарности појма од интереса који се задаје приликом покретања система.

Како финални производ имамо систем који је конфигурабилан, поуздан и отпоран на грешке и отказивања, дистрибуиран, а сходно томе и скалабилан. Како је управо скалабилност једна од његових најважнијих особина, овај систем је лако проширив и могуће је додати друге изворе података као и додатне компоненте које би се бавиле обрадом што би подразумевало и извршавање на већем кластеру рачунара.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Martin Kleppman, "Designing Data-Intensive Applications: The big ideas behind reliable, scalable and maintainable systems", O'Reilly, 2014.
- [2] "Apache Samza documentation", Apache foundation, 2016. [На мрежи]. Доступно на: <http://samza.apache.org/archive/index.html#latest>. [Приступљено: 27.11.2016.]
- [3] "Sentiment analysis", Stanford NLP Group, 2013. [На мрежи]. Доступно на: <http://nlp.stanford.edu/sentiment/>. [Приступљено: 27.11.2016.]
- [4] Kristina Chodorow, "MongoDB: The definitive Guide, Powerful and Scalable Data Storage", O'Reilly, 2013.

Кратка биографија:



Александар Бирчковић рођен је у Бијељини 1992. год. Факултет техничких наука уписао је 2011. год. Бечелор рад из области Електротехнике и рачунарства – рачунарске науке и информатика, одбранио је 2015. год. . Мастер студије је уписао исте године, на Факултету техничких наука у Новом Саду, смер Интелигентни системи.

**OPTIMALNO BOJENJE FIDERA DISTRIBUTIVNE ELEKTROENERGETSKE MREŽE
OPTIMAL FEEDER COLORING IN POWER DISTRIBUTION NETWORK**Milan Cvetić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – Pametnom mrežom upravlja operater čiji je zadatak da nagleda šta se dešava u elektrodistributivnoj mreži i da reaguje u skladu sa tim. Da bi on mogao efikasno da radi svoj posao potrebno je da mu se na što jasniji način prikaže mreža. Između ostalog, jedan od kriterijuma koji moraju biti zadovoljeni je da susedni fideri moraju biti obojeni različitom bojom radi veće preglednosti prikaza. Da bi ovo bilo izvedeno potrebno je da se predstavi elektrodistributivna mreža pomoću grafa koji će potom biti obojen pomoću nekog od algoritama za bojenje grafova.

Abstract – Smart grid is managed by the operator whose job is to monitor what is happening in the power distribution network and to act in accordance. In order to effectively do his job, it is required to show power grid as clear as possible. Among other things, one of the criteria that must be met is that the adjacent feeders must be painted with different color for clarity display. For this to be done, it is necessary to represent power distribution network using a graph that will then be painted using an algorithm for graph coloring.

Ključne reči: Bojenje grafu, CIM, elektrodistributivna mreža, fideri

1. UVOD

Za unapređenje upravljanja električnom energijom, od njene proizvodnje do njene potrošnje, potrebna nam je pametna mreža koja donosi mnogobrojne prednosti u odnosu na klasične mreže [1].

Da bi operater mogao na što jednostavniji način da upravlja elektrodistributivnom mrežom potrebno je da mu ona bude što jasnije prikazana. Ovo je učinjeno tako što je elektrodistributivna mreža prikazana pomoću grafa koji je potom obojen tako da susedni čvorovi grafa (tj. delovi elektrodistributivne mreže, tačnije fideri) budu obojeni različitim bojama.

2. COMMON INFORMATION MODEL

Najrasprostranjeniji standard za modelovanje elektroenergetskih sistema je *Common Information Model* - CIM. Osnovni razlozi za nastanak CIM-a su: 1) da olakša razmenu podataka između elektroenergetskih preduzeća, 2) da omogući razmenu podataka između različitih aplikacija u okviru istog preduzeća i 3) za razmenu tržišnih podataka između preduzeća [2].

NAPOMENA:

Ovaj rad je proistekao iz master rada čiji mentor je bio dr Darko Čapko, docent.

CIM je razvila radna grupa 13, tehničkog komiteta 57 Međunarodne elektrotehničke komisije i predstavlja apstraktni model u okviru kojeg su predstavljeni svi objekti elektroenergetskog sistema kao i odnosi između njih. Specifikacija CIM-a je data u UML-u [3], jer se pomoću UML-a modeluju objekti elektroenergetskog sistema.

2.1. Model podataka

CIM je podeljen u pakete, a u svakom paketu se nalaze grupisane srodne, logički povezane klase. Klase opisuju ceo elektroenergetski sistem od proizvodnje električne energije, njenog prenosa i distribucije. Nazivi CIM paketa su: *Core, Topology, Wires, Loadmodel, Protection, Control, Generation, Rating, Outage, Meas, SCADA, Domain*.

2.2. Osnovne klase u CIM-u

Svaki paket u CIM-u poseduje svoj klasni dijagram u kome se nalaze sve njegove klase kao i veze između njih. Neke od osnovnih klasa u CIM-u su *IdentifiedObject, PowerSystemResource, Equipment, ConductingEquipment, ConnectivityNodeContainer, ConnectivityNode, EquipmentContainer*.

3. TEORIJA GRAFOVA

Teorija grafova je oblast matematike čiji se početak vezuje za švajcarskog matematičara *Leonhard-a Euler-a* koji je u 18. veku rešio problem *Königsberg*-ških mostova. Međutim, teorija grafova je formalno počela da se razvija tek krajem 19.veka, a velika primena teorije grafova u praksi, kao i razvoj računara uslovlili su njen nagli razvoj u drugoj polovini 20. veka.

3.1 Osnovni pojmovi u teoriji grafova

Graf G je uređen par (V, E) koji se sastoji od nepraznog konačnog skupa $V(G)$ koji predstavlja čvorove grafa G i konačnog skupa $E(G)$ različitih parova elemenata iz $V(G)$ koji predstavljaju grane grafa G [4].

Uobičajeno je da se čvorovi grafa obeležavaju sa u i v , a grane sa e i f . Grana $e = \{u, v\}$ predstavlja granu koja spaja čvorove u i v , što se kraće može zapisati kao $e = uv$. Ukoliko su čvorovi u i v povezani granom e , onda se može reći da su to susedni (incidentni) čvorovi. Dve grane su susedne ako imaju zajednički čvor.

Broj susednih čvorova čvoru v zove se stepen čvora v i označava sa $d(v)$. Multigrafovi su grafovi kod kojih se između dva čvora nalazi više od jedne grane. Graf poseduje petlju ako postoji barem jedna grana koja spaja čvor sa samim sobom, dok čvor koji nema suseda nazivamo izolovani čvor.

Ako je stepen svakog čvora grafa jednak broju k onda je taj graf k -regularan. Ukoliko je graf k -regularan, a k je

jednako broju čvorova grafa tada se za graf kaže da je kompletan. Na osnovu toga da li postoji veza između svaka dva čvora, grafovi se mogu podeliti na povezane i nepovezane. Još jedna podela grafova je na usmerene (orjentisane) i neusmerene (neorjentisane) grafove.

3.2. Stabla

Stablo se može posmatrati u dva konteksta. U prvom slučaju pod pojmom stabla se smatra ceo graf, dok u drugom slučaju stablo predstavlja podgraf nekog grafa. Čvor stepena 1 u grafu se naziva list [5].

Listovi predstavljaju čvorove koji imaju samo jednog suseda. U slučaju usmerenog grafa čvor u koji ne ulazi ni jedna grana, a izlazi jedna ili više naziva se koren stabla. U neusmerenom grafu za koren stabla se uzima čvor koji je po nečemu poseban.

3.3. Načini predstavljanja grafova

Grafovi se mogu predstaviti u računaru na nekoliko načina. Dva najčešća načina su pomoću matrice susedstva i pomoću liste susedstva.

Što se tiče predstavljanja pomoću matrice susedstva ova matrica će zapravo biti kvadratna matrica čiji red je jednak broju čvorova grafa. Element a_{ij} jednak je broju grana koje polaze iz čvora v_i , a završavaju se u čvoru v_j .

Ako se dopusti da dva čvora mogu biti spojena najviše jednom granom iste orjentacije, tada elementi matrice A mogu biti samo 0 ili 1. Ukoliko se radi o matrici susedstva multigrafa elementi matrice susedstva će biti prirodni brojevi ili nula u slučaju da dva čvora nisu povezana. U slučaju predstavljanja neorjentisanog grafa pomoću matrice susedstva, dobiće se simetrična matrica, a ako je zbir elemenata na glavnoj dijagonali jednak nuli to znači da graf nema petlji.

Drugi način je pomoću liste susedstva. Naime, kod predstavljanja grafa na ovaj način, za svaki čvor v se definiše posebna lista l_v koja sadrži sve susedne čvorove čvora v .

Lista susedstva grafa veoma efikasno koristi memoriju, pošto je u memoriju potrebno smestiti samo $2 \times |E(G)|$ podataka, ali je zato potrebno pretražiti celu listu l_v (ili l_u) da bi utvrdili da li su čvorovi v i u susedni. Sa druge strane, matrica susedstva sadrži $|V|^2$ podataka, bez obzira koliki je broj grana u grafu, ali se zato susedstvo čvorova u i v ispituje uvek u konstantnom vremenu, koje je jednako vremenu potrebnom za pronalaženje elementa $a_{v,u}$ matrice susedstva $A_{v,u}$.

Pored prethodno navedenih načina za predstavljanje grafova postoje još neki koji se ređe koriste pa nisu uzeti u razmatranje [6].

3.4. Bojenje grafova

Francis Guthrie je 1852. godine uočio problem koji je nazvan „Problem četiri boje“. Ovaj problem je podstrekao razvoj teorije bojenja grafova, a njegovo konačno rešenje je objavljeno tek 1976. godine.

U ovom radu biće razmatrano pravilno bojenje čvorova grafa koje predstavlja bojenje u kojem su susedni čvorovi obojeni različitim bojama. Hromatski broj grafa predstavlja minimalan broj potrebnih boja kojim se može obojiti graf G [5] [7].

Bojenje grafova sa što manje boja predstavlja težak problem sa algoritamske tačke gledišta, a najčešće nam je upravo ovakvo bojenje potrebno. U petoj glavi će biti opisana dva algoritma za bojenje grafova.

4. MODELOVANJE ELEKTROENERGETSKE MREŽE POMOĆU GRAFA

Elektroenergetski sistem je sistem u okviru kojeg se izvode sve elektroenergetske transformacije te električna energija prenosi i distribuira. Ovaj sistem se sastoji od četiri osnovna podsistema i to su podsistem proizvodnje, podsistem prenosa, podsistem distribucije i neposredne potrošnje.

4.1. Pojam transformatorske stanice i fidera

Transformatorska stanica je deo sistema za prenos i distribuciju električne energije. U njoj se vrši transformacija električne energije promenom napona ili struje. S obzirom da je besmisleno napajanje svakog individualnog potrošača direktno iz prenosne mreže, jer bi tehnički bilo jako teško povezati nekoliko hiljada ili desetina hiljada individualnih potrošača sa jednom transformatorskom stanicom, uvodi se podsistem distribucije.

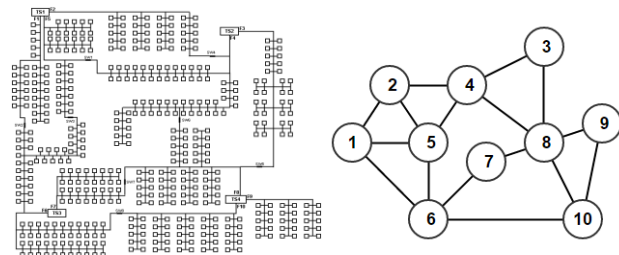
Podsistem distribucije, povezuje podsistem prenosa sa podsistemom neposredne potrošnje. Distribucija se zasniva na koncepciji „fidera – napajачa“. Oni predstavljaju dovoljno jake elektroenergetske veze kojima se povezuje grupa individualnih potrošača sa transformatorskom stanicom. Praktično fider „prolazi“ pored individualnih potrošača koji se na njega priključuju umesto da se za svaki od njih uspostavlja sopstvena elektroenergetska veza sa transformatorskom stanicom [8].

Distributivna mreža je uglavnom radijalna. Ovo znači da postoji samo jedna putanja od transformatorske stanice do potrošača. Prenosne mreže se prave da budu upetljane, jer se tako povećava pouzdanost sistema.

4.2. Predstavljanje dela elektrodistributivne mreže pomoću grafa

Kako bi se operaterima elektrodistributivne mreže olakšao posao potrebno je da im se ona prikaže na što jasniji način. S obzirom na to da bi bilo teško primeniti neki algoritam za bojenje direktno na elektrodistributivnoj mreži, ona će biti prikazana pomoću grafa koji će potom biti obojen pomoću nekog algoritma za bojenje.

Na prvom delu slike 4.1. je prikazan uprošćen primer jedne elektrodistributivne mreže dok se na drugom delu iste slike nalazi ekvivalentna predstava pomoću grafa.



Slika 4.1.

5. ALGORITMI ZA BOJENJE GRAFOVA

Za bojenje grafova će biti korištena dva algoritma koja će u nastavku teksta biti objašnjena.

5.1. Pohlepni (*greedy*) algoritam

Prvo je potrebno da se pronađe čvor sa najviše suseda. Ovo se radi kako bi se formirao niz koji će predstavljati potencijalno najveći broj boja koje će biti korišćene za bojenje grafa. Dužina ovog niza će biti za jedan veća nego što je to maksimalan broj suseda nekog čvora. Niz će sadržati informacije o tome koje su boje slobodne, a koje zauzete i zvaće se *lista slobodnih boja* – skraćeno LSB. Drugi način na koji se mogla formirati LSB je da je formirana lista od onoliko elemenata koliko ih ima u grafu. Na taj način bi se uštedelo na vremenu za pronalaženje čvora sa najvećim brojem suseda, ali bi se u slučaju velikih grafova zauzelo mnogo više memorije nego što je to potrebno.

Sam algoritam bojenja čvorova radi na sledeći način: uzme se prvi čvor, v_1 , (iz liste čvorova koja je uređena po identifikatoru) i ažurira se LSB. Ova lista se ažurira tako što se posmatra da li su obojeni susedni čvorovi čvora v_1 . Ukoliko je neki sused obojen, ta boja se izbacuje iz LSB. Potom se uzima prva slobodna boja iz LSB i dodeli se čvoru v_1 . Nakon toga sve boje koje su bile izbačene iz LSB vraćaju u LSB.

Nakon ovoga se uzima drugi čvor, v_2 , ažurira se LSB, dodeljuje se prva slobodna boja čvoru v_2 , i vraćaju se sve izbačene boje u LSB. Ovaj postupak se ponavlja za sve preostale čvorove grafa [9].

5.2. Recursive Largest First (RLF) algoritam

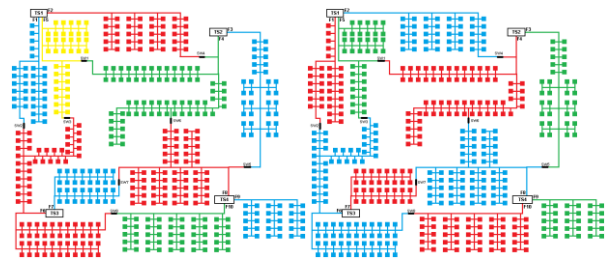
Pre nego što se pređe na bojenje čvorova prvo je potrebno napraviti listu parova čvor-boja koja će sadržati sve one čvorove koji nisu obojeni. Takođe potrebno je sortirati čvorove po broju susednih čvorova u jednu listu. Ovi čvorovi će biti poređani u opadajućem redosledu od onog koji ima najviše suseda od onog koji ima najmanje.

Sada se prelazi na bojenje čvorova. Dokle god postoje neobojeni čvorovi radi se sledeće. („početak“) Uzme se čvor v_i sa najvećim brojem susednih čvorova iz liste koja je na početku formirana, a da nije obojen. Potom se uzme nova slobodna boja B_i i dodeli se čvoru v_i . Nakon toga se pronađu svi susedni čvorovi čvora v_i i stave se u listu susednih čvorova - SČ. Potom se svi čvorovi koji nisu susedni čvoru v_i , a pri tom i nisu obojeni stavljaju u listu nesusednih čvorova - NČ.

Sada dokle god ima čvorova u listi NČ se radi sledeće: uzme se čvor $v_{n\check{c}-i}$ iz liste NČ koji ima najveći broj susednih čvorova u listi SČ. Potom se čvoru $v_{n\check{c}-i}$ dodeljuje takođe boja B_i . Nakon toga se ažurira lista SČ tako se u nju dodaju svi susedni čvorovi čvora $v_{n\check{c}-i}$ koji se još ne nalaze u listi SČ. Takođe ažurira se lista NČ tako što se iz nje izbacuju oni neobojeni čvorovi koji su sada dodati u listu SČ. Iz liste NČ se izbacuje i onaj čvor koji je upravo obojen. Ovaj postupak se ponavlja dokle god ima čvorova u listi NČ, a kada lista NČ ostane prazna vraća se na „početak“ i postupak se ponavlja dokle god postoji neobojenih čvorova.

5.3. Primer obojene elektrodistributivne mreže

Na prvom delu slike 5.1. se nalazi prikaz obojene elektrodistributivne mreže pomoću *greedy* algoritma, a na drugom delu je prikazan rezultat bojenja RLF algoritma.



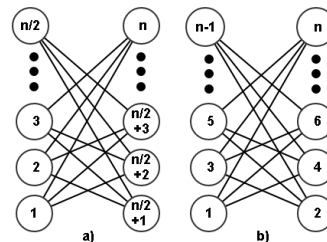
Slika 5.1. Rezultat bojenja *greedy* i RLF algoritma

6. REZULTATI TESTIRANJA

Testiranje je izvršeno na 64-bitnom operativnom sistemu *Windows 7 Enterprise – Service pack 1*, sa procesorom *Intel(R) Core(TM) i3-2120 CPU @3.30GHz, 3.29GHz* sa 12GB RAM memorije.

6.1. Testiranje na kruna grafu (*crown graph*)

Kruna graf na kome su testirani algoritmi sadrži n čvorova, a njegova prezentacija je data na slici 6.1. Na ovoj slici se nalaze dva identična grafa, međutim drugačiji je raspored identifikatora čvorova.



Slika 6.1. Kruna graf

Testiranje je vršeno tako što je algoritam pušten da 100 puta oboji graf sa određenim brojem čvorova, a potom je izračunato prosečno vreme koje je bilo potrebno za bojenje i ono je prikazano u tabeli 6.1. dok se u tabeli 6.2. nalazi broj boja koje su koristili algoritmi za bojenje.

Br. čvorova (grana)	50 (600)	100 (2450)	200 (9900)	500 (62250)	1000 (249500)
GRD 6.1.a)	0,06	0,25	1,11	8,52	32,53
RLF 6.1.a)	0,62	5,02	35,79	672,58	7032,47
GRD 6.1.b)	0,06	0,23	1,02	8,94	32,14
RLF 6.1.b)	0,62	4,88	35,88	700,13	7042,70

Tabela 6.1. Vreme potrebno za bojenje kruna grafa

Br. čvorova (grana)	50 (600)	100 (2450)	200 (9900)	500 (62250)	1000 (249500)
GRD 6.1.a)	2	2	2	2	2
RLF 6.1.a)	2	2	2	2	2
GRD 6.1.b)	25	50	100	250	500
RLF 6.1.b)	2	2	2	2	2

Tabela 6.2. Broj boja korišćen za bojenje grafova sa slike 6.1.

6.2. Testiranje na proizvoljnom grafu

Proizvoljan graf je graf koji je formiran za potrebe testiranja performansi algoritama. U tabeli 6.3. se mogu videti veličine grafa kao i vreme koje je bilo potrebno svakom algoritmu da ga oboji.

Br. čvorova (grana)	1000 (4859)	3000 (14579)	5000 (24299)	7000 (34019)	10000 (48599)
GRD	0,55	2,03	3,48	4,36	6,15
RLF	159,4	1463,2	4189,9	8604,8	18196,7

Tabela 6.3. Vreme potrebno za bojenje grafa

Broj boja koji je bio potreban da se graf oboji je 15 nezavisno od broja čvorova kao i od korišćenog algoritma.

6.3. Testiranje na realnim modelima distributivne elektroenergetske mreže

U poglavljima 6.1. i 6.2. su testirani algoritmi za bojenje grafova na grafovima različitih struktura i veličina. Parametri koji su posmatrani prilikom testiranja su broj boja koji je bio potreban da bi se odgovarajući graf obojio, kao i vreme izvršavanja algoritma. U ovom poglavlju testiranje je izvršeno na realnim modelima distributivnih elektroenergetskih mreža čije su karakteristike prikazane u tabeli 6.4. (Skraćenica TS u tabeli se odnosi na transformatorsku stanicu.)

Naziv	Broj TS	Br. fidera	Br. veza
Model 1	105	400	4135
Model 2	532	1707	6763
Model 3	34	244	1288
Model 4	73	123	2025

Tabela 6.4. Karakteristike testiranih elektroenergetskih mreža

Kao i do sada prilikom testiranja je posmatran broj boja koji je bio potreban da bi se odgovarajući graf obojio kao i vreme izvršavanja algoritma. Kako bi bilo nađeno prosečno vreme koje je potrebno algoritmu da oboji graf koji predstavlja model distributivne elektroenergetske mreže, svaki algoritam je deset puta ponovljen nad istim grafom i uzeto je prosečno vreme koje je bilo potrebno da se graf jednom oboji. Rezultati koji su dobijeni su prikazani u tabeli 6.5.

Naziv mreže	Greedy algoritam		RLF algoritam	
	Vreme [ms]	Broj boja	Vreme [ms]	Broj boja
Model 1	2,45	24	68,65	24
Model 2	3,91	29	917,03	29
Model 3	1,23	16	26,79	16
Model 4	1,25	16	9,47	16

Tabela 6.5. Rezultati testiranja na realnim modelima elektrodistributivnih mreža

7. ZAKLJUČAK

U radu je opisana implementacija grafa, kao i dva algoritma za bojenje grafova. Primenom implementiranih algoritama omogućeno je pravilno bojenje različitih delova elektrodistributivne mreže. Na ovaj način

korisniku je omogućena bolja vizuelizacija mreže, a samim tim mu je olakšano upravljanje mrežom.

Kod *Greedy* algoritma broj boja jako zavisi od redosleda čvorova kojim se oni boje, ali je zato sa stanovišta vremena izvršavanja veoma brz. RLF algoritam bez obzira na redosled čvorova uvek boji sa istim brojem boja jer koristi neku svoju unutrašnju logiku. Upravo zbog nje RLF algoritam boji značajno sporije što se primeti kod većih grafova.

Bojenje kompletnog grafa se radi samo jednom, a svaki naredni put se boje samo oni čvorovi koji su dodati ili izmenjeni. Iz ovog razloga ukoliko nam rezultati nisu potrebni istog trenutka bolje je koristiti RLF algoritam jer će on najverovatnije dati bojenje sa manjim brojem boja.

Pravci daljeg razvoja se mogu tražiti u tome da se gleda i geografski položaj delova elektrodistributivne mreže jer se sada može desiti da se dva nepovezana dela mreže koji se nalaze jedan pored drugog oboje isto, a u tom slučaju bi operater mogao da pomisli da se radi o jednom delu mreže.

8. LITERATURA

- [1.] https://www.smartgrid.gov/the_smart_grid/smart_grid.html, datum pristupa: oktobar 2016
- [2.] J. Simmins „*Common Information Model Primer*“, Third Edition, EPRI - Final Report, 2015
- [3.] <http://www.uml.org/what-is-uml.htm>, datum pristupa oktobar 2016
- [4.] Reinhard Diestel, „*Graph Theory*“, Springer-Verlag, Heidelberg, 5th electronic edition 2016
- [5.] D. Stevanović, M. Milošević, V. Baltić, „*Diskretna matematika – osnove kombinatorike i teorije grafova*“ – zbirka rešenih zadataka, Društvo matematičara Srbije, Beograd 2004
- [6.] Vladimir Baltić, „*Teorija grafova*“, Beograd 2008
- [7.] Christopher Griffin, „*Graph Theory*“, *Penn State Math 485 Lecture Notes, Version 1.4*, 2011-2012
- [8.] Vladimir Strezoski, „*Osnovi elektroenergetike*“, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad
- [9.] Frank Thomson Leighton, „*A graph coloring algorithm for large scheduling problems*“, Center for Applied Mathematics, National Bureau of Standards Washington, june 1979

Kratka biografija:



Milan Cvetić rođen je 1991. godine u Somboru gde je završio osnovnu školu 2007. godine i srednju školu 2011. godine. Iste godine upisao se na Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu odsek Računarstvo i automatika, a školske 2013/2014. godine upisuje smer Primenjene računarske nauke i informatika. Osnovne studije završava 2015. godine nakon čega upisuje master studije smer Primenjeno softversko inženjerstvo.

**UTICAJ AUTOMATIZACIJE NA POVEĆANJE POUZDANOSTI
DISTRIBUTIVNOG SISTEMA****THE IMPACT OF AUTOMATION TO INCREASE THE RELIABILITY OF THE
DISTRIBUTION SYSTEM**

Tamara Miloradov, Savo Đukić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je analiziran uticaj automatizacije na povećanje pouzdanosti distributivnog sistema. Opisani su najčešće korišćeni indeksi pouzdanosti, oprema za automatizaciju, kao i efekti uvođenja iste. Uticaj automatizacije na pouzdanost distributivnog sistema analiziran je poređenjem indeksa pouzdanosti za pet različitih varijanti automatizacije test fidera.

Abstract – The paper analyzes the impact of automation to increase the reliability of the distribution system. The most commonly used reliability indices, automation equipment and its effects on the distribution system are described. The impact of automation on distribution system reliability is analyzed by comparing the reliability indices for five different variants of automation of the test feeder.

Ključne reči: pouzdanost, distributivni sistem, automatizacija.

1. UVOD

Distributivni sistem je složeni dinamički sistem čija je funkcija da sigurno, pouzdano i ekonomično snabdeva potrošače dovoljnim količinama kvalitetne električne energije [1]. Pouzdanost predstavlja sposobnost sistema i elemenata sistema da obavljaju predviđenu funkciju u zadatom vremenskom periodu i pod tačno određenim uslovima. Cilj analize pouzdanosti je da se na osnovu ponašanja sistema (ili elemenata sistema) u prošlosti predvidi njihovo ponašanje u budućnosti i da se procene performanse razmatrane komponente ili sistema [2]. Povećanje pouzdanosti distributivne mreže se može postići smanjenjem broja kvarova, kao i smanjenjem vremena trajanja prekida napajanja. Smanjenje vremena trajanja prekida napajanja se, između ostalog, postiže uvođenjem automatizacije, koja obuhvata primenu lokalne automatike (reklozera, sekcionalizera, itd.), kao i daljinsko upravljanje iz kontrolnog centra pomoću SCADA i DMS sistema.

2. INDEKSI POUZDANOSTI

Pouzdanost je teško iskazati jednim numeričkim pokazateljem, usled različitih posledica koje trpe potrošači zbog otkaza [1]. Svaka kompanija prati više indeksa pouzdanosti, od kojih su najčešće korišćeni [3]:

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Savo Đukić, docent.

- SAIFI (indeks prosečne učestanosti prekida sistema) predstavlja srednji broj prekida napajanja potrošača u definisanom vremenskom periodu. Računa se kao količnik broja potrošača ostalih bez napajanja i ukupnog broja uslužvanih potrošača.
- SAIDI (indeks prosečnog trajanja prekida sistema) predstavlja srednje vreme trajanja prekida napajanja potrošača u definisanom vremenskom periodu. Računa se kao količnik zbira trajanja svih trajnih prekida i ukupnog broja uslužvanih potrošača.
- CAIDI (indeks prosečnog trajanja prekida napajanja potrošača) predstavlja prosečno trajanje jednog prekida napajanja potrošača, gde je svaki potrošač pogođen kvarom ubrojan tačno jednom. Računa se kao količnik SAIDI i SAIFI indeksa.
- ENS (indeks neisporučene energije) predstavlja ukupnu neisporučenu energiju u definisanom vremenskom periodu. Računa se kao suma proizvoda neisporučene snage i trajanja prekida.

3. OPREMA ZA AUTOMATIZACIJU

Izbor opreme za automatizaciju zasniva se na inženjerskom iskustvu i intuiciji, tehničkim uslovima koji postoje u distributivnoj mreži, kao i matematičkim i numeričkim metodama. Mesto postavljanja opreme duž fidera zavisi od njegove konfiguracije, broja i značaja potrošačkih čvorova, kao i od lokacije i tipa već postavljene opreme [4]. U nastavku su opisani pojedini tipovi opreme za automatizaciju distributivne mreže.

3.1. Reklozer

Reklozer je prekidač koji ima svoju relejnu zaštitu i sistem za automatsko ponovno uključenje (APU). Sposoban je da prekine struju kvara, ali i da zatvori kontakte u kvaru. Ukoliko je kvar prolaznog karaktera biće eliminisan uspešnim delovanjem APU, a ako je kvar trajnog karaktera doći će do definitivnog isključenja dela voda nizvodno od reklozera, pri čemu će potrošači na zdravom delu voda nastaviti da se, praktično besprekidno, napajaju. Potreba za postavljanjem reklozera se određuje analizom pouzdanosti mreže bez reklozera. Ako su pokazatelji pouzdanosti nezadovoljavajući, analizira se opravdanost primene ovog uređaja [1].

3.2. Sekcionalizer

Sekcionalizer je po svojoj funkciji sličan rastavljaču koji poseduje sopstveni pogon. U okviru sekcionalizera su prekostrujni i podnaponski relej, kao i brojač prorade podnaponskog releja. Ukoliko se desi kvar iza sekcionalizera, prekostrujni relej registruje prolazak struje kvara kroz sekcionalizer i time detektuje granu sa

kvarom. Podnaponski relej reaguje kod svake beznaponske pauze izazvane dejstvom APU, a brojač broji svako reagovanje podnaponskog releja. Kada broj delovanja postane veći od broja unapred predviđenih sekvenci, sekcionalizer izoluje granu sa kvarom otvarenjem pripadajućeg rastavljača. Efekti delovanja sekcionalizera su slični onim kao kod prekidača sa APU mehanizmom, pri čemu je sekcionalizer značajno jeftiniji, ali i nešto sporiji uređaj [1].

3.3. Osigurač

Osigurač u električnim kolima služi kao zaštita pri veoma velikim vrednostima struje izazvanim preopterećenjem ili kratkim spojem. U takvim situacijama osigurač prekida električno kolo i na taj način štiti od kvara ili požara. Osiguračima se obično štite laterali.

Oni imaju zadatak da povećaju pouzdanost voda, tako što lateral u kvaru isključuju odmah po nastanku kvara, pre nego što deluje relejna zaštita na početku voda. Na taj način se uticaj kvara ne proširuje na ceo vod, već se ograničava samo na potrošače koji se napajaju preko laterala u kvaru [1].

3.4 Snimač kvara

Snimač kvara ima ulogu da na mestima u mreži na kojima je instaliran izmeri vrednosti napona i struje kvara. Na osnovu tako izmerenih vrednosti napona i struja, identifikuje se tip kvara, a potom se upotrebom odgovarajućih algoritama (računarske metode u kojima se za proračune koristi i model mreže) vrši procena mesta kvara u mreži [1].

3.5 Detektori (indikatori) kvara

Primenom indikatora kvaru dobija se informacija o tome kroz koje deonice je protekla struja kvara. Signal koji daje ovaj uređaj može biti lokalan ili daljinski. Prvi indikatori kvara bili su ručno resetovani uređaji. Primenom nove tehnologije, razvijeni su indikatori koji se mogu uklopiti u rad SCADA sistema čime je omogućeno daljinsko praćenje delovanja ovih uređaja.

Opremanje SN mreže indikatorima kvara spada u osnovni nivo automatizacije distributivne mreže. Ugradnjom detektora kvara omogućeno je brzo lociranje kvara, smanjenje trajanja prekida i smanjenje gubitaka nastalih neisporučenom energijom [1].

3.6 Uređaj za automatsko prebacivanje napajanja

Uređaj za automatsko prebacivanje napajanja (eng. Automatic Changeovers - ACO) ne zahteva nikakva sredstva komunikacije, što je njegova osnovna prednost.

Ovi uređaji se postavljaju u jednu ili dve transformatorske stanice (TS) na fideru, pri čemu se biraju one TS koje dele fider na 2 segmenta koji snabdevaju približno jednak broj potrošača. Te TS opremljene su rasklopnim uređajem koji ima osigurač za zaštitu transformatora i 3 prekidača – ulazni, izlazni i rezervni (za dovod rezervnog napajanja). U slučaju kvara nizvodno od TS sa ACO, ACO pre relejne zaštite sa početka fidera detektuje kvar i delovanjem na izlazni prekidač odvaja deo fidera u kvaru. U slučaju kada se kvar dogodi uzvodno od TS sa ACO, ACO detektuje nedostatak napona, otvara ulazni prekidač i na taj način odvaja deo fidera u kvaru.

Istovremeno, ACO zatvara rezervni prekidač čime obezbeđuje rezervno napajanje za potrošače na zdravom delu fidera.

3.7 SCADA i DMS sistemi

SCADA sistem se sastoji od opreme koja omogućuje daljinsko upravljanje i nadzor uređaja na udaljenim lokacijama na kojima su instalirani. SCADA sistem se sastoji iz centralne jedinice, jedinica udaljenih terminala i komunikacionog sistema. Pored toga, SCADA sistem podrazumeva i softver instaliran na centralnom računaru. DMS sistem predstavlja skup sofisticiranog softvera i algoritama koji omogućavaju optimalno upravljanje, donošenje odluka i efikasan dizajn celokupne opreme instalirane u distributivnoj mreži. Pored toga, DMS sistem analitičkih funkcija omogućava i izvođenje mnogih tehničkih poslova u distributivnim preduzećima [1].

4. EFEKTI UVOĐENJA AUTOMATIZACIJE

Uvođenjem automatizacije u distributivnu mrežu postupak za rešavanje kvarova je znatno unapređen u sledećim aspektima [5]:

- Napojne TS su daljinski kontrolisane (sve informacije i daljinska kontrola su dostupni operatoru u kontrolnom centru), tako da nema potrebe da ekipa ide u napojnu TS i izvršava operacije nad rasklopnom opremom.
- Bitne tačke distributivne sredjenaponske mreže su daljinski kontrolisane (sve informacije i daljinska kontrola su dostupni operatoru u kontrolnom centru), čime je omogućena lakša i brža detekcija mesta kvara, uz manji broj operacija nad rasklopnom opremom duž fidera.
- Izvršavanje operacija nad rasklopnom opremom koja je daljinski upravljiva je mnogo brže.
- DMS softver obezbeđuje estimaciju tokova snaga, simulaciju svake prekidačke akcije i optimizaciju procedure restauracije napajanja, sa vrlo niskim nivoom rizika od pogrešnih odluka (prekidačkih akcija).

Ukupni efekti uvođenja automatizacije ogledaju se u [5]:

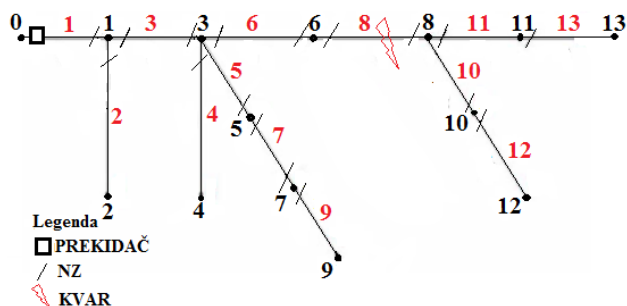
- Smanjenju gubitaka električne energije.
- Smanjenju neisporučene električne energije.
- Smanjenju penala koji se plaćaju potrošačima zbog neodgovarajuće pouzdanosti napajanja.
- Smanjenju operativnih troškova.
- Smanjenju troškova razvoja i izgradnje distributivne mreže.

5. PRORAČUN INDEKSA POUZDANOSTI ZA RAZLIČITE VARIJANTE AUTOMATIZACIJE

U ovoj glavi je izvršen proračun indeksa pouzdanosti SAIFI, SAIDI, CAIDI i ENS za test fider prikazan na slici 1. Proračuni su izvršeni za pet različitih varijanti automatizacije sa ciljem da se uporede vrednosti indeksa pouzdanosti i uoči uticaj automatizacije na pouzdanost. Proračuni su izvršeni za kvarove na deonicama 3, 8, 5, 11 i 12 sa sledećim ulaznim podacima:

- Potrošački čvorovi su 2, 4, 5, 7, 9, 10, 11, 12 i 13.
- Broj potrošača u svakom potrošačkom čvoru je 200.
- Potrošnja u svakom potrošačkom čvoru je 400 kW.
- Popravka deonice sa kvarom traje 300 min.
- Vreme potrebno za daljinsko upravljanje je 1 min.

- Vreme potrebno za prebacivanje na rezervno napajanje pomoću ACO je 1 min.
- Vreme sekcionalizacije (vreme potrebno za izolovanje deonice sa kvarom), u slučaju kada nije omogućeno daljinsko komandovanje i kada se kvar traži metodom polovljenja i izoluje ručno, se procenjuje na osnovu sledećih podataka:
 - ekipa se nalazi na početku voda,
 - svaka deonica duga je 2 km,
 - brzina kretanja ekipe je 1km/min,
 - ekipi je potrebno 10 min za ulazak u TS, i
 - ručna manipulacija rastavljačima traje 2 min.



Slika 1. Test fider sa prvom varijantom automatizacije

U prvoj varijanti automatizacije vod ima samo jedan prekidač na početku fidera. Pri kvaru na bilo kojoj deonici fidera reagovalaće prekidač na početku voda i svi potrošači će ostati bez napajanja. Vrednosti indeksa pouzdanosti za prvu varijantu automatizacije dati su u tabeli 1.

Tabela 1. Vrednosti indeksa pouzdanosti za prvu varijantu automatizacije

Indeks	Vrednost
SAIFI	5,00
SAIDI (min)	887,20
CAIDI	177,44
ENS (kWh)	53160,00

U drugoj varijanti automatizacije postoji još jedan prekidač na sredini fidera, odnosno na sekciji 8. Ukoliko se kvar dogodi nizvodno od tog prekidača, on će odreagovati pre prekidača na početku fidera i potrošači koji su uzvodno od njega neće ostati bez napajanja. Procentualno poboljšanje u odnosu na prvu varijantu automatizacije dato je u tabeli 2.

Tabela 2. Procentualno poboljšanje indeksa pouzdanosti za drugu varijantu automatizacije

Indeks	Poboljšanje (%)
SAIFI	33,40
SAIDI	12,65
CAIDI	-31,14
ENS	16,30

U trećoj varijanti automatizacije dodati su normalno otvoreni (NO) rastavljači u čvorovima 9 i 13. Nakon izolovanja sekcije sa kvarom mogu se zatvoriti NO rastavljači i deo potrošača napojiti sa rezervnog izvora napajanja.

Procentualno poboljšanje u odnosu na drugu varijantu automatizacije dato je u tabeli 3.

Tabela 3. Procentualno poboljšanje indeksa pouzdanosti za treću varijantu automatizacije

Indeks	Poboljšanje (%)
SAIFI	0
SAIDI	69,95
CAIDI	69,51
ENS	68,81

U prethodno obrađenim varijantama automatizacije prekidači i NO rastavljači nisu daljinski upravljivi, u kom slučaju ekipa mora ručno da izoluje kvar, kao i da ručno zatvara prekidače i NO rastavljače. U četvrtoj varijanti automatizacije razmatrani fider je opremljen daljinski kontrolisanim prekidačima i NO rastavljačima. Kada se kvar dogodi na prvoj polovini fidera (uzvodno od prekidača na njegovoj sredini), otvara se prekidač na početku fidera. Dispečer iz dispečerškog centra daljinskim putem otvara prekidač na sredini fidera, a potom isto tako daljinskim putem zatvara NO rastavljač, čime se napaja zdrava polovina fidera (čvorovi nizvodno od prekidača sa sredine voda) sa alternativnog izvora napajanja u kratkom vremenskom roku. Procentualno poboljšanje u odnosu na treću varijantu automatizacije dato je u tabeli 4.

Tabela 4. Procentualno poboljšanje indeksa pouzdanosti za četvrtu varijantu automatizacije

Indeks	Poboljšanje (%)
SAIFI	26,73
SAIDI	36,76
CAIDI	-9,25
ENS	19,94

U petoj varijanti automatizacije, umesto daljinski upravljanih prekidača i NO rastavljača koji zahtevaju složenu komunikacionu infrastrukturu, upotrebljena je lokalna automatika u vidu ACO. ACO je postavljen u čvoru 6, budući da on deli dati fider na dve polovine sa približno jednakim brojem potrošača. U slučaju kvara nizvodno od ACO, ACO deluje na izlazni prekidač pre otvaranja prekidača na početku fidera. U slučaju kvara uzvodno od ACO, dolazi do otvaranja ulaznog prekidača ACO i prekidača na početku fidera, čime je prva polovina fidera sa kvarom izolovana od ostatka. Potom, ACO zatvara rezervni prekidač i zdrav deo fidera biva napojen sa rezervnog izvora napajanja. U pogledu broja potrošača ostalih bez napajanja i vremena trajanja otkaza, nema razlike u odnosu na prethodnu varijantu automatizacije, videti tabelu 5.

Tabela 5. Procentualno poboljšanje indeksa pouzdanosti za petu varijantu automatizacije

Indeks	Poboljšanje (%)
SAIFI	0
SAIDI	0
CAIDI	0
ENS	0

Dakle, proračun indeksa pouzdanosti za različite varijante automatizacije pokazao je da se povećanjem stepena automatizacije dobijaju znatno bolje vrednosti indeksa pouzdanosti. U tabeli 6 su prikazane vrednosti indeksa za prethodno razmatrane varijante automatizacije, radi lakšeg međusobnog poređenja.

Tabela 6. Vrednosti indeksa pouzdanosti za razmatrane varijante automatizacije

Varijanta	SAIFI	SAIDI (min)	CAIDI	ENS (kWh)
1.	5,00	887,20	177,44	53160,00
2.	3,33	774,89	232,70	44493,33
3.	3,33	236,22	70,94	14173,33
4.	2,44	189,11	77,50	11400,00
5.	2,44	189,11	77,50	11400,00

Na osnovu dobijenih vrednosti može se zaključiti da je dodavanjem prekidača na sredini fidera (druga varijanta) vrednost SAIFI indeksa poboljšana za oko 33%, vrednost SAIDI indeksa za oko 13%, a ENS indeks za oko 16%. Uvođenjem NO rastavljača i alternativnih izvora napajanja (treća varijanta) SAIFI indeks je ostao isti, budući da postojanje alternativnog napajanja nema uticaj na broj potrošača pogođenih kvarom.

Sa druge strane, SAIDI indeks se poboljšao za dodatnih 70%, a ENS za 69% u odnosu na varijantu bez alternativnog napajanja.

Uvođenjem daljinskog upravljanja prekidačima i NO rastavljačima (četvrta varijanta), SAIFI se popravio za oko 27%, SAIDI za oko 37%, dok se ENS poboljšao za oko 20% u odnosu na treću varijantu.

Poslednja (peta) varijanta automatizacije nije donela poboljšanje u pogledu vrednosti indeksa pouzdanosti, ali predlaže primenu lokalne automatike, bez uvođenja komplikovane komunikacione infrastrukture.

6. ZAKLJUČAK

Najveći izazov moderne distributivne mreže predstavlja zadovoljenje rastućih potreba potrošača razvojem sistema i upravljanjem sistemom na tehnički adekvatan i ekonomski opravdan način. Jedno od najvažnijih pitanja je kako postići visoki stepen pouzdanosti distributivnog sistema uz minimalne kapitalne troškove (investicije), odnosno kako naći kompromis između pouzdanosti i potrebnih ulaganja zarad postizanja iste.

Tokom pogona distributivne mreže može doći do različitih kvarova i ispada elemenata koji dovode do prekida napajanja pojedinih potrošača. Usled gubitka napajanja električnom energijom potrošači trpe štetu; njihovi proizvodni procesi kao i različite svakodnevne aktivnosti mogu biti ugroženi. Smanjenje trajanja vremena prekida napajanja se ostvaruje kroz efikasniju identifikaciju mesta kvara i bržu promenu uklopnog stanja mreže pri izolovanju kvara i obnavljanju napajanja delova mreže bez kvara.

To se postiže uvođenjem automatike, brzih mernih jedinica i detektora kvara, primenom daljinski upravljivih prekidača i rastavljača, kao i primenom SCADA i DMS sistema. Uvođenjem automatike smanjuje se, ili čak potiskuje, angažovanje ekipa na terenu za potrebe upravljanja kvarom, tako da je od trenutka nastanka kvara do obnove napajanja potrošača ponekad potreban samo jedan minut, uz značajno smanjenje godišnje neisporučene energije. Korišćenjem automatike se, pored smanjenja štete usled prekida napajanja, redukuju i operativni troškovi zbog smanjenog broja manipulacija pri izolaciji kvara i obnovi napajanja delova mreže bez kvara.

7. LITERATURA

- [1] M.D. Nimrihter: *Elektrodistributivni sistemi*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2009.
- [2] N. Rajaković, D. Tasić: *Distributivne i industrijske mreže*, Akademska misao, Beograd, 2008.
- [3] Standard 1366-2012 - IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices, 2012.
- [4] M.S. Stojanović, D.S. Tasić, A.T. Ristić: *Optimal Allocation of Distribution Automation Devices in Medium Voltage Network*, Elektronika i Elektrotehnika, Vol. 19, No. 4, 2013, pp. 9-14.
- [5] N. Katić: *Skripta iz predmeta Menadžment sistemi u elektroenergetici – EMS i DMS*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2016.

Kratka biografija:



Tamara Miloradov rođena je u Novom Sadu 1992. godine. Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu upisala je školske 2011/2012. godine, smer energetika, elektronika i telekomunikacije. Diplomski i master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – smer Elektroenergetski sistemi odbranila je 2015. i 2017. godine, respektivno.



Savo Đukić rođen je u Novom Sadu 1983. godine. Diplomirao je i doktorirao na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – smer Elektroenergetski sistemi 2007. i 2014. godine, respektivno.

OBAVEŠTAVANJE POTROŠAČA O ISKLJUČENJIMA PUTE M DRUŠTVENIH MREŽA**NOTIFYING CONSUMERS ABOUT INCIDENTS VIA SOCIAL NETWORKS**Maja Prodanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – Zbog velike rasprostranjenosti i stepena upotrebe društvenih mreža, sve veći broj kompanija počeo je da se reklamira putem istih, kao i da ih koristi za postavljanje raznih obaveštenja namenjenih svojim klijentima. U radu je predstavljen dizajn, kao i opis implementacije i prikaz performansi rešenja za obaveštavanje potrošača o isključenju putem društvenih mreža. Implementirana su dva adaptera, od kojih jedan predstavlja klijenta i sakuplja podatke pomoću Pub/Sub šablona, te ih prosleđuje drugom adapteru, koji predstavlja serversku stranu i šalje primljene podatke na Facebook i Twitter uz oslonac na definisane API-je.

Abstract – Social networks are widely spread and used, therefore more and more companies are starting to advertise via social networks and use them for posting different notifications to their clients. This paper describes design, as well as implementation, and performances of the solution for notifying clients about incidents using social networks. Two adapters are implemented. One of them represents client that collects data using Pub/Sub pattern and forwards received data to the other adapter that represents server side, which sends received data to Facebook and Twitter using APIs.

Ključne reči: CIM (Common Information Model), softver, društvene mreže

1. UVOD

Društvene mreže postaju sve više i više sastavni deo sadašnjice. Služe kako za upoznavanje, tako i za održavanje kontakta sa osobama iz okruženja, ali i ljudima iz različitih krajeva sveta. Upravo to i jeste tema ovog rada. Poslednjih godina, društvene mreže polako postaju osnovno sredstvo komunikacije i obaveštavanja, što je iskoristio veliki broj kompanija za reklamiranje putem istih i postavljanje raznih obaveštenja namenjenih svojim klijentima. Ideja rešenja opisanog ovim dokumentom je programsko rešenje za blagovremeno obaveštavanje potrošača o prekidima u obavljanju usluga, putem društvenih mreža, pošto bi ta informacija bila od velikog značaja za korisnike.

Implementirana su dva adaptera, koji međusobno komuniciraju putem WCF (*Windows Communication Foundation*) komunikacije. Adapter koji predstavlja klijenta u spomenutoj komunikaciji sakuplja podatke pomoću Pub/Sub šablona i prosleđuje ih adapteru koji predstavlja serversku stranu i šalje primljene podatke

NAPOMENA:

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

na Facebook i Twitter uz oslonac na definisane API-je. API-ji su definisani parametrima, na osnovu kojih se kroz kod postavljaju statusi, odnosno tvitovi na konkretan Facebook, odnosno Twitter profil. Za potrebe opisanog rešenja napravljen je profil, koji obuhvata klase neophodne za popunjavanje poruka koje se razmenjuju u komunikaciji između implementiranih adaptera, specificiran IEC 61968 standardom. Korisnicima su od najvećeg interesa informacije o adresama koje će biti zahvaćene prekidom, vreme početka prekida, kao i vreme potrebno za popravku. Rešenje podržava obradu neplaniranih, kao i planiranih isključenja. Planirana isključenja predstavljaju rad na sistemu (održavanje), dok neplanirana predstavljaju neplaniran prekid pružanja usluga. Takođe, u rešenju su opisana i ograničenja koja utiču na performanse. Tu spadaju ograničenja samog implementiranog rešenja, kao i ograničenja korišćenih društvenih mreža. Opisane su i same performanse, koje podrazumevaju vreme koje je potrebno da se poruka postavi kao status, odnosno tvit, od trenutka prekida obavljanja usluga. Rešenje je izrađeno u C# programskom jeziku.

2. IEC 61968 STANDARD

Međunarodna elektrotehnička komisija (IEC) je svetska organizacija za standardizaciju koja se sastoji od nacionalnih elektrotehničkih komiteta (IEC nacionalni komiteti). Predmet IEC-a je da promoviše međunarodnu kooperaciju u vezi sa svim pitanjima koja se tiču standardizacije u polju elektrotehnike i elektronike. IEC objavljuje međunarodne standarde, tehničke specifikacije, tehničke izveštaje, javno dostupne specifikacije i uputstva. Njihova priprema je poverena tehničkim komitetima; svi IEC nacionalni komiteti, koji su zainteresovani za datu temu mogu da učestvuju u pripremnom poslu [1]

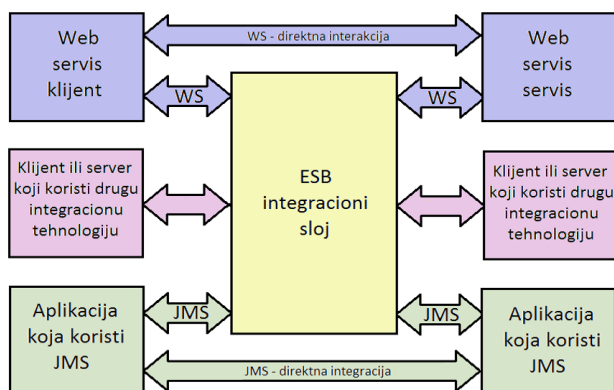
Međunarodni standard IEC 61968-100 je pripremljen od strane IEC tehničkog komiteta 57: Rukovanje elektroenergetskim sistemima i pridružena razmena informacija [1]

2.1 Deo 100: Implementacija profila

IEC 61968 specificira implementaciju profila za aplikaciju drugih delova IEC 61968 standarda koristeći raspoložive integracione tehnologije, uključujući JMS i Web servise. Profilom se predstavlja podskup opisa klasa, njihovih atributa i međusobnih veza u okviru modela podataka [1]

Slika 1 prikazuje domen na koji se odnosi standard IEC 61968, koji ujedno definiše izgled poruka koje se razmenjuju uz oslonac na Web servise ili JMS. Upotrebom ESB (*Enterprise Service Bus*) integracionog

sloja, inicijator razmene informacija može da koristi *Web servise*, gde primalac može da koristi *JMS* i obrnuto. Integracioni sloj takođe obezbeđuje podršku za razmenu informacija tipa jedan-na-više, koristeći *publish/subscribe* integracione šablone i ključnu funkcionalnost poput garancija isporuke [1].



Slika 1 – Razmena poruka uz oslonac na IEC 61968

2.1 Glagoli

Deo standarda IEC 61968-1 identifikuje skup glagola koji se koriste u komunikaciji i detaljno opisuje korišćenje svakog od njih. Na slici 2 su prikazani glagoli korišćeni za zahteve, koji su povezani sa glagolom koji bi trebalo da se koristi u poruci odgovora i kao takav bio bi korišćen za publikovanje događaja, gde su događaji često posledica uspešnog završetka transakcije inicirane zahtevom [1].

Glagol zahteva	Glagol odgovora	Glagol događaja	Upotreba
get	reply	(none)	upit
create	reply	created	transakcija

Slika 2 – Korišćeni glagoli i njihova upotreba

2.2 Imenice

Imenice se koriste za identifikovanje tipa informacija koje se razmenjuju i često se nazivaju profilima. Svaka imenica ima odgovarajuću XML šemu koja je definisana u okviru jedinstvenog *namespace*-a samo za tu imenicu. Imenice su identifikovane slučajevima korišćenja [1].

3. DRUŠTVENE MREŽE

3.1 Facebook

Facebook je komercijalna Internet društvena mreža koja je osnovana 2004. godine. Facebook je, prema rečima osnivača Marka Zuckerberga, zamišljen tako da se putem interneta povežu oni ljudi koji se već poznaju u stvarnom životu, za razliku od sličnih *web servisa*. Za registraciju i kreiranje profila na *Facebook-u* potrebna je valjana *e-mail* adresa. Jednom kada se korisnik registruje, može uređivati svoj profil i priključiti se regionalnoj mreži gde upoznaje ljude iz svoje okoline [2].

Facebook platforma omogućava razvoj *Facebook* aplikacija (engl. *Facebook applications*). One su mali programi ili komponente koje se lako integrišu na profil *Facebook* korisnika. Za samo nekoliko godina, *Facebook* aplikacije su dostigle ogroman nivo popularnosti zbog jednostavnosti njihovog kreiranja i visokog nivoa profita koji donose. Neke aplikacije na *Facebook-u* su kreirane od strane *Facebook-a*, kao što su događaji i slike. Druge

aplikacije su kreirane od spoljašnjih programera koji koriste platformu *Facebook-a* i poštuju principe i politike *Facebook-a* (engl. *Developer Principles and Policies*). [3]

U cilju postavljanja statusa na *Facebook*, koristeći *C#* aplikaciju, prvenstveno je neophodno kreirati *Facebook* aplikaciju. Potrebno je preuzeti dva podatka iz aplikacije, koji će se koristiti kasnije u kodu, *AppID* i *AppSecret*, koji jedinstveno određuju aplikaciju i povezuju je sa konkretnim *Facebook* profilom [3].

3.2 Twitter

Twitter je besplatna društvena mreža i mikro-blog alat koji omogućava svojim korisnicima da čitaju tuđe i šalju svoje mikro-tekstualne unose, takozvane *tweetove*.

Tvitovi (eng. *Tweet*) su tekstualni sadržaji, ne duži od 140 karaktera. Sadržaji se objavljuju na korisnikovom profilu i isporučuju drugim korisnicima koji su se prijavili da ih dobijaju [4].

Za integraciju *C#* aplikacije sa *Twitter-om* u ovom radu je korišćena biblioteka *Tweetsharp*.

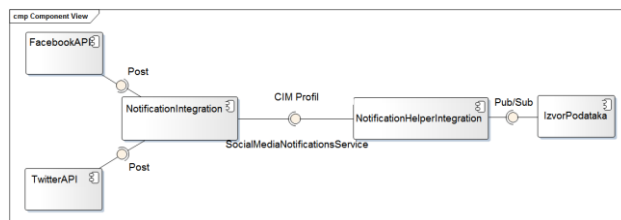
U cilju postavljanja *twita* koristeći *C#* aplikaciju, neophodno je bilo kreirati *Twitter* aplikaciju i preuzeti podatke koji će biti korišćeni kasnije u kodu, *ConsumerKey*, *ConsumerSecret*, *AccessTokenSecret*, *AccessToken*, koji jedinstveno određuju aplikaciju i povezuju je sa konkretnim *Twitter* profilom [5].

4. WINDOWS COMMUNICATION FOUNDATION

Windows Communication Foundation (skraćeno *WCF*), ranije nazivan *Indigo*, je servisno orijentisani model razmene poruka, koji omogućava programima da komuniciraju preko računarske mreže ili lokalno, na sličan način na koji se povezuju i *web servisi*. *WCF* je alat koji u sebi uključuje skup biblioteka razvijenih za distribuirano programiranje. *Microsoft* ga je uveo sa verzijom *.NET Framework 3.0*. [6] [7].

5. OPIS REŠENJA

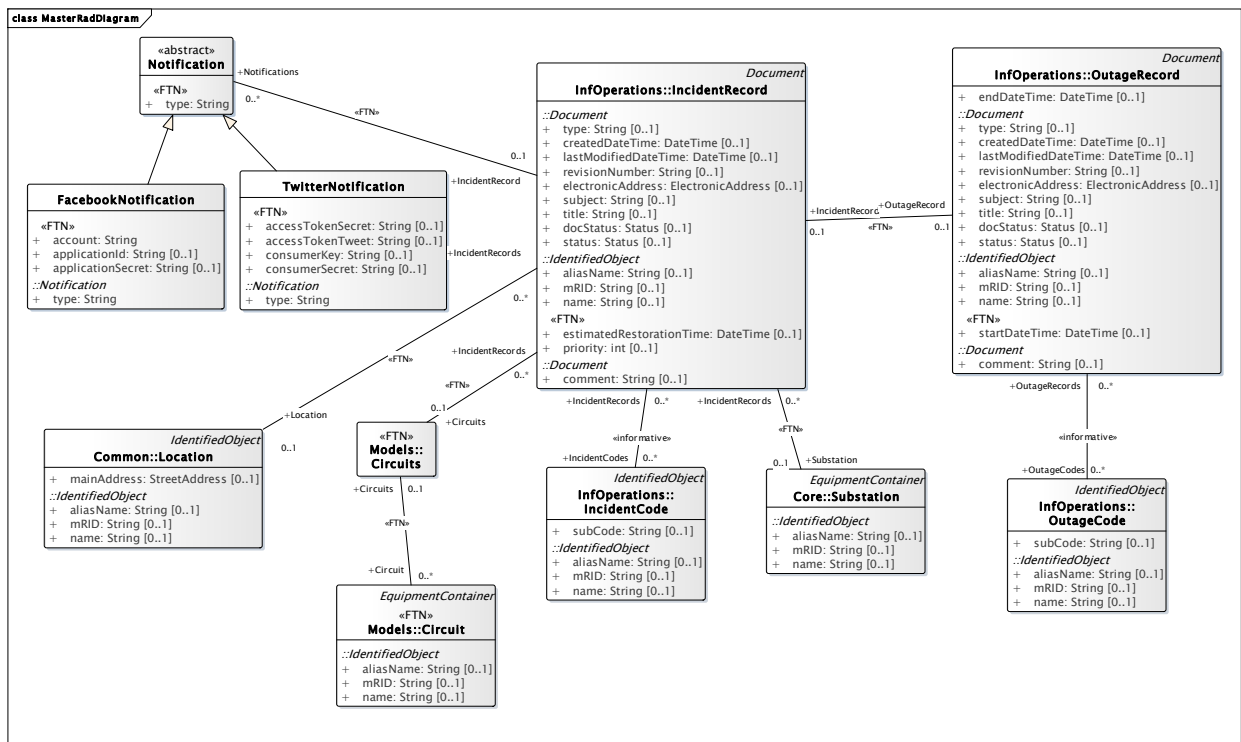
Na slici 3 su prikazane komponente rešenja koje je implementirano pomoću dva adaptera, koji međusobno komuniciraju pomoću *WCF* komunikacije, u kojoj jedan predstavlja klijenta (*NotificationHelperIntegration*), a drugi server (*NotificationIntegration*). Adapter klijent preuzima podatke sa izvora podataka i prosleđuje ih drugom adapteru, koji dalje te podatke prosleđuje na društvene mreže.



Slika 3 - Prikaz implementacije rešenja

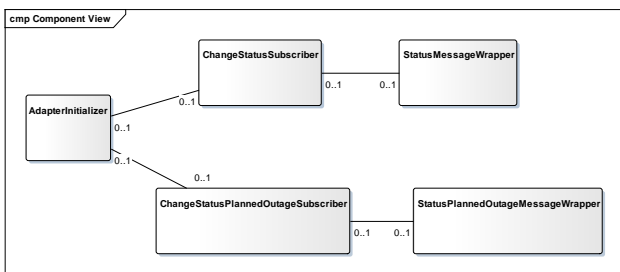
6. IMPLEMENTACIJA REŠENJA

Za svrhu ovog projekta najpre je napravljen klasni dijagram, koji sadrži klase neophodne za popunjavanje polja poruka koje se razmenjuju između adaptera klijenta i adaptera servera i koji se može videti na slici 4.

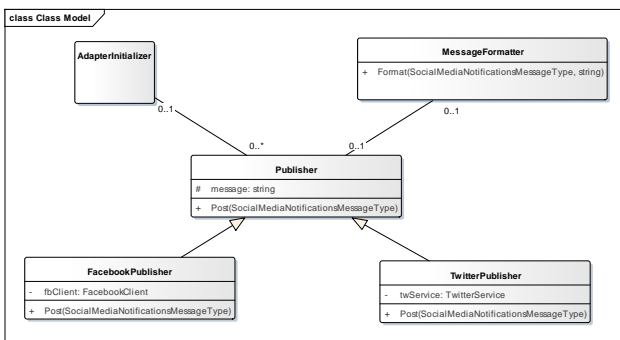


Slika 4 - Klasni dijagram rešenja

Pošto CIM model, definisan od strane IEC-a, pored gore pomenutih klasa sadrži i veliki broj drugih, potrebno je kreirati CIM profil. Definisanje CIM profila je moguće u više formi i to OWL, XSD, SQL, RDFS, itd. Generisani XSD dokument definiše format sadržaja poruka koje će se razmenjivati.



Slika 5 – Klasni dijagram – AdapterInitializer



Slika 6 - Deo klasnog dijagrama rešenja

6.1 Adapter klijent

U slučaju neplaniranih incidenata, u okviru *AdapterInitializer* klase adaptera koji predstavlja klijenta, *HelperIntegration*, implementirana je klasa *ChangeStatusSubscriber*, što prikazuje slika 5. Pomoću ove klase se prikupljaju potrebni podaci na

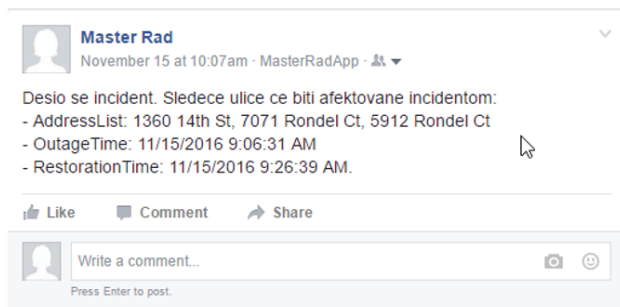
promenu statusa prekida napajanja (*Incident*), na osnovu opisa resursa, kojim su određene sve klase, kao i njihovi atributi. U sklopu *Subscriber* klase napravi se instanca klase *StatusMessageWrapper* i prikupljeni podaci se mapiraju na polja *Wrapper* klase. Instanca date klase se dalje prosleđuje komponentama adaptera, koje komuniciraju kako međusobno, tako i sa adapterom serverom. U slučaju planiranih isključenja, realizovana je klasa *ChangeStatusPlannedOutageSubscriber*, koja prikuplja potrebne podatke na promenu stanja *SwitchingPlan*-a, takođe na osnovu opisa resursa. Sakupljeni podaci se mapiraju na polja klase *StatusPlannedOutageMessageWrapper*, čija se instanca prosleđuje komponentama adaptera, kao u slučaju neplaniranih isključenja. Adapter server, zvani *MasterRadIntegration*, prima date podatke u obliku poruke *SocialMediaNotificationsEventMessageType*, koju prosleđuje do adaptera servera.

6.2 Adapter server

Poruke koje će se proslediti na *Facebook* i *Twitter* su definisane u konfiguraciji adaptera, koja sadrži karakteristike adaptera. Parametri ovih poruka se zamenjuju realnim vrednostima pomoću implementirane klase *MessageFormatter*, gde se ključne reči iz konfiguracije zamenjuju realnim vrednostima iz primljene poruke, koja sadrži očitane vrednosti i vraća se konfiguraciona poruka sa realnim vrednostima. Adapter server sadrži implementaciju *FacebookPublisher* i *TwitterPublisher* klasa, koje pozivaju spomenutu *Formatter* klasu i unutar kojih se instanciraju *FacebookClient* i *TwitterService* objekti, kojima se prosleđuju parametri iz *Facebook* i *Twitter* aplikacija, neophodni za autentifikaciju. Deo klasnog dijagrama, opisan u prethodnom tekstu može se videti na slici 6. U slučaju *Twitter*-a, dati parametri su dovoljni za povezivanje sa konkretnom aplikacijom i preko njih se

formatirane poruke prosleđuju i postavljaju kao tuit na konkretnom *Twitter* profilu, na koji je povezana aplikacija. U slučaju *Facebook*-a, pored parametara vezanih za aplikaciju, neophodno je ulogovati se na konkretan profil sa jedinstvenim korisničkim imenom i odgovarajućom lozinkom. Ideja je bila da se izbegne korišćenje *web browser*-a i ručnog unosa podataka za logovanje, već da se prijava (*login*) izvrši kroz kod i da se na taj način aplikacija poveže sa konkretnim profilom u pozadini.

Na slici 7 se može videti primer poruke postavljene u vidu statusa na *Facebook* profilu.



Slika 7 - Primer Facebook statusa

6.3 Visoka dostupnost

Visoka dostupnost (engl. *High Availability*) je karakteristika sistema, koji teži da obezbedi ugovoreni nivo operativnih performansi, obično vreme neprekidnog rada u periodu dužem nego što je to uobičajeno.

Implementirano integraciono rešenje predstavlja sistem visoke dostupnosti u odnosu na predefinisane infrastrukturu, odnosno raspoloživi hardver. Sama integraciona komponenta je razvijena da funkcioniše u aktivnom/pasivnom režimu.

6.4 Prednosti i mane rešenja

Implementirano rešenje omogućava korisnicima da brzo i lako dođu do željenih informacija o prekidima u obavljanju usluga. Na *Facebook*, odnosno *Twitter* profil određenog preduzeća postavljace se statusi, odnosno tuitovi, koji će navoditi spisak adresa, kao i vreme prekida obavljanja usluga, odnosno vreme trajanja popravke.

Mana rešenja može biti u slučaju ispada, koji izaziva prekid obavljanja usluga za veliki broj korisnika, s obzirom da postoje ograničenja za dužinu, kao i broj statusa, odnosno tuitova, koji se mogu postaviti u toku određenog vremenskog intervala.

6.5 Performanse implementirane aplikacije

Performanse opisanog rešenja, izražene su u vremenu potrebnom za postavljanje odgovarajućih statusa na *Facebook*, odnosno tuitova na *Twitter*. Performanse su testirane slanjem više od 100 poruka odjednom i merenjem potrebnog vremena da se objave status na *Facebook*, odnosno tuit na *Twitter*. Na osnovu izvršenih merenja, izveden je zaključak da je potrebno u proseku 2.05 sekundi za izvršavanje. Potrebno je naglasiti da mereno vreme zavisi od brzine internet konekcije, kao i od aktuelnog opterećenja sistema.

Vreme postavljanja statusa i tuitova ne zavisi od broja korisnika, pošto se poruke ne šalju direktno korisnicima, nego se postavlja informacija o planiranom, odnosno neplaniranom isključenju na konkretan profil.

Bitan faktor koji utiče na performanse rešenja imaju ograničenja samih društvenih mreža, kako u dužini *Facebook* statusa (63,206 karaktera), odnosno tuita (140 karaktera), tako i u dozvoljenom broju postavljanja istih u periodu od 24 sata [8] [9]. U slučaju velikog broja afektiranih korisnika, dužina poruke koja se postavlja premašuje dozvoljeni broj karaktera. Ovaj problem je prevaziđen podelom poruke na više delova i postavljanjem jednog neposredno iza drugog.

7. ZAKLJUČAK

Ovim radom opisano je rešenje koje obuhvata obaveštavanje potrošača o prekidima u izvršavanju usluga. Implementacija rešenja obuhvata adaptere koji međusobno komuniciraju preko WCF komunikacije.

Trenutno rešenje obuhvata implementaciju postavljanja obaveštenja na *Facebook* i *Twitter*. Kako je rešenje odrađeno generički, u budućnosti je moguće bez poteškoća proširiti postojeće rešenje i dodati implementaciju i za druge društvene mreže.

8. LITERATURA

[1] IEC 61968-100 Ed.1: *Application integration at electric utilities – System interfaces for distribution management – Part 100: Implementation Profiles*, Final draft, 2013.

[2] *Facebook*, <https://sh.wikipedia.org/wiki/Facebook> [Pristupljeno: 08.12.2016.]

[3] *Facebook* platforma, https://sr.wikipedia.org/wiki/Fejsbuk_platforma [Pristupljeno: 08.12.2016.]

[4] *Twitter*, <https://sr.wikipedia.org/sr/%D0%A2%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%B5%D1%80> [Pristupljeno: 08.12.2016.]

[5] *Twitter* implementacija, <https://en.wikipedia.org/wiki/Twitter> [Pristupljeno: 08.12.2016.]

[6] C. Peiris, D. Mulder, “*Pro WCF: Practical Microsoft SOA Implementation*”, Apress, New York, 2007.

[7] WCF, https://sr.wikipedia.org/sr-el/Windows_Communication_Foundation [Pristupljeno: 08.12.2016.]

[8] *Twitter* limiti, <https://support.twitter.com/articles/15364> [Pristupljeno: 10.12.2016.]

[9] *Facebook* limiti, <http://mashable.com/2012/01/04/facebook-character-limit/#IYfY099hmkqp> [Pristupljeno: 10.12.2016.]

Kratka biografija:



Maja Prodanović rođena je 02.10.1991. godine. Školske 2010/2011 se upisala na Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, odsek Elektrotehnika i računarstvo, smer Računarstvo i automatika. Školske 2014/2015 upisala je master diplomske akademske studije na FTN u Novom Sadu, smer Elektroenergetski softverski inženjering.

**AUTOMATSKO DODELJIVANJE BOJA IZVODIMA U RADIJALNIM
ELEKTROENERGETSKIM MREŽAMA****AUTOMATIC COLOR ASSIGNMENT FOR FEEDERS IN RADIAL POWER
NETWORKS**

Uglješa Čubrilo, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu je opisana primena teorije grafova na radijalne elektroenergetske mreže i korišćeni algoritmi za dodeljivanje boja po izvodima (feeder), pri čemu je neophodno ispuniti kriterijume koji zahtevaju da se različitim, geografski bliskim izvodima i različitim izvodima koji se presecaju, ne smeju dodeliti iste boje. Detaljno je predstavljena reprezentacija radijalne mreže, kao i svih njenih komponenti. Detaljan opis svih operacija i algoritama prati merenje performansi implementiranih rešenja i poređenje istih radi utvrđivanja zadovoljavajućeg.

Abstract – In this paper, the use of graph theory in radial networks and used algorithms for color assignment by feeders is presented, while meeting the criteria which requires that different feeders, geographically close to each other and different feeders crossing each other can not be colored with the same color. Used operations and algorithms description is followed by performance measurement of the implemented solutions and their comparison in order to choose the satisfactory one.

Ključne reči: Algoritmi bojenja grafova, elektroenergetska mreža.

1. UVOD

U geografskim prikazima složenih mrežnih struktura javlja se potreba za dodeljivanjem boja različitim delovima prikaza, po određenim kriterijumima radi preglednosti i lakšeg raspoznavanja delova mreže. Dodeljivanje boja po izvodima u elektroenergetskim mrežama pruža veoma korisnu mogućnost, a to je da se vizuelno definiše pripadnost različitih delova mreže po bojama. Kako bi dodeljivanje boja mrežama bilo što preglednije i što efikasnije potrebno je dodeliti što manje, po mogućnosti, što različitijih boja u što kraćem vremenskom periodu.

U radu su opisani problemi na koje se nailazi prilikom dodeljivanja boja mreži, kao što je usvajanje načina na koji se mreža posmatra kako bi dodeljivanje boja bilo što efikasnije. Zatim sledi kratak opis algoritama dodeljivanja boja koji se primenjuju na problem dodeljivanja boja delovima mreže. Posle toga je dat opis rešenja ovog problema i njegova programska implementacija koje prati detaljno objašnjenje toka razvoja aplikacije i problemi koji su uspešno rešeni.

NAPOMENA:

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

Korišćene operacije i algoritme prati merenje performansi i njihovo poređenje. Prikazana je i aplikacija u kojoj je implementirano rešenje problema dodeljivanja boja izvodima u radijalnim elektroenergetskim mrežama. Ova aplikacija je razvijena u .NET okruženju u C# programskom jeziku, korišćenjem WPF (Windows Presentation Foundation) tehnologije.

**2. DODELJIVANJE BOJA SLOŽENIM MREŽNIM
STRUKTURAMA**

Problem dodeljivanja boja složenim mrežnim strukturama po izvodima se svodi na to da delovi mreža koji su geografski gledano blizu jedan drugom ili se njihove grane presecaju, a pri tome ne pripadaju istom izvodu, ne smeju biti obojeni istom bojom. Delovi mreža koji ne pripadaju istom izvodu smeju da budu obojeni istom bojom, ako ne ispunjavaju prethodne uslove.

Za dodeljivanje boja različitim delovima mreže neophodni su podaci o geografskim lokacijama svih elemenata mreže i podaci o tome kom izvodu pripada svaka komponenta mreže.

Problem dodeljivanja boja delovima mreže odgovara problemu bojenja grafova, gde jedan čvor grafa predstavlja skup elemenata mreže jednog izvoda, a veze susednih čvorova se formiraju na osnovu ranije opisanih kriterijuma. Dakle, dva čvora su susedna ako elementi tog dela mreže pripadaju različitim delovima mreže i ako su njihovi elementi previše blizu ili im se sekcije presecaju. Kada je čitava mreža interpretirana kao graf, bojenje istog se vrši pomoću algoritama predviđenih za bojenje grafova koji će kasnije biti detaljnije opisani. Ovaj problem zahteva samo bojenje čvorova grafa.

Najjednostavniji pristup rešenju problema je da se bojenje vrši samo na osnovu izvoda. Sa takvim rešenjem nailazi se na problem koji se javlja kada su dva, geografski bliska (ili se čak i presecaju) dela mreže iste boje, a napajaju ih dva različita izvoda.

**3. TEORIJA GRAFOVA I ALGORITMI BOJENJA
GRAFOVA**

Grafovi predstavljaju tačke, odnosno čvorove i linije koje ih povezuju odnosno grane. Po definiciji graf je uređeni par $G = (V, E)$ gde je V konačan, neprazan skup čvorova grafa, a E skup grana grafa, tj. E je binarna relacija u skupu V . E je skup u kome se jedan element može pojavljivati više puta. Za sve grafove uzimaju se u obzir sledeće činjenice i terminologije [1]:

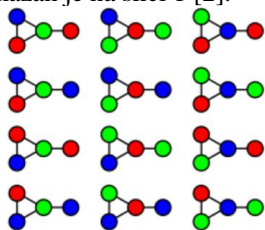
1. Čvorovi u i v su krajnji čvorovi grane (u, v) .
2. Graf koji ne sadrži nijednu granu naziva se prazan graf.

3. Dva čvora, u i v , su susedna ako su povezana granom, drugim rečima, (u, v) je grana.
4. Stepen čvora v , obeležava se sa $d(v)$, i predstavlja broj grana kojima čvor v predstavlja krajnji čvor.

Pod označavanjem čvorova grafa $G = (V, E)$, podrazumeva se mapiranje $\alpha : V \rightarrow A$ gde skup A predstavlja skup oznaka. Takođe, slično važi i za obeležavanje grana gde postoji mapiranje $\beta : E \rightarrow B$, gde je B takođe skup oznaka.

Matrica susednosti grafa $G = (V, E)$ je kvadratna $n \times n$ matrica $D = (d_{ij})$, gde n predstavlja broj čvorova grafa G , tj. $V = \{v_1, \dots, v_n\}$ a d_{ij} predstavlja broj grana između v_i i v_j . Ako važi da je $d_{ij} = 0$, to znači da grana (v_i, v_j) ne postoji u grafu G , u suprotnom grana postoji. Ovako popunjena matrica D je simetrična i važi da je $D^T = D$. Simetričnost matrice susednosti grafa važi samo ako je graf neusmeren [1].

Bojenje grafova jednostavno rečeno predstavlja obeležavanje komponenti grafa (čvorova, veza ili regiona) po nekim ograničenjima. Graf se boji tako da dva susedna čvora, dve susedne grane ili dva susedna regiona ne smeju biti iste boje pri čemu se teži ka tome da se iskoristi što je manje boja moguće. Najmanji mogući broj boja kojim se može obojiti neki graf G se naziva hromatski broj i obeležava se sa $X(G)$ i graf koji je obojen sa toliko boja se naziva pravilno obojen graf. Bojenje korišćenjem najviše k boja naziva se k -bojenje. Primer više načina bojenja jednog grafa prikazan je na slici 1 [2].



Slika 1. Mogući načini bojenja datog grafa

4. DIZAJN REŠENJA I IMPLEMENTACIJA

4.1. Model podataka

Rešenje je primenjeno na problem dodeljivanja boja po izvodima u elektroenergetskim mrežama zbog pristupačnosti podataka. Rešenje je moguće primeniti i na druge primere kao što su vodovodne, gasne i saobraćajne mreže, pri čemu bi za saobraćajne mreže bilo neophodno prilagoditi rešenje zbog postojanja različitih dozvoljenih smerova kretanja duž jedne putanje.

Za prikaz mreže i dodeljivanje boja njenim delovima po izvodima, neophodno je imati ključne podatke o nekim elementima koji čine elektroenergetsku mrežu. Tipovi elemenata koji se ovde posmatraju su:

- Razvodno postrojenje (*Substation*) - Važan deo elektroenergetskih sistema, jer prenosi i distribuira električnu energiju. Razvodno postrojenje može da transformiše napon kako bi ga prilagodili potrošačima uz minimalne gubitke pri prenosu.
- Prekidač (*Switch*) - Električna komponenta koja može da prekine strujno kolo ili da ga preusmeri sa jednog provodnika na drugi.

- Čvor (*Node*) - Komponenta preko koje je provodnik povezan na prekidač.
- Provodnik/Kabel (*Section*) - Komponenta koja prenosi električnu energiju od razvodnog postrojenja preko prekidača do krajnjih potrošača. Postavlja se na električne stubove ili ispod zemlje.

Svi podaci kojim aplikacija treba da manipuliše su serijalizovani u XML formatu. Na osnovu serijalizovanih podataka instanciraju se objekti klasa iz klasnog dijagrama prikazanog na slici 2, (*Substation, Switch, Node* i *Section*) i kreira se model podataka. Za razvodna postrojenja serijalizovani su sledeći podaci:

- Globalni identifikator razvodnog postrojenja (u klasnom dijagramu *gid*).
- Globalne identifikatore svih napojnih jedinica koje sadrži (u klasnom dijagramu *childFeeders*)
- Koordinate razvodnog postrojenja (u klasnom dijagramu *coordinates*).

Podaci koji su serijalizovani za opisivanje prekidača su:

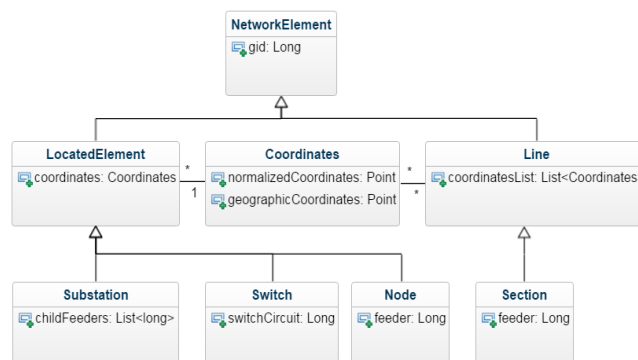
- Globalni identifikator prekidača (u klasnom dijagramu *gid*).
- Izvor napajanja na koji je spojen prekidač (u klasnom dijagramu *switchCircuit*)
- Koordinate prekidača (u klasnom dijagramu *coordinates*).

Serijalizovani podaci koji opisuju čvor su:

- Globalni identifikator čvora (u klasnom dijagramu *gid*).
- Izvor napajanja sa kojim je čvor povezan (u klasnom dijagramu *feeder*).
- Koordinate čvora (u klasnom dijagramu *coordinates*).

Neophodni serijalizovani podaci koji opisuju provodnik su:

- Globalni identifikator provodnika (u klasnom dijagramu *gid*).
- Izvor napajanja na koji je provodnik povezan (u klasnom dijagramu *feeder*).
- Koordinate provodnika (u klasnom dijagramu *coordinatesList*).



Slika 2. UML klasni dijagram

4.2 Operacije potrebne za popunjavanje matrice susednosti

Kriterijumi koje je potrebno ispuniti, kako bi prikaz složenih radijalnih mreža bio što pregledniji i razumljiviji, su:

1. Različiti izvodi koji se presecaju, ne smeju biti obojeni istim bojama.
2. Različiti izvodi koji su geografski blizu jedan drugom, ne smeju biti obojeni istim bojama.

Izvodi su sačinjeni od jedne ili više sekcija, a jedna sekcija ima bar dve tačke (početna i krajnja), tako da je svaka sekcija sačinjena od jedne ili više duži. Kako bi se prvi kriterijum ispunio, neophodno je pronaći način na koji bi se otkrilo koji izvodi se međusobno seku. Da bi se ta proveru preseka uprostila, nivo provere se spušta na proveru preseka između duži, što je osnovna operacija korišćena za popunjavanje matrice susednosti [3].

U slučaju da algoritam za proveru preseka dva segmenta utvrdi da ne postoji tačka preseka, potrebno je uveriti se da ova dva segmenta nisu previše geografski blizu, kako bi se ispunio i drugi kriterijum. Ova proveru udaljenosti između segmenata se svodi na to da se računa udaljenost pojedinačno između jedne od krajnjih tačaka prvog segmenta i celog drugog segmenta i obratno, tako da se uočavaju četiri slučaja:

1. Računanje udaljenosti između početne tačke prvog segmenta i celog drugog segmenta.
2. Računanje udaljenosti između krajnje tačke prvog segmenta i celog drugog segmenta.
3. Računanje udaljenosti između početne tačke drugog segmenta i celog prvog segmenta.
4. Računanje udaljenosti između krajnje tačke drugog segmenta i celog prvog segmenta.

Ako je bar jedna od ove četiri izračunate udaljenosti manja od predefinisane, izvodi kojima pripadaju ova dva segmenta se posmatraju kao susedni tj. u matričnoj reprezentaciji formira se grana između ta dva čvora.

Zbog relativno velikih dimenzija problema tj. velike količine podataka koje je potrebno obraditi i vremenski skupih operacija koje se vrše veoma veliki broj puta, neophodno je pribеći boljem rešenju koje će smanjiti broj izvršavanja vremenski skupih operacija i u celosti ubrzati proces popunjavanja matrice susednosti.

Kao idealno rešenje za ovaj problem uzima se u obzir granični okvir (*Bounding Box*) [6]. Granični okvir je jednostavan okvir koji obuhvata neki element na geografskom prikazu. Četiri parametra koja definišu granični okvir su donja granica, leva granica, gornja granica i desna granica. Granice se povećavaju za određenu vrednost radi formiranja margine graničnog okvira koja obezbeđuje kvalitetniji rezultat. Ovo rešenje se koristi zbog jednostavne provere preseka između dva granična okvira.

Kako je kvalitetnije, a pritom dovoljno brzo rešenje ipak neophodno, dodaje se još jedna vrsta provere u algoritam popunjavanja matrice susednosti. Ova proveru se svodi na utvrđivanje preseka linije i graničnog okvira neke druge linije. Ovakva operacija je složenija i zahtevnija od provere preseka dva granična okvira, ali je ipak i dalje jednostavnija i manje zahtevna od provere preseka dve linije i računanja udaljenosti dve linije. Ako se posmatraju linije a i b i njihovi granični okviri GO_a i GO_b , da bi se

utvrdilo da li se ove dve linije potencijalno presecaju, potrebno je da oba sledeća uslova budu ispunjena [4]:

1. Linija a preseca granični okvir GO_b .
2. Linija b preseca granični okvir GO_a .

4.3 Primena R-stabla

Ako se uzme u obzir da je popunjavanje matrice susednosti povezano sa prostornom pretragom mreže, tj. iteriranje kroz prostorne podatke, što su u ovom slučaju linije i njihovi granični okviri, može se zaključiti da je R-stablo veoma dobar način za pristup tim prostornim podacima. R-stablo je struktura podataka korišćena za indeksiranje višedimenzionalnih podataka tj. u ovom slučaju bi to bile koordinate x i y . Svaki čvor u ovakvom stablu predstavlja jedan granični okvir tj. njegove podatke. Podaci čvora, u ovom slučaju, su prošireni podacima o linijama kako bi se kasnije mogao utvrditi tačan presek linija ili međusobna udaljenost, ako je potrebno. Čvor je list ukoliko njegov granični okvir ne obuhvata nijedan drugi granični okvir, u suprotnom, čvor je unutrašnji čvor stabla ili koren stabla. Koren stabla je onaj čvor čiji granični okvir nije obuhvaćen nijednim drugim graničnim okvirom nekog čvora [5].

4.4 Dodeljivanje boja izvodima

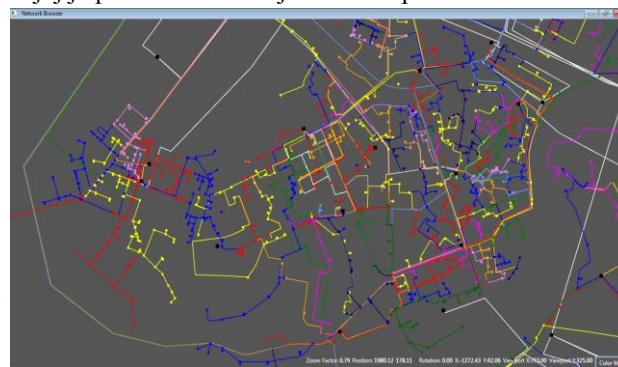
Na osnovu formirane matrice susednosti grafa, može se zaključiti koji čvorovi grafa ne smeju biti iste boje. Za svaki izvod se proveru da li mu je moguće dodeliti određenu boju, tj. posmatra se da li je nekom od njegovih susednih izvoda već dodeljena ta boja.

Kao dodatak na ova dva kriterijuma dodaje se još i to da broj iskorišćenih boja bude što manji i da te boje budu što kontrastnije radi lakšeg uočavanja razlika.

Kod pohlepno algoritma izabere se startni čvor i on se oboji prvom raspoloživom bojom iz liste boja. Za svaki naredni čvor se proveru boja (počevši od prve u listi svih boja) susednih čvorova ako ih ima i dodeljuje mu se prva slobodna boja iz liste boja.

4.5 Prikaz razvijene aplikacije i njenih performansi

Na slici 3. se može videti izgled razvijene aplikacije na kojoj je prikazan deo obojene mreže po izvodima.



Slika 3. Prikaz izgleda aplikacije

Broj čvorova grafa odnosno izvoda za korišćeni primer elektroenergetske mreže iznosi 283 tako da su dimenzije matrice susednosti 283×283 . Kako je proveru preseka i udaljenosti na nivou segmenata od kojih je izvod sačinjen, bitno je napomenuti da je ukupan broj segmenata u korišćenom primeru elektroenergetske mreže 6405.

Merenje performansi implementiranog algoritma za popunjavanje matrice susednosti je vršeno na računaru sa Intel Core I5 procesorom i podeljeno je u sledećih 6 faza

razvoja rešenja problema popunjavanja matrice susednosti:

- I faza – U ovoj fazi algoritam obuhvata upotrebu operacija za pronalaženje preseka i ugla između dve linije. Vreme izvršavanja je 32.6 sekunde i formirano je 1049 grana u grafu.
- II faza – Ova faza proširuje prethodni algoritam sa računanjem udaljenosti između dve linije. Vreme izvršavanja je 53.5 sekunde i formirano je 1609 grana u grafu.
- III faza – Obuhvata rešenja prethodne dve faze s tim što se uvodi i reprezentacija linije kao graničnog okvira. Vreme izvršavanja je 23.3 sekunde i formirano je 1369 grana u grafu.
- IV faza – Rešenje prethodne faze proširuje proverama preseka linije i graničnog okvira. Vreme izvršavanja je 23.6 sekunde i formirano je 1369 grana u grafu.
- V faza – Suština algoritma ostaje ista kao i u IV fazi samo što se za obilazak linija koristi R-stablo. Vreme izvršavanja je 10.2 sekunde i formirana je 1369 grana u grafu.
- VI faza – Proširuje rešenje iz V faze sa graničnim okvirima sa marginama. Vreme izvršavanja je 10.2 sekunde i formirano je 1583 grane u grafu.

Broj grana predstavlja broj susednih izvoda, te je on srazmeran kvalitetu prikaza.

Vremenska složenost algoritma za formiranje matrice susednosti sa rešenjem u finalnoj fazi je $O(\log_M n \log_{Mn} n)$, gde n predstavlja broj čvorova stabla, tj. broj segmenata od kojih je sačinjen izvod dok M predstavlja red stabla tj. broj elemenata koje sadrži jedan čvor. Kreiranje R stabla takođe zahteva određeno vreme koje, za slučaj od 6405 elemenata iznosi 1.1 sekundu. Amortizovana složenost unosa elementa u R stablo je $O(\log_{Mn} n)$, gde su M i n red stabla i broj segmenata, respektivno [5]. Pri merenju performansi implementiranih algoritama za bojenje grafa uzete su u obzir dve varijacije jednog algoritma, a to su pohlepan algoritam bez modifikacija i pohlepan algoritam sa modifikacijama. Modifikacija pohlepnog algoritma se odnosi na sortiranje niza izvoda. Izvodi se sortiraju u odnosu na to koliko imaju susednih izvoda. U modifikovanoj verziji algoritma, sortiranje se vrši po opadajućem redosledu, tačnije, izvod sa najvećim brojem susednih izvoda je na početku dok je izvod sa najmanjim brojem susednih izvoda na kraju. U nepromenjenoj verziji algoritma redosled izvoda je slučajan. Vreme izvršavanja pohlepnog algoritma bez modifikacija je 71 ms dok je broj iskorišćenih boja 20. Vreme izvršavanja pohlepnog algoritma sa modifikacijama je 17.5 ms pri čemu je broj iskorišćenih boja 17. Vremenska složenost algoritma za bojenje grafa je $O(n^2)$ gde n predstavlja broj čvorova. Poštovanje dva kriterijuma za kreiranje grafa tj. matrice susednosti i velike dimenzije problema su uzrok ovako velikog broja iskorišćenih boja. Ograničavanjem tog broja, u ovom slučaju na manje od 17, došlo bi do narušavanja jednog od kriterijuma.

5. ZAKLJUČAK

Testiranjem i analizom algoritma za popunjavanje matrice susednosti, uočeno je da on treba da podrazumeva

korišćenje operacije za proveravanje preseka dva granična okvira, za proveravanje preseka linije i graničnog okvira, za proveravanje preseka dve linije, za računanje ugla između dve linije i za računanje udaljenosti između dve linije pri čemu se za pristup linijama reprezentovanim kao granični okviri, koristilo R-stablo. R-stablo je učinilo da se vreme izvršavanja algoritma smanji za više nego duplo iz razloga što je algoritam pretrage stabla pogodniji kada se radi sa ovako velikim brojem elemenata. Sa povećanjem broja elemenata složenost raste logaritamski što je, u ovom slučaju, pogodnije od kvadratne složenosti. Korišćenjem pohlepnog algoritma za bojenje grafova zaključuje se da on ima zadovoljavajuće vreme izvršavanja. Iako je složenost algoritma kvadratna, to ne predstavlja problem, jer se dodeljivanje boja vrši na nivou izvoda. Kao veliki problem dodeljivanja boja izvodima uočen je veliki broj iskorišćenih boja koji u najboljem slučaju iznosi 17. Moguće unapređenje rešenja bi podrazumevalo optimizaciju algoritma za bojenje grafa u cilju smanjenja broja iskorišćenih boja. Pored toga, dodatni kriterijum za bojenje grafa koji bi zabranio bojenje različitih izvoda koji su bliski ili se presecaju, sličnom bojom, bi dodatno poboljšao izgled mreže. Drugo unapređenje bi bilo smanjenje vremena izvršavanja algoritma optimizacijom operacija za popunjavanje matrice susednosti, pre svega.

6. LITERATURA

- [1] *Graph Theory*, Keijo Ruohonen http://math.tut.fi/~ruohonen/GT_English.pdf, preuzeto 2.11.2016.
- [2] *A Graph Coloring Algorithm for Large Scheduling Problems*, Frank Thomson Leighton http://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/jres/84/jresv84n6p489_A1b.pdf, pristupljeno 4.11.2016.
- [3] *Intersection of two lines in three-space*, Ronald N. Goldman https://www.researchgate.net/publication/243505273_Intersection_Of_Two_Lines_In_Three-Space, pristupljeno 28.10.2016.
- [4] *Ray-Box Intersection* <https://www.scratchapixel.com/lessons/3d-basic-rendering/minimal-ray-tracer-rendering-simple-shapes/ray-box-intersection>, pristupljeno 28.10.2016.
- [5] *R-Trees – A Dynamic Index Structure For Spatial Searching*, Antonin Guttman <http://www-db.deis.unibo.it/courses/SI-LS/papers/Gut84.pdf>, preuzeto 5.11.2016.
- [6] *Unlocking the Mysteries of the Bounding Box* <http://www.stonybrook.edu/libmap/coordinates/series/a/no2/a2.htm>, pristupljeno 5.11.2016.

Kratka biografija:



Uglješa Čubrilo rođen je 1992. godine u Novom Sadu. Školske 2011/2012 godine upisuje se na Fakultet tehničkih nauka, odsek Računarstvo i automatika. Master akademske studije upisuje 2015. godine na smeru Primenjeno softversko inženjerstvo.

**KONVERZIJA DOKUMENATA IZ CIM RDFS U OWL 2 FORMAT
TRANSFORMING DOCUMENTS FROM CIM RDFS TO OWL 2**Aleksandar Popović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U radu je opisan razvoj aplikacije koja obavlja konverziju dokumenata iz CIM RDFS u OWL 2. Definisana su mapiranja koja su potrebna da bi se CIM RDFS dokument konvertovao u OWL 2. Izvršeno je poređenje veličine dokumenata u CIM RDFS i u OWL 2 nakon konverzije. Merena je brzina konverzije dokumenata koju je izvršavala implementirana aplikacija.

Abstract – This paper presents development of an application that performs the transformation of a document from CIM RDFS to OWL 2. Mappings needed for the transformation of the documents from CIM RDFS to OWL 2 are defined. The size of documents in CIM RDFS and OWL 2 after the transformation has been compared. The application performances for the transformation of documents have been measured.

Cljučne reči: CIM (Common Information Model), RDFS (Resource Description Framework Schema), OWL 2 (OWL 2 Web Ontology Language), konverzija dokumenata.

1. UVOD

U modernim informacionim sistemima koji upravljaju elektroenergetskim sistemima postoji veliki broj softverskih aplikacija koje međusobno saraduju razmenjujući podatke. Podaci koji se šalju iz jedne aplikacije se ne mapiraju direktno na format podataka druge aplikacije sa kojom saraduju, već se mapiraju na zajednički model. U slučaju elektroenergetskih sistema, zajednički model koji ima zadatak da obezbedi nezavisnost modela od platforme se naziva CIM.

Aplikacijama koje razmenjuju podatke uglavnom nije potreban ceo CIM model, već samo određeni njegov deo. Iz tog razloga se, u zavisnosti od konteksta, definišu profili nad CIM modelom i oni predstavljaju kontekstni model. Da bi se podaci definisani CIM modelom mogli razmenjivati između aplikacija i sistema, u vidu poruka, potrebno je koristiti već postojeće standardizovane jezike. Jedan od standardizovanih jezika koji se koristi je RDF (Resource Description Framework).

RDF se zasniva na iskazima u vidu subjekat-predikat-objekat, gde se svakim iskazom o nekom resursu dodaje neka informacija. Šema jezika za RDF je RDFS, koji predstavlja proširenje RDF i sam je iskazan u RDF obliku. CIM RDFS predstavlja proširenje RDFS tako da podržava koncepte koji su korisni u CIM.

NAPOMENA:

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

Za modelovanje podataka koji se razmenjuju može da se koristi i OWL 2. Podaci koji se razmenjuju između aplikacija, mogu da sadrže znanje koje nije eksplicitno iskazano. Izvođenje implicitnog znanja omogućavaju jezici za modelovanje kao što su RDFS i OWL 2. Pošto je OWL 2 ekspresivno moćniji od RDFS, dolazi se do zaključka da je nova znanja moguće efikasnije izvoditi koristeći OWL 2. Iz tog razloga je pogodno CIM profile definisane u CIM RDFS, konvertovati u OWL 2. Potrebno je implementirati aplikaciju, koja bi vršila proces konverzije.

2. OPIS PROBLEMA

Za uspešnu konverziju iz CIM RDFS u OWL 2 potrebno je istražiti sličnosti i razlike u korišćenim pojmovima. Određene pojmove je moguće direktno mapirati iz CIM RDFS u OWL 2. Za pojmove koji nemaju direktno mapiranje potrebno je pronaći način za sprečavanje gubitka informacija u toku procesa konverzije. U implementiranoj aplikaciji za konverziju, ovaj problem je rešen definisanjem i koršćenjem ontologije sa meta podacima. U njoj su definisani svi pojmovi koji nemaju direktno preslikavanje u OWL 2. Takođe, određene pojmove nije potrebno preslikavati iz CIM RDFS u OWL 2.

3. CIM

CIM predstavlja apstraktni informacioni model koji može biti korišćen da modeluje električnu mrežu i različitu opremu korišćenu u mreži. Informacioni model je apstraktna i formalna reprezentacija objekata, njihovih atributa, asocijacija ka drugim objektima, i ponašanja i operacija koje mogu biti izvršene na njima. U zavisnosti od konteksta (perspektive ili pogleda na model) vrši se restrikcija modela čime se kreiraju profili. Profili predstavljaju kontekstni model i sastoje se od klasa, atributa, referenci zajedno sa dodatnim ograničenjima. Kontekstni model se koristi za definisanje implementacionog modela. Implementacioni modeli definišu strukturu za serijalizaciju podataka. Struktura za serijalizaciju podataka može biti definisana pomoću šeme baze ili RDFS. CIM objedinjuje tri standarda IEC 61970-301, IEC 61968-11, IEC 62325-301. IEC 61970-301 standard predstavlja semantički model koji opisuje komponente elektroenergetskog sistema kao i veze između njih. IEC 61968-11 standard proširuje model definisan IEC 61970-301 i definiše klase koje opisuju razmenu podataka između kompanija koje vrše distribuciju. IEC 62325-301 proširuje IEC 61970-301 i IEC 61968-11 standarde, dodaje klase koje služe za definisanje razmene podataka između učesnika na tržištu električnom energijom. Modelovana su dva tipa tržišta evropsko i američko.

The European Network of Transmission Systems Operators for Electricity (ENTSO-E) je definisala standard za razmenu modela prenosne mreže u Evropi. *Common Grid Model Exchange Standard* (CGMES) predstavlja ENTSO-E standard korišćen za razmenu modela prenosne mreže između *Transmission system operator* (TSO) u cilju obavljanja bilateralnih, regionalnih i pan-Evropskih studija u okviru TSO projekata [2].

4. SEMANTIČKI WEB

Semantički *Web* predstavlja mrežu podataka koja je razumljiva i lako obradiva mašinama. Glavna ideja semantičkog *Web-a* je da podrži distribuirani *Web* na nivou podataka, a ne na nivou prezentacije.

Umesto da jedna *Web* stranica pokazuje na drugu, jedan podatak može ukazivati na drugi koristeći globalne reference *Internationalized Resource Identifier* (IRI). Semantički *Web* omogućava nekoliko jezika za modelovanje koji se razlikuju u nivou izražajnosti to su: *RDF*, *RDFS* i *OWL 2*. *RDFS* i *OWL 2* se mogu koristiti za definisanje kontekstnog modela (profila) nad informacionim modelom.

4.1 RDF

RDF je sistem za modelovanje podataka i služi za distribuciju podataka širom weba. Sve što je opisano pomoću *RDF*, predstavlja resurs. U *RDF* iskazi se formiraju uz pomoć izraza u formatu subjekat-predikat-objekat.

Subjekti, predikati, objekti u izrazu predstavljaju resurse. Da bi se podaci u *RDF* formatu objavili na *Web-u*, potrebno ih je prezentovati tekstualno. To znači da je podatke u *RDF* potrebno serijalizovati. Najčešće korišćene forme za serijalizaciju *RDF* su *RDF/XML*, *Turtle*, *N-Triples* [3].

4.2 RDFS

RDFS predstavlja šema jezik i semantičku ekstenziju za *RDF*. *RDFS* je definisan u *RDF-u*. Modelovanje u *RDFS* se zasniva na skupovima. Obezbeđuje mehanizam za opisivanje grupa povezanih resursa i veza između njih. Glavni zadatak *RDFS-a* je da obezbedi značenje podacima definisanim u *RDF* formatu.

4.3 OWL 2

OWL 2 je ontologijski jezik za semantički web sa formalno definisanim značenjem. *OWL 2* ontologija obezbeđuje klase, attribute, individuale i vrednosti podataka koji su smešteni kao dokumenti semantičkog veba. *OWL 2* ontologije mogu biti korišćene zajedno sa informacijama napisanim u *RDF*, a *OWL 2* ontologije se i same razmenjuju kao *RDF* dokumenti. *OWL 2* dokumenti, poznati i kao ontologije, mogu biti objavljeni u *Web-u* i mogu da referenciraju ili da budu referencirani od strane drugih *OWL 2* ontologija [4].

Ontologija je definicija koncepata i njihovih asocijacija unutar određenog domena. Ontologija predstavlja određeno značenje termina koji se primenjuju na dati domen [1]. Da bi *OWL 2* dokumenti mogli da se razmenjuju potrebna je njihova serijalizacija. Sintaksa za serijalizaciju koja je zvanična i primarna za *OWL 2* ontologije je *RDF/XML*.

4.4 Uporedna analiza RDFS i OWL 2

RDFS i *OWL 2* predstavljaju jezike za modelovanje u okviru semantičkog *Web-a* i deo su (*World Wide Web Consortium*) *W3C* standarda. *OWL 2* se gradi nad *RDFS*. Samim tim *OWL 2* koristi mogućnosti *RDFS*, i proširuje ih. *OWL 2* ima određene prednosti u odnosu na *RDFS*, kao što su bogatiji vokabular, restriktivnost i mogućnost korišćenja anotacija. Bez obzira na postojanje mana u odnosu na *OWL 2*, *RDFS* se dosta koristi kod manjih ontologija i kod starijih modela podataka.

5. OPIS REŠENJA

Za potrebe konvertovanja dokumenata iz *CIM RDFS* u *OWL 2* je dizajnirana i implementirana aplikacija koja automatizuje proces.

5.1 Mapiranje elemenata iz CIM RDFS u OWL 2

Za aplikaciju koja vrši konverziju iz *CIM RDFS* u *OWL 2*, potrebno je definisati pravila preslikavanja elemenata iz jednog formata u drugi. Aplikacija može da radi u nekoliko režima konvertovanja, koji mogu da se kombinuju. Prvi režim aplikacije vrši osnovna mapiranja između elemenata iz *CIM RDFS* u *OWL 2*. Drugi režim aplikacije pored osnovnih mapiranja, vrši izdvajanje ontologije ekstenzije na osnovu zadatog naziva stereotipa iz ontologije. U konvertovanoj ontologiji se vrši ekvivalencija odgovarajućih elemenata sa elementima iz ontologije ekstenzije. U trećem režimu, pored osnovnih mapiranja, postoji pretpostavka da se za sve ontologije koje se konvertuju postoji zajednička ontologija. Za svaki element iz konvertovane ontologije se vrši ekvivalencija sa zajedničkom ontologijom. Određene elemente nije moguće preslikati iz *CIM RDFS* u *OWL 2*. Da bi se omogućilo njihovo preslikavanje, i sprečio gubitak informacija prilikom konvertovanja, definisana je ontologija sa meta podacima.

Resursi od važnosti za mapiranje u *CIM RDFS* se nalaze unutar *rdf:Description* i to su paketi, klase, svojstva i članovi enumeracije. Paketi u *CIM RDFS* su tipa <http://iec.ch/TC57/1999/rdf-schema-extensions1999026#ClassCategory>, i preslikavaju se u *owl:NamedIndividual* u *OWL 2*. Svojstva u *CIM RDFS* su tipa <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#Property>. Objektna svojstva se mapiraju u *owl:ObjectProperty* u *OWL 2*. Svojstva tipova podataka se mapiraju u *owl:DatatypeProperty*. Članovi enumeracije su tipa klase enumeracije u *CIM RDFS*. Mapiraju se u *owl:NamedIndividual* u *OWL 2*.

Klase u *CIM RDFS* su tipa <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Class> i mapiraju se u *owl:Class* u *OWL 2*. Klase u *OWL 2*, za razliku od *CIM RDFS*, definišu restrikcije. Restrikcija se definiše za svako svojstvo koje se primenjuje na klasu. Jedna restrikcija u klasi se definiše unutar *owl:Restriction* elementa. Klasa predstavlja enumeraciju u *CIM RDFS*, ukoliko poseduje stereotip <http://iec.ch/TC57/NonStandard/UML#enumeration>. U aplikaciji za konverziju postoje dve opcije za mapiranje klase enumeracije. Prva opcija je, da je enumeracija proširiva i to znači da je može referencirati neograničeni broj članova, mapiranje je u ovom slučaju isto kao i kod obične klase. Druga opcija je da enumeracija nije proširiva. To znači da se enumeracija ne može proširiti

novim članovima osim inicijalnim. Klasa se u tom slučaju mapira tako da sadrži i kolekciju referenci svih članova unutar *owl:OneOf* elementa u *OWL 2*.

Za ekvivalencije se u *OWL 2*, koriste *owl:equivalentClass*, *owl:equivalentProperty* i *owl:sameAs*. *owl:equivalentClass* i *owl:equivalentProperty* se koriste da označe da dve klase ili svojstva imaju isti skup individuala, ali ne znači da one predstavljaju isti koncept. *owl:sameAs* se može koristiti da izrazi da su dva različita individuala ista. Stvarna ekvivalencija klase i svojstva je moguća ukoliko se koristi *owl:sameAs*. Ovo zahteva da se klase i svojstva tretiraju kao individuali, što je dozvoljeno samo u *OWL Full* [5]. Ekvivalencije ne postoje u *CIM RDFS*.

5.2 Implementacija aplikacije za konverziju

Konverzija dokumenta se može razdvojiti u dva koraka. Prvi korak je parsiranje *CIM RDFS* dokumenta i njegovo mapiranje na određeni model u memoriji. Drugi korak je korišćenje popunjenog modela u toku procesa parsiranja, za zapisivanje u *OWL 2*. Na slici 1. je prikazan pseudokod procesa konverzije.

```

ZA SVAKU PUTANJU U LISTI APSOLUTNIH PUTANJA
  PARSIRATI CIM RDFS DOKUMENT NA DATOJ PUTANJI I MAPIRATI NA OBJEKTNI MODEL
  ISKORISTITI POPUNJEN OBJEKTNI MODEL ZA ZAPIS DOKUMENATA U OWL 2
KRAJ PETLJE
  
```

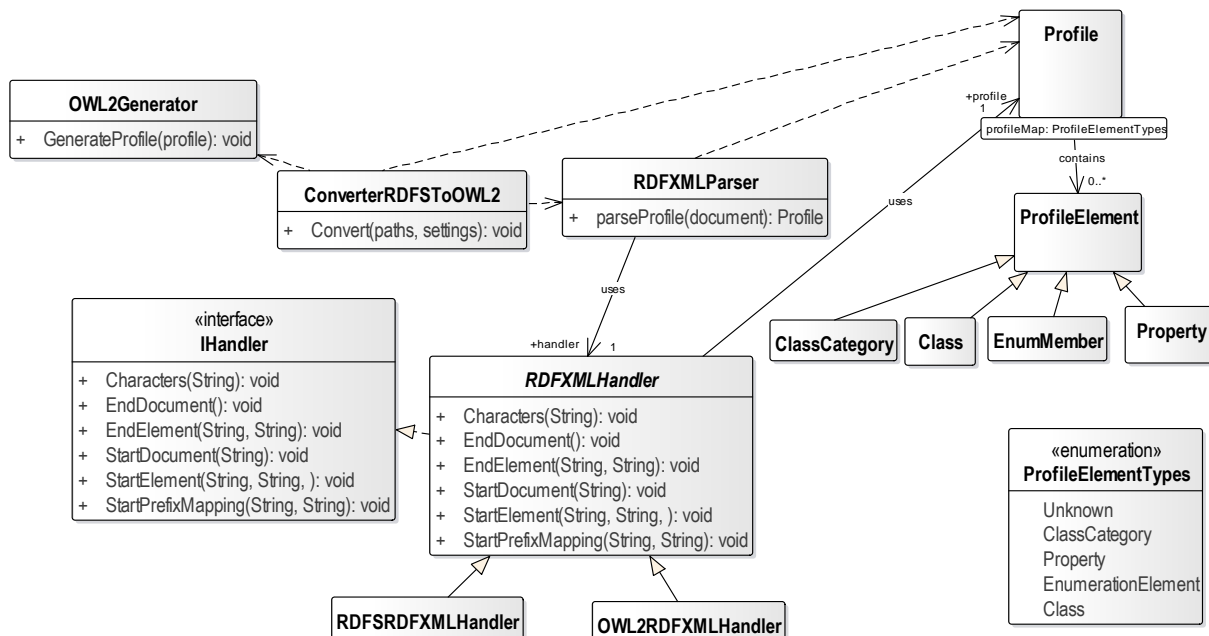
Slika 1. Pseudokod procesa konverzije

Procesom cele konverzije u aplikaciji upravlja metoda *Convert* klase *ConverterRDFStoOWL2*. Njoj se u pozivu prosleđuju liste apsolutnih putanja do *RDFS* dokumenata, kao i podešavanja vezana za sam proces konverzije. Za

poseduje handler za rukovanje dokumentima u toku procesa parsiranja i to je instanca klase *RDFXMLHandler*. Klasa *RDFXMLHandler* implementira interfejs *IHandler*. Interfejs *IHandler* definiše metode koje predstavljaju događaje u toku parsiranja. Klasa *RDFXMLHandler* je apstraktna, i nasleđuje je klasa *RDFSXMLHandler*, koja rukuje događajima u toku parsiranja *RDFS* dokumenta. Rezultat parsiranja metode *ParseProfile* je instanca klase *Profile*. U klasi *Profile* se nalaze elementi koji se mogu prepoznati u toku parsiranja dokumenata u *RDFS*. Ona sadrži mapu koja skladišti isparsirane elemente. Ključne mape je vrednost enumeracije *ProfileElementTypes*, a vrednost je lista instanci klase *ProfileElement*. Enumeracija *ProfileElementTypes* predstavlja vrednosti koje označavaju tipove elemenata koji se mogu naći u toku procesa parsiranja. Klasa *ProfileElement* je apstraktna klasa i predstavlja element koji je isparsiran iz dokumenata u *CIM RDFS*. Klase koje nasleđuju ovu klasu su *Class* koja predstavlja klasu u *CIM RDFS*, *ClassCategory* predstavlja paket, *Property* predstavlja svojstvo, *EnumMember* predstavlja člana enumeracije. Nakon završetka procesa parsiranja, dobijena instanca klase *Profile* se prosleđuje metodi *GenerateProfile* klasi *OWL2Generator* koja izvršava proces zapisivanja elemenata iz prosleđene instance klase *Profile*, u *OWL 2* dokument. Nakon završetka procesa konverzije za dokument na jednoj putanji u metodi *Convert*, prelazi se na sledeću putanju na kojoj se nalazi dokument za konverziju. Model aplikacije je prikazan na slici 2.

5.3 Grafički korisnički interfejs aplikacije

Omogućava korisniku manipulaciju sa listom apsolutnih



Slika 2. Model aplikacije za konverziju iz *CIM RDFS* u *OWL 2*

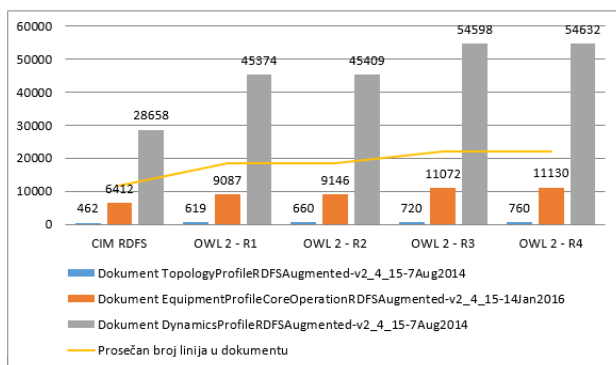
svaku putanju u prosleđenoj listi se prvo vrši postupak parsiranja. Parsiranje se u aplikaciji vrši pomoću klase *RDFXMLParser* i njene metode *ParseProfile* kojoj se prosleđuju putanja do dokumenta za parsiranje. U metodi *ParseProfile* *RDFXMLParser*-a se vrši parsiranje dokumenta element po element. Klasa *RDFXMLParser*

putanja do dokumenata za konverziju u *RDFS*. Omogućava odabir željenog režima za konverziju, kao i osnovna podešavanja za svaki režim. Omogućava odabir opcije za mapiranje enumeracije u procesu konverzije.

6. REZULTATI

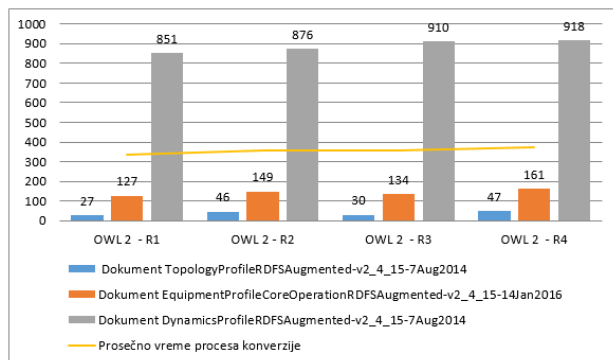
Merili su se rezultati u vidu broja linija u dokumentima dobijenih procesom konverzije u svakom režimu rada aplikacije, kao i vreme koje je bilo potrebno za konvertovanje u milisekundama, pri radu na računaru sa Intel Core I5 procesorom.

Za merenje rezultata odabrana su tri *CIM RDFS* dokumenta iz *ENTSOE_CGMES_v2.4.15_14Jan2016*, i oni predstavljaju *CIM* profile. Rezultati u vidu broja linija u dokumentima dobijenih procesom konverzije, kao i veličine dokumenata u *CIM RDFS*-u pre procesa konverzije su prikazani na Grafikonu 1.



Grafikon 1. Broj linija u konvertovanim dokumentima u OWL 2, kao i u početnim CIM RDFS dokumentima

Vreme izraženo u milisekundama potrebno za konverziju tri *CIM RDFS* dokumenta iz *ENTSOE_CGMES_v2.4.15_14Jan2016* u svakom režimu rada aplikacije je prikazano u grafikonu 2.



Grafikon 2. Vreme konvertovanja dokumenata iz CIM RDFS u OWL 2 za svaki režim rada aplikacije

Poređenjem rezultata (grafikon 1) dobija se da je broj linija manji u *CIM RDFS* dokumentima nego u bilo kom kreiranom OWL 2 dokumentu. To je iz razloga što restrikcije ne postoje u klasama u *CIM RDFS* dokumentima. Kada se uporede rezultati za broj linija između dobijenih dokumenata u OWL 2, dobija se da prvi režim za konvertovanje, koji je osnovni, kreira dokumente sa najmanjim brojem linija. To je iz razloga što u tom režimu rada aplikacije nema dodavanja ekvivalencija elemenata sa zajedničkom ili ontologijom ekstenzije, što bi povećalo broj linija. Upravo ga prethodno navedeno čini i najbržim režimom za konverziju, što se vidi po grafikonu 2. Daljom analizom se dobija da kreirani OWL 2 dokumenti u drugom režimu imaju neznatno više linija od onih kreiranih u prvom režimu rada aplikacije. U drugom režimu rada aplikacije se vrši izdvajanje

elemenata sa određenim stereotipom u ontologiju ekstenzije. Vršiti se i dodavanje ekvivalencije između elemenata u kreiranom OWL 2 dokumentu i elemenata u ontologiji ekstenzije. Broj linija u dokumentu kreiranom u drugom režimu, najviše zavisi od zadatog stereotipa za izdvajanje ontologije. U testiranju je za drugi režim uvek korišćen stereotip *Entsoe*. Ovaj režim je sporiji od prvog režima iz razloga što radi i sa ontologijom ekstenzije, a brži je od četvrtog režima koji osim što radi sa ontologijom ekstenzije, vrši dodavanje ekvivalencija sa elementima iz zajedničke ontologije. Što se tiče poređenja brzine sa trećim režimom, za manje ontologije je sporiji, a za veće ontologije je brži. To je iz razloga što u drugom režimu mora da se parsira i kreira ontologija ekstenzije, što uglavnom uzima određeno konstantno vreme, koje postaje sve zanemarljivije kako su ontologije veće. U trećem režimu rada aplikacije vrši se dodavanje ekvivalencije elemenata iz kreiranog OWL 2 dokumenta sa elementima iz zajedničke ontologije za koju se pretpostavlja da postoji za sve dokumente koji se konvertuju. Treći režim rada aplikacije ima manje linija u kreiranom OWL 2 dokumentu samo od četvrtog režima. Sporiji je od prvog režima, i za veće ontologije je sporiji od drugog režima iz već objašnjenih razloga. Četvrti režim kombinuje sve prethodne režime, te iz tog razloga, ovako dobijeni OWL 2 dokumenti imaju najviše linija.

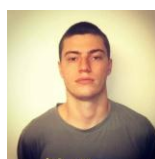
7. ZAKLJUČAK

Predstavljena je aplikacija koja vrši konverziju iz *CIM RDFS* u OWL 2. Konverzijom dokumenata iz *CIM RDFS* u OWL 2, pruža se mogućnost efikasnije razmene podataka u aplikacijama koje su deo softvera za upravljanje elektroenergetskim sistemima. Predstavljene su i upoređene brzine aplikacije za konvertovanje u svim njenim režimima. Vršeno je i upoređivanje broja linija u dokumentima dobijenih procesom konverzije sa dokumentima iz *CIM RDFS*. Nastavak razvoja aplikacije konverzije iz *CIM RDFS* u OWL 2 je optimizacija, tako da se ubrza sam proces konverzije. Ubrzanje aplikacije je moguće primenom konkurentnog programiranja kod istovremene konverzije više dokumenata.

8. LITERATURA

- [1] *Common Information Model Primer: Third Edition*. EPRI, Palo Alto, CA: 2015. 3002006001.
- [2] ENTSO-E, *Common Grid Model Exchange Standard (CGMES) Version 2.4 Based on IEC Common Information Model*, 7 august 2014.
- [3] W3C, <https://www.w3.org/TR/2014/NOTE-rdf11-primer-20140225/>, pristupljeno 8.12.2016.
- [4] WWW Consortium, <https://www.w3.org/TR/owl2-primer/>, pristupljeno 23. 11. 2016.
- [5] infowebml, <http://www.infowebml.ws/rdf-owl/>, pristupljeno 21.12.2016.

Kratka biografija:



Aleksandar Popović je rođen 1992. godine u Šapcu. Školske 2011/2012 je upisao FTN u Novom Sadu, odsek Elektrotehnika i računarstvo, smer Računarstvo i automatika. Školske 2015/2016 je upisao master diplomske akademske studije na FTN-u, smer Primenjeno Softversko Inženjerstvo.

**PRIMERI REKONFIGURACIJE DISTRIBUTIVNE MREŽE
NETWORK RECONFIGURATION OF THE DISTRIBUTION NETWORK WITH
EXAMPLES**Goran Živković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu je obrađen način rada funkcije rekonfiguracije distributivne mreže kao i uticaj pomenute funkcije na osetljivost relejne zaštite. Opisane su moguće metode za rad funkcije. Cilj ovog rada je da prikaze osnove postupka za rekonfiguraciju i da se proveri na jednostavnom primeru kako rekonfiguracija utiče na osetljivost prekostrujnih zaštita nakon rekonfiguracije.

Abstract – In this paper function network reconfiguration in distribution networks and influence on sensitivity of relay protection are described. Possible methods for network reconfiguration in the distribution networks are defined. The main goal of this paper is to specify basics of reconfiguration procedures and to demonstrate influence on sensitivity of overcurrent relay protection after reconfiguration on a simple test example.

Ključne reči: Rekonfiguracija mreže, relejna zaštita, osetljivost relejne zaštite, debalans opterećenja, DMS

1. UVOD

Ako se govori o DMS sistemu, njegovu osnovu čini DMS softver. Bazični delovi DMS softvera jesu analitičke funkcije, tj. energetske proračune za nadzor, analizu i optimizaciju pogona, za planiranje razvoja prenosnih odnosno distributivnih mreža itd. [1]. DMS softver predstavlja moderan softverski alat koji omogućava osoblju distributivnog preduzeća da prati i kontroliše distributivnu mrežu, koristi, projektuje i razvija objekte distribucije. Upotrebom ovog softvera smanjuju se gubici i operativni troškovi, uvećava se dobit (prihod) preduzeća, poboljšava se kvalitet i kvantitet snabdevanja potrošača električnom energijom. Da bi se uopšte poboljšao kvalitet i kvantitet snabdevanja potrošača potrebno je izvršavati razne proračune i funkcije među kojima se izdvaja rekonfiguracija mreže. DMS mreža se rekonfiguriše radi restauracije napajanja posle kvarova, poboljšanja performansi mreže, remontovanja njenih elemenata itd. Pod rekonfiguracijom mreže se podrazumeva proračun statusa uključenosti rasklopnih uređaja, od kojih zavisi topologija razmatrane distributivne mreže [2].

Cilj ovog rada je da prikaze osnove postupka za rekonfiguraciju i da se proveri na jednostavnom primeru kako rekonfiguracija utiče na osetljivost prekostrujnih zaštita nakon rekonfiguracije.

NAPOMENA:

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

U drugom poglavlju rada, dat je opis distributivnih mreža i njihovih osnovnih karakteristika.

U trećem delu predstavljen je uvod u funkciju rekonfiguracije mreže, zatim su opisani resursi koji se koriste u rekonfiguraciji i predstavljen je globalni algoritam rekonfiguracije.

U četvrtom delu je detaljnije predstavljena funkcija rekonfiguracije preko same metode rada, zatim kriterijuma funkcije i određenih algoritama.

U petom poglavlju je teorijski predstavljena relejna zaštita.

U šestom delu predstavljena je rekonfiguracija kroz DMS softver i dat je primer rekonfiguracije mreže.

Nakon zaključka koji je da u sedmom delu, u osmom delu je referentno navedena literatura koja je korišćena za realizaciju ovog rada.

2. OPIS MODERNIH DISTRIBUTIVNIH MREŽA

Distributivne mreže su sastavni deo elektroenergetskog sistema koji ima veliki uticaj na pouzdanost napajanja potrošača. Najveći broj kvarova na elektroenergetskom sistemu je upravo na srednjenaponskoj distributivnoj mreži, pa se ulaganjem u opremu srednjenaponske distributivne mreže može značajno smanjiti neisporučena električna energija, odnosno povećati pouzdanost.

Osnovna karakteristika distributivnih mreža je dominantno radijalni pogon. To je takva topološka struktura da se do svakog individualnog potrošača "stiže" samo sa jedne strane. Razlog za to je činjenica da kvar u distributivnoj mreži ostavlja bez pogona samo mali broj individualnih potrošača [1]. Distributivni elektroenergetski sistemi moraju da prate razvoj novih tehnologija da bi mogli uspešno da odgovore na nove izazove koji se pred njih postavljaju. To se može postići ugradnjom savremene i složenije opreme, čime distributivna mreža postaje pametnija. Koncept pametne mreže kod distributivnih sistema podrazumeva savremenu opremu za merenje i lokalnu obradu podataka. Podaci koji se dobiju preko mernih uređaja i opreme se mogu dalje proslediti kao očitani podaci sa mernog mesta, a mogu se i lokalno obraditi i nakon toga proslediti kontrolnim centrima ili drugim delovima mreže.

Na tržištu električne energije pametne mreže će povećati broj učesnika. One omogućavaju protok informacija i komunikaciju u realnom vremenu, koja je potrebna za propisno funkcionisanje tržišta. Pristup tržištu će imati potrošači, trgovci, prenos, distribucija i proizvođači električne energije [3].

3. REKONFIGURACIJA MREŽE

Problem određivanja optimalne konfiguracije je kompleksan, kombinatoran i nelinearan optimizacioni problem [2]. Pored toga, ovaj problem se značajno usložnjava ako se želi uvažavanje svih relevantnih pogonskih ograničenja i različitih optimizacionih kriterijuma. Konačno, u realnim primenama ovaj problem je ogromnih dimenzija, što ga čini još kompleksnijim. Iz ovih razloga, dobro su se pokazali heuristički algoritmi. Njihova suština je da se maksimalnim poznavanjem fizike problema na najkraći način dođe do kvalitetnih radijalnih topologija [2].

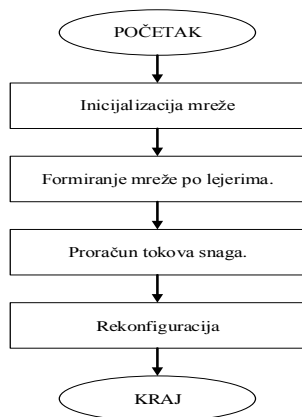
Istorijski posmatrano, [4] rekonfiguracija je funkcija koja se u praksi sprovodi periodično, najviše do četiri puta godišnje (za svako godišnje doba), a uobičajeno dva puta godišnje prema podeli zima-letno. Rekonfiguracija DM je funkcija koja se bavi planiranjem i upravljanjem pogona prema određenom kriterijumu [2]. Rekonfiguracija DM se definiše kao promena topologije (strukture) DM promenom statusa uključenosti otvorenih i zatvorenih rasklopnih uređaja prema željenom kriterijumu bez narušavanja uvedenih ograničenja. Način na koji deluje, rekonfiguracija ima status upravljačke, planerske i optimizacione funkcije.

3.1 Resursi u rekonfiguraciji

U distributivnim sistemima je kombinacija električnih prekidačkih uređaja zaslužna za zaštitu i izolaciju električne opreme usled kvara, ali i upravljanje sistema u normalnim pogonskim uslovima. Kao takvi, prekidački elementi spadaju u resurse za rekonfiguraciju. Za deo mreže koji ne sadrži niti jedan prekidački element, rekonfiguracija nije primenljiva. U daljem tekstu, umesto prekidač koristiće se termin rasklopni uređaj ili rasklopna oprema. Sa aspekta rekonfiguracije, u distributivnom sistemu postoje dva tipa rasklopne opreme: otvoreni i zatvoreni rasklopni uređaji. Otvoreni rasklopni uređaji se mogu posmatrati kao početna rešenja, dok su zatvoreni rasklopni uređaji potencijalna optimalna rešenja.

3.2 Globalni algoritam rekonfiguracije

Na slici 3.1 dat je globalan prikaz koraka koji prethode algoritmu rekonfiguracije. Generalno, da bi se rekonfiguracija izvršila, potrebno je uraditi sve što je navedeno na slici.



Slika 3.1 – Globalni algoritam rekonfiguracije

4. METODA RADA REKONFIGURACIJE

U ovoj glavi, prvo je data opšta postavka problema određivanja optimalne konfiguracije distributivne mreže i pregleda metodologije za njeno rešavanje. Zatim su specificirani optimizacioni kriterijumi koji se koriste pri rekonfiguraciji distributivne mreže.

4.1. Metodologija za rekonfiguraciju mreže

Problem određivanja optimalne konfiguracije je kompleksan, kombinatoran, nelinearan i diskretan optimizacioni problem. Pored toga, ovaj problem se značajno usložnjava ako se želi uvažavanje svih relevantnih tehničkih ograničenja i različitih optimizacionih kriterijuma. Konačno, u realnim primenama ovaj problem je ogromnih dimenzija, što ga samim tim čini još kompleksnijim.

Optimizacione procedure, koje bi potpuno odgovarale prirodi problema rekonfiguracije, teško je egzaktno primeniti na realne mreže. Nelinearanost i diskretna priroda problema, kao i njegova velika dimenzionalnost izuzetno sužavaju izbor optimizacionih procedura. Za realne distributivne mreže, koje su izuzetno velikih dimenzija (i do više desetina hiljada čvorova), izvršavanje jednog optimizacionog algoritma moglo bi trajati i po nekoliko meseci. Dalje, čest je slučaj da različite optimizacione procedure uopšte ne konvergiraju.

Kombinatorno pretraživanje svih mogućih konfiguracija je veoma zahtevno u pogledu vremena i memorije. Za realne distributivne mreže (sa oko 1000 i više rasklopnih uređaja) ovakve analize bi trajale nekoliko godina, čak i uz upotrebu najmodernijih računara. Međutim, većina teoretski mogućih konfiguracija mreže nema fizičkog smisla. Na primer sve konfiguracije u kojima svi potrošači nisu napajani, ili povezanost u mreži nije radijalna, ili u kojoj su narušena strujna ili naponska ograničenja, nisu od interesa.

Iz ovih razloga, u praksi se najčešće koriste heuristički algoritmi. Suština ovih algoritama je da se maksimalnim poznavanjem fizike problema na najkraći način dođe do kvalitetnih radijalnih konfiguracija. Heuristički algoritmi se mogu podeliti u dve velike grupe:

1. Algoritmi "najmanjih struja",
2. Algoritmi "izmene grana".

U rekonfiguraciji distributivne mreže najčešće se koristi sledećih šest optimizacionih kriterijuma za ocenu performansi radijalne konfiguracije [2]:

1. Minimalni gubici aktivne snage.
2. Debalans opterećenja na VN/SN transformatorima.
3. Debalans opterećenja na izvodima.
4. Kritični pad napona.
5. Pouzdanost napajanja.
6. Troškovi manipulacija.

5. RELEJNA ZAŠTITA

Relejna zaštita je grana elektroenergetike koja se bavi zaštitom elektroenergetskih sistema u smislu detekcije i izolovanja kvarova od ostatka elektroenergetskog sistema. Krajni cilj je da se uticaj kvara u elektroenergetskom sistemu na potrošače svede na minimum.

U distributivnim mrežama se koriste prekostrujni releji. Dele se na trenutne prekostrujne (oznaka po IEC standardu: I>>, oznaka po ANSI standardu: 50) i prekostrujne sa vremenskom zadržskom (oznaka po IEC standardu: I>, oznaka po ANSI standardu: 51).

U ovom radu će biti razmatrani samo trenutni prekostrujni releji. Ovi releji su dizajnirani tako da deluju kada kroz određeni deo distributivnog sistema protiče struja kvara koja je veća od predefinisane vrednosti.

Trenutni prekostrujni releji su dizajnirani da deluju bez vremenskog odlaganja, kada struja premaši struju podešenja releja. Podešenje ovih releja je nekoliko puta veće od nominalne struje. Njihova uloga je da za jako kratko vreme otklone kvarove čije su struje izuzetno visoke.

6. REKONFIGURACIJA U DMS SOFTVERU

Rekonfiguracija mreže u DMS softveru se može pokretati po zahtevu iz glavnog menija. Pre pokretanja funkcije potrebno je izabrati deo mreže na kome je potrebno izvršiti funkciju. Polazna tačka svake rekonfiguracije jeste definisanje skupa normalno otvorenih uređaja koji će se dalje analizirati. Korisnik selektuje izvode za proračun. Samo normalno otvoreni uređaji između izabranih izvoda će se uzeti u obzir za proračun. Ako postoje neki rasklopni uređaji koji trebaju biti preskočeni ili zanemareni tokom analize onda se oni na poseban način selektuju. Jedan od načina jeste da se oni ubace u deo prozora namenjen za uređaje kojima ne treba upravljati, a drugi način jeste da se ubace u posebnu listu, listu koja ih isključuje iz proračuna.

6.1 Opcije funkcije rekonfiguracije distributivne mreže

Opcija za opterećenje i proizvodnju - jedna od bitnih opcija može biti podešavanje potrošnje i proizvodnje u datom trenutku. Ako se rekonfiguracija mreže koristi u realnom vremenu, poslednji put izračunata proizvodnja i potrošnja će biti uključene u proračun.

Opcije funkcije rekonfiguracije mreže su:

- Opcija za privremeni prekid napajanja
- Opcija grupnog otvaranja prekidača
- Provera pripadnosti generatora
- Odabir težinskog indeksa prekidača
- Ograničenje opterećenja
- Relejna zaštita
- Opcija rekonfiguracije mreže samo sa dobrom estimacijom stanja
- Opcija spremnosti (tačnosti) modela

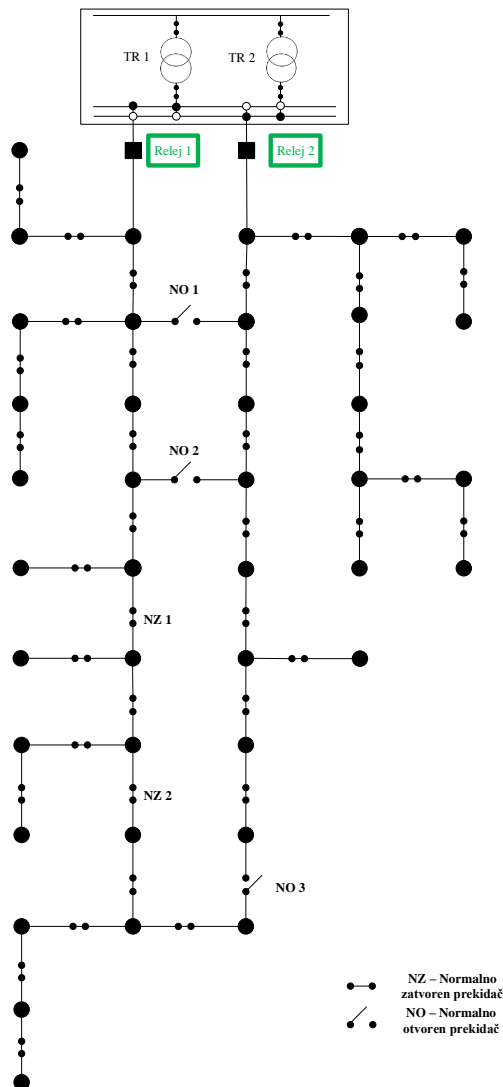
Glavni rezultati proračuna funkcije su predložene prekidačke akcije sa prednostima koje se odnose na izvršenje svakog NO/NZ para, kao i sumarne koristi. Rezultati se predstavljaju u izveštaju kao i na šematskom prikazu. U primeru koji sledi prikazano je na jednom slučaju kako rekonfiguracija utiče na osetljivost trenutnih prekostrujnih zaštita.

6.2 Primer proračuna u DMS softveru

U okviru ovog rada za potrebe demonstracije funkcije rekonfiguracije mreže korišćena je mreža prikazana na slici 6.1.

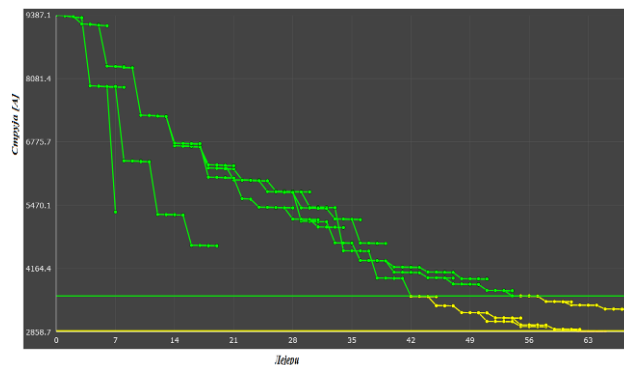
Neka se posmatra situacija da je transformator TR 1 opterećen više od transformatora TR 2. Na početku oba izvoda nalaze se trenutni prekostrujni releji (označeno sa Relej 1 i Relej 2).

Pre pokretanja funkcije rekonfiguracije mreže posmatrani su podaci oba izvoda, njihova opterećenost, kao i oblast šticejnja svakog od pomenutih releja.



Slika 6.1. Test mreža za proračun u DMS softveru

Cilj primera jeste da se pokaže kako se može rasteretiti izvod 1, tako što će deo opterećenja preuzeti izvod 2, a to se radi pomoću pomenute funkcije, rekonfiguracije mreže. Zato je pre pokretanja funkcije kao optimizacioni kriterijum podešen debalans opterećenja na izvodima.

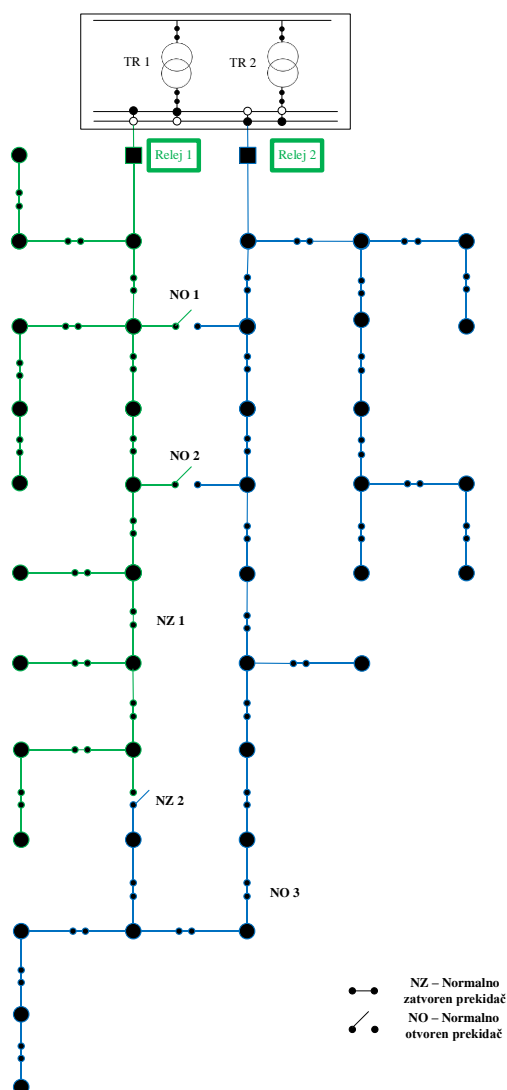


Slika 6.2. Osetljivost trenutnog prekostrujnog releja

Na osnovu funkcije koja proverava osetljivost releja izvršena je provera zone šticeanja releja i to je predstavljeno na osnovu grafika datog na slici 6.2.

Na slici 6.2. se vidi da relej koji štiti izvod 1 obuhvata zonu dobrog šticeanja od 74.3%, zatim zona minimalnog nivoa šticeanja obuhvata 23.7%, i na kraju deo mreže spada u zonu šticeanja koja je na granici osetljivosti releja, a obuhvata 2% od izvoda.

Da bi uravnotežili opterećenja izvoda, funkcija rekonfiguracije predlaže dve prekidačke akcije nad prekidačima NZ 2 i NO 3 (slika 6.1). Potrebno je otvoriti prekidač NZ 2 i zatvoriti prekidač NO 3. Nakon izvršenih prekidačkih akcija stanje mreže se menja što se vidi na slici 6.3. Deo izvoda 1 za napajanje preuzima izvod 2 i time se vrši rasterećenje izvoda 1.

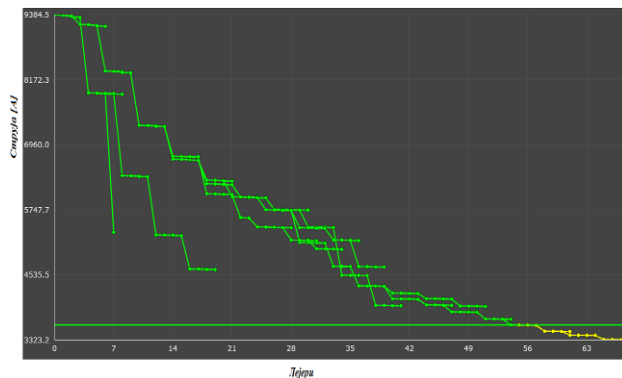


Slika 6.3. Stanje mreže nakon izvršenih predloženih prekidačkih akcija

Nakon obavljenih prekidačkih akcija pokretanjem funkcije za proveru osetljivosti releja dobijeno je očekivano stanje u kojem je popravljen opseg šticeanja releja. Zone šticeanja releja za izvod 1 se mogu videti na slici 6.4.

Kao rezultat pokretanja funkcije provere osetljivosti relejne zaštite dobijeno je da zona šticeanja releja 1 sada obuhvata samo zonu dobrog šticeanja od 90.3 % i zonu minimalnog nivoa šticeanja od 9.7 %, dakle u oblasti šticeanja ovog releja

više nema zone gde je šticeanje na granici osetljivosti što je bio slučaj u inicijalnom stanju.



Slika 6.4. Osetljivost trenutnog prekostrujnog releja nakon izvršenih prekidačkih akcija

Kao zaključak u ovom primeru može se izneti to da je pomoću funkcije rekonfiguracije mreže popravljeno stanje mreže, izbalansirano opterećenje izvoda, a dobijen je i benefit vezano za bolju osetljivost trenutne prekostrujne zaštite mreže.

7. ZAKLJUČAK

U radu je opisana metodologija za rekonfiguraciju u uravnoteženim distributivnim mrežama simetričnog režima. Kriterijumska funkcija korišćena za optimizaciju, u ovom radu, oslanja se na rezultate tokova snaga.

U ovom radu je prikazan primer rekonfiguracije distributivne mreže za uravnoteženje opterećenja izvoda. Kroz ovaj primer takođe je pokazano je da je na taj način dobijen i bolji kvalitet šticeanja izvoda trenutnom prekostrujnom zaštitom, odnosno da ima puno opravdanja uz funkciju rekonfiguracije koristiti i funkciju provere osetljivosti zaštite.

8. LITERATURA

- [1] V.Strezoski: Osnovi elektroenergetike – sistemi, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1996.
- [2] D.Popović, D.Bekut, V.Dabić: Specijalizovani DMS algoritmi, Novi Sad, DMS Group, 2011.
- [3] S.Mohtashami, D.Pudjianto, G.Štrbac: Strategic Distribution Network Planning With Smart Grid Technologies, IEEE Transactions on Smart Grid, 2016.
- [4] N.Katić, V.Strezoski: Optimalna konfiguracija srednjenaponskih distributivnih mreža zasnovana na estimaciji stanja (studija), Institut za energetiku i elektroniku, Kopaonik, 1998.

Kratka biografija:



Goran Živković rođen je 1991. godine u Novom Pazaru, do početka studija živeo u Raški. Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu upisao je školske 2010/2011, odsek energetika, elektronika i telekomunikacije. Na osnovnim studijama diplomirao je 2015. godine, smer elektroenergetski sistemi. Diplomski – master rad iz oblasti Elektrotehnike i računarstva odbranio je 2017. godine.

**EKSTRAKCIJA, TRANSFORMACIJA I PUNJENJE PODATAKA ZA SKLADIŠTE
PODATAKA SISTEMA ZA UPRAVLJANJE ELEKTRODISTRIBUTIVNOM MREŽOM
EKSTRACTION, TRANSFORM AND LOAD PROCESS FOR DATA WAREHOUSE
SYSTEM OF A POWER GRID SYSTEM**

Miloš Bošković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA

Kratik sadržaj – U ovom radu predstavljeno je unapređenje postojećeg softverskog rešenja za proces ekstrakcije, transformacije i punjenja podataka (ETL proces) za skladište podataka Sistema koji upravlja elektrodistributivnom mrežom. U realizaciji navedenog rešenja implementirana je SQL Server Integration Services Data Source komponente koja preuzima podatke iz operativne baze podataka Sistema za upravljanje elektrodistributivnom mrežom, upotrebom Generic Data Access IEC 61970 – 403 standarda. Pored toga, isprojektovana je šema skladišta podataka koja obuhvata podatke vezane za rad regulacionih naponskih sklopki, koje su postavljene duž namotaja naponskih transformatora, kao sastavnog dela elektroenergetske mreže. Zatim, na osnovu takve komponente realizovan je ETL proces, koji vrši punjenje skladišta podataka. U radu je ukratko prikazan praktični primer upotrebe ovog skladišta podataka.

Abstract – In this paper we present improvement of the existing extraction, transform and load (ETL) process for data warehouse system of a power grid system. In realization of such goal, we present an implementation of the SQL Server Integration Services Data Source component for data extraction from operational database of a power grid system, based on the Generic Data Access IEC 61970 – 403 standard. We designed a data warehouse system for storing data related to tap changers, placed along the power transformer windings, in a power grid network. Then, based on aforementioned Data source component, an ETL process is implemented for data warehouse loading. Finally, we present in short a practical example of the use of the designed data warehouse.

Ključne reči: Projektovanje skladišta podataka; ETL proces;

1 UVOD

Svaka kompanija, uključujući i elektrodistribucione kompanije, teži ka unapređenju poslovanja i donošenju važnih poslovnih odluka u cilju smanjenja troškova, povećanja zadovoljstva potrošača, zamene dotrajale opreme, povećanja profita, itd. Upravljački informacioni sistemi predstavljaju softverska rešenja koja pružaju kvalitetne informacije o poslovanju i doprinose postizanju navedenih ciljeva. Ovi sistemi predstavljaju jedan od neizostavnih delova savremenih kompanija pa i elektrodistribucionih kompanija.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Ivan Luković, red. prof.

Za podršku obavljanja složenih procesa poslovanja, ove kompanije koriste razna sofisticirana softverska rešenja u okviru upravljačkih informacionih sistema. Takva softverska rešenja namenjena su za podršku operativnog, transakciono orijentisanog poslovanja i nazivaju se *Online Transaction Processing* (OLTP) sistemi. OLTP sistemi projektuju se tako da obezbede dobre performanse u realizaciji dnevnih transakcija. Takođe, ovi sistemi se zasnivaju na kompleksnim strukturama podataka i često, zbog normalizovane šeme baze podataka i izbegavanja redudanse, nisu pogodni za izveštavanje i analizu podataka. Za te svrhe, često najpogodnije rešenje je uvođenje novog sistema za podršku odlučivanju, zasnovano na sistemu skladišta podataka (eng. *data warehouse*).

Neizostavni deo razvoja sistema skladišta podataka predstavlja implementacija ETL softverskog rešenja koje će popuniti skladište podataka podacima iz izvora podataka. Upotrebom softverskih alata koji podržavaju zadatke ETL procesa, olakšana je implementacija čitavog procesa, upotrebom ugrađenih komponenti. Međutim, često postoji potreba za preuzimanje podataka iz izvora podataka kojima nije moguće pristupiti gotovim ugrađenim komponentama. Zbog toga, određeni softverski alati za podršku implementacije ETL procesa omogućavaju proširenje funkcionalnosti novim, korisnički definisanim komponentama, pomoću kojih je moguće pristupiti i preuzeti podatke iz željenog izvora podataka. Takve komponente poželjno je prilagoditi tako da podržavaju generičke upite koji omogućavaju pristup svim tipovima entiteta logičke šeme izvora podataka.

Polazna osnova za realizaciju ovog rada predstavlja postojeće ETL softversko rešenje za skladište podataka sistema koji upravlja elektrodistributivnom mrežom. Postojeće rešenje implementirano je bez upotrebe namenskih tehnologija za ETL proces. Kako namenske tehnologije u značajnoj meri olakšavaju proces implementacije i održavanja ETL procesa, potrebno je unaprediti trenutno rešenje primenom jedne od njih. *Microsoft* alati za podršku ETL procesa predstavljaju jednu od najzastupljenih platformi koje na različite načine olakšavaju sam proces implementacije i održavanja ETL procesa. Za unapređenje trenutnog rešenja potrebno je implementirati novo ETL softversko rešenje zasnovano na *Microsoft* tehnologiji *SQL Server Integration Services* (SSIS). Za realizaciju novog ETL rešenja potrebno je implementirati SSIS *Data Source* komponentu, koja preuzima podatke iz operativne baze podataka Sistema za upravljanje elektrodistributivnom mrežom, i iskoristiti je u implementaciji ETL softverskog rešenja. Za realizaciju

ove komponente potrebno je proučiti i primeniti *Generic Data Access* (GDA) standard, pomoću kojeg će biti omogućen pristup svim tipovima entiteta logičke šeme operativne baze podataka Sistema za upravljanje elektrodistributivnom mrežom.

Osim Uvoda i Zaključka, ovaj rad ima 6 poglavlja. U poglavlju 2, pod naslovom „Izvor podataka“, opisan je izvor podataka, tj. operativna baza podataka Sistema za upravljanje elektrodistributivnom mrežom. Poglavlje 3, „Generic Data Access“, opisuje deo CIM standarda koji definiše generičke upite iskorišćene za pristup izvoru podataka opisanom u poglavlju 2. Zatim je u poglavlju 4, „SSIS Data Source komponenta“ opisana Implementacija *SSIS Data Source* komponente koja se koristi za dobavljanje podataka sa izvora podataka u okviru ETL procesa. U poglavlju 5 „Šema skladišta podataka“, opisana je šema skladišta podataka Sistema za upravljanje elektrodistributivnom mrežom i njene karakteristike. Poglavlje 6 „ETL proces“, prikazuje implementaciju softverskog rešenja za punjenje skladišta podataka opisanog u poglavlju 5, na osnovu razvijene *SSIS Data Source* komponente predstavljene u poglavlju 4. U poglavlju 7 „Primer praktične upotrebe skladišta podataka“, predstavljen je jedan mogući primer upotrebe tehnika istraživanja podataka nad skladištem podataka opisanog u poglavlju 5.

2 Izvor podataka

Izvor podataka u ovom radu predstavlja operativna baza podataka Sistema za upravljanje elektrodistributivnom mrežom. U pitanju je *Resource Description Framework* (RDF) baza podataka kojom se upravlja pomoću *Windows Communication Foundation* (WCF) servisa, koji nosi naziv *Network Model Service* (NMS). U nastavku poglavlja opisan je NMS.

NMS predstavlja servis koji omogućava čitanje i ažuriranje podataka elektroenergetske mreže koji se čuvaju u RDF bazi podataka, definisanoj po IEC 61968 i IEC 61970 *Common Information Model* (CIM) standardu [1]. Podaci su predstavljeni u vidu resursa, gde resurs predstavlja svaki objekat koji poseduje globalni identifikator.

Svaka klasa u modelu jednoznačno se identifikuje odgovarajućim model kodom (eng. *model code*) koji predstavlja 64-bitnu enumeraciju. Svakoj klasi modela elektrodistributivne mreže i svakom njenom atributu dodeljuje se odgovarajući model kod koji ih identifikuje. Najteža 32 bita definiše nasleđivanje. Sledećih 16 bitova definiše *DMSType*. *DMSType* predstavlja enumeraciju koja pobrojava sve tipove entiteta elektroenergetske mreže. Odgovarajuća vrednost *DMSType*-a dodeljuje se za svaku klasu koja modeluje određeni tip entiteta, a od koje se očekuje instanciranje. Za apstraktne klase vrednost *DMSType*-a je 0x0000. Najlakših 16 bitova opisuje attribute klase.

Prema CIM standardu, definisano je ograničenje da sve klase nasleđuju klasu *IdentifiedObject*. Ova klasa sadrži atribut tipa *string*, koji se naziva *mRID*, i predstavlja jedinstveni identifikator svakog entiteta. Pošto upotreba *string*-ova može da uspori rad servisa uvodi se novi jedinstveni globalni identifikator (GID) *celobrojnog tipa i dužine 64 bita*, jer je provera jednakosti brojeva daleko brža od provere jednakosti *string*-ova. Na NMS-u GID se

definiše u modelovanoj klasi *IdentifiedObject*. Najtežih 16 bitova predstavlja *Sistem Id*, odnosno identifikator sistema na kom je kreiran skup podataka i njegova vrednost u ovom radu je uvek nula. Narednih 16 bitova predstavlja *DMSType* i odgovara tipu entiteta za koji se kreira globalni identifikator. Najlakša 32 bita predstavlja brojač pojava datog tipa i obezbeđuje jedinstvenost globalnog identifikatora po tipu. Reference se predstavljaju prenošenjem primarnog ključa, tj. GID-a. Reference su dvosmerne, tj. ukoliko neki entitet sadrži GID drugog entiteta, onda i drugi entitet sadrži GID prvog entiteta. Za podršku čitanja podataka sa NMS-a primenjuju se tzv. GDA metode, koje će biti opisane u poglavlju 3.

Za realizaciju zadataka definisanih u ovom radu iskorišćen je deo CIM modela koji sadrži sledeće klase: *IdentifiedObject* koja predstavlja roditeljsku klasu koju nasleđuju sve ostale klase, *PowerSystemResource*, koja predstavlja elektroenergetske resurse u okviru sistema, *Equipment*, koja predstavlja fizičke uređaje, *PowerTransformer*, koja predstavlja naponski transformator, *TapChanger*, koja predstavlja regulacionu sklopku, *TapPosition*, koja predstavlja pomeraj regulacione sklopke, *SubGeoRegion*, koja predstavlja geografski region i *Substation*, koja predstavlja podstanicu.

3 Generic Data Access

Generic Data Access (GDA) definiše u okviru CIM standarda interfejsa koji mogu da se upotrebe za pristup bazi podataka koja je implementirana prema CIM standardu [2]. Stoga, GDA omogućava klijentima pristup podacima svih tipova entiteta logičke šeme koja se koristi za unutrašnje skladištenje. Tipičan slučaj korišćenja GDA interfejsa jeste razmena velikog obima podataka između baze podataka i Sistema za upravljanje elektrodistributivnom mrežom. Servisi su definisani generički, što je više moguće, i njihova funkcionalnost je ograničena na čitanje, izmenu i obaveštavanje o promenama objekata. Standard definiše upite i odgovore koji se mogu razmenjivati sa servisom. Rezultati upita iskazuju se putem koncepata resursa, *property*-ja i vrednosti [8]:

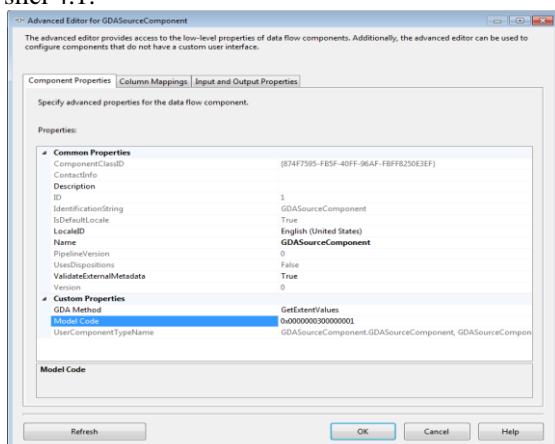
- Resurs je svaki objekat koji poseduje jedinstveni identifikator.
- *Property* je karakteristika resursa koja se može opisati, odnosno predstavlja atribut tipa resursa.
- Asocijacije između resursa se kreiraju preko *property*-ja koji su tipa *reference*.

GDA omogućava čitanje i izmenu podataka. *NMS* implementira nekoliko GDA metoda za čitanje resursa. U ovom radu od značaja je upotreba tri metode: *GetValues*, *GetExtentValues* i *GetRelatedValues*. Metoda *GetValues* omogućava čitanje jednog resursa sa *Network Model Service*-a. Metoda *GetExtentValues* predstavlja prvu iz grupe metoda koja vraća niz resursa. Čitanje niza resursa izvodi se za jedan tip entiteta. Čitanje niza resursa povezanih sa nekim polaznim entitetom omogućava metoda *GetRelatedValues*.

4 SSIS Data Source komponenta

U ovom poglavlju dat je opis implementirane *SSIS Data Source* komponente koja preuzima podatke sa NMS-a upotrebom GDA metoda i koristi se za popunjavanje skladišta podataka u okviru ETL procesa.

SSIS Data Source komponenta implementirana je u programskom jeziku C# u okviru *.NET Framework*-a. Kreiranje ove komponente omogućeno je nasleđivanjem bazne *PipelineComponent* klase i implementacijom nasleđenih *design-time* i *run-time* metoda [3]. Korisnički interfejs realizovane *Data Source* komponente prikazan je na slici 4.1.



Slika 4.1 Korisnički interfejs *Data Source* komponente

Kartica *Component Properties* prikazuje sve atribute koje komponenta poseduje. Pored nasleđenih *common* atributa, korisnički interfejs sadrži *custom* atribute koji su kreirani eksplicitno za realizaciju zadataka predviđenim ovim radom. Atribut „GDA Method“, predstavlja *combo box* kontrolu i služi za odabir željenog GDA upita kojim želimo da preuzmemo neophodne podatke sa NMS-a. Pošto svaka GDA metoda prima različite parametre, koji se navode od strane korisnika, odabirom GDA upita preko *combo box* kontrole kreiraju se dodatni atributi koji služe za unos ovih parametara. Na slici 4.1 prikazan je primer gde je za izabranu GDA *GetExtentValues* metodu kreiran dodatni atribut za unos model koda tipa resursa. Kartica *Input and Output Properties* daje pregled kreiranih izlaza i kolona za svaki izlaz. Za komponentu je kreiran jedan izlaz na koji se prosleđuju podaci preuzeti sa NMS-a. U zavisnosti od tipa entita čiji se resursi preuzimaju, za izlaz se kreiraju odgovarajuće kolone.

5 Šema skladišta podataka

U ovom poglavlju dat je opis šeme skladišta podataka, isprojektovane na osnovu modela izvora podataka opisanog u poglavlju 3.

Šema skladišta podataka koja je predmet ovog rada predstavlja jedan *data mart*. Projektovana je u cilju praćenja rada regulacionih naponskih sklopki (eng. *tap changer*) postavljenih na namotaje naponskih transformatora (eng. *power transformer*), u okviru elektrodistribucione mreže. Potrebno je pratiti i odrediti broj pomeraja i maksimalnu razliku između najviše i najniže pozicije regulacione sklopke na nedeljnom, mesečnom i godišnjem nivou. Pošto su naponski transformatori fizički smešteni u podstanicama na različitim geografskim lokacijama, potrebno je u praćenju obuhvatiti i ovaj kriterijum. Praćenjem pomenutih parametara u radu regulacionih sklopki moguće je ustanoviti da li je dostignuta predviđena kataloška vrednost i na vreme izvršiti zamenu regulacione sklopke, da ne bi došlo do otkaza regulacione sklopke, što može dovesti do zastoja u radu elektrodistribucione mreže.

Šema skladišta podataka projektovana u ovom radu je tipa zvezde. Sastoji se od jedne činjenične tabele i tri dimenzione tabele. Od dimenzija u ovom radu realizovane su dimenzija naponski transformator, podstanica i vremenska dimenzija. Činjenična tabela sadrži tri mere koje služe za praćenje rada regulacionih naponskih sklopki, a to su: broj pomeraja na dnevnom nivou, ukupan broj pomeraja od početka upotrebe do određenog datuma i maksimalna razlika između najviše i najniže pozicije regulacione sklopke. S obzirom da količina podataka, koja se ekstrahuje sa NMS-a u skladište podataka, može biti prilično velika, poželjne su dobre performanse upita. Da bi bile postignute dobre performanse upita nad skladištem podataka, hijerarhije dimenzija modelovane su putem denormalizovane šeme, te nije potreban spoj većeg broja tabela za realizaciju upita. Izborom denormalizovanog pristupa, dimenzije zadovoljavaju samo uslov prve normalne forme.

6 ETL proces

U ovom poglavlju dat je opis ETL procesa za popunjavanje skladišta podataka, zasnovan na prethodno razvijenoj *SSIS Data Source* komponenti.

ETL proces realizovan je preuzimanjem podataka sa NMS-a i popunjavanjem odgovarajućih dimenzija i činjenice skladišta podataka. Implementirana *SSIS Data Source* komponenta namenjena je za preuzimanje podataka jednog tipa entiteta sa NMS-a. Popunjavanje nekih dimenzija zahteva preuzimanje i spoj više tipova entiteta, što zahteva upotrebu više odvojenih *Data Source* komponenti koje istovremeno preuzimaju podatke sa NMS-a. Ovaj pristup može da dovede do opterećenja NMS-a. Zbog toga, uvedena je pomoćna *data staging* baza podataka, koja se koristi se za privremeno čuvanje podataka. Svaka klasa iz NMS-a prezentovana je istoimenom šemom relacije u *data staging* bazi podataka. Popunjavanje *data staging* baze podataka realizovano je primenom implementirane *Data Source* komponente, koja preuzima sve pojave neophodnih tipova entiteta sa NMS-a i upisuje ih u odgovarajuće tabele.

Nakon što se podacima popuni *data staging* područje, potrebno je popuniti implementirani *data mart*. Popunjavanje *data marta* se vrši preuzimanjem podataka iz *data staging* područja. Pošto je ovo područje relaciona baza podataka, podacima je moguće pristupiti upotrebom postojećih *SSIS Data Source* komponenti. U nastavku su opisani načini punjenja svake dimenzione tabele i činjenične tabele.

Vremenska dimenzija je popunjena pomoću ugnježdene (eng. *stored*) procedure. Sadrži podatke koji predstavljaju period od poslednje dve godine od trenutka pisanja rada. Za popunjavanje polja godina uzete su vrednosti iz intervala [2014, 2015].

Dimenzija koja sadrži podatke o podstanicama popunjena je preuzimanjem podataka nad spojem tabela *Substation* i *Region* u okviru *data staging* područja. Za svaku torku koja je rezultat spoja nad ovim tabelama, proverava se da li data torka postoji u posmatranoj dimenziji. Ukoliko ne postoji, torka se upisuje u posmatranu dimenziju.

Dimenzija koja sadrži podatke o naponskim transformatorima popunjena je preuzimanjem podataka iz tabele *Power Transformer* u okviru *data staging* područja. Za svaku torku tabele, proverava se da li data

torka postoji u posmatranoj dimenziji. Ukoliko ne postoji, torka se upisuje u posmatranu dimenziju.

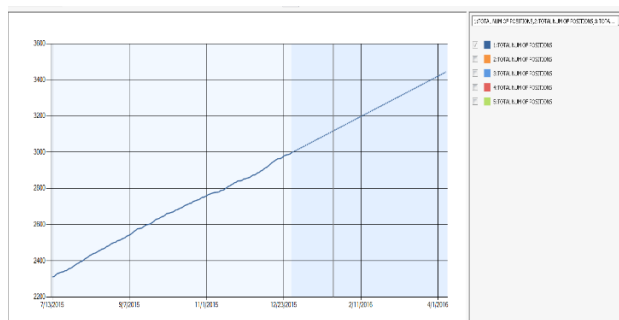
Realizovana činjenična tabela sadrži podatke o pozicijama regulacionih sklopki postavljenih na namotaje transformatora. Za popunjavanje činjenice kreiran je materijalizovani SQL pogled, koji čuva pripremljene podatke nad spojem tabela *Tap Changer*, *Tap Position*, *Power Transformer* i *Substation* u okviru *data staging* područja. Kako bi se izračunale mere činjenice, izvršeno je grupisanje torki po transformatoru, podstanici i vremenu. Mera koja predstavlja broj pomeraja regulacione sklopke na dnevnom nivou, izračunata je pomoću ugrađene SQL funkcije *Count* koja broji grupisane torke. Na osnovu ove mere pomoću ugnježdene procedure izračunata je mera koja označava ukupan broj pomeraja regulacione sklopke od početka korišćenja do datuma naznačenog u okviru torke. Mera koja predstavlja maksimalnu razliku između najviše i najniže pozicije regulacione sklopke izračunata je upotrebom ugrađenih *Min* i *Max* SQL funkcija.

7 Primer praktične upotrebe skladišta podataka

U ovom poglavlju dat je primer praktične upotrebe skladišta podataka, opisanog u poglavlju 6. Primer se zasniva na primeni tehnika za istraživanje podataka nad implementiranim skladištem podataka. Rešenje je realizovano upotrebom *SQL Server Analysis Service-a* (SSAS). Skladište podataka koje je predmet ovog rada, implementirano je u cilju praćenja rada regulacionih sklopki. Regulacione sklopke podložne su kvarovima i proizvode se tako da mogu da istolerišu određeni broj pomeraja. Kako ne bi došlo do većih posledica usled mogućeg kvara, bilo bi dobro predvideti kada će ovaj uređaj dostići predviđeni broj pomeraja. U ovu svrhu iskorišćen je *Time Series* algoritam, koji je namenjen za predviđanje vremenskih serija.

Za obučavanje *Time Series* algoritma definisana je *mining* struktura koja predstavlja pogled na implementirano skladište podataka. *Mining* struktura obuhvata dimenziju koja čuva podatke o naponskim transformatorima i spoj činjenične tabele sa vremenskom dimenzijom. U okviru *mining* strukture definisan je i *mining* model koji sadrži informacije o algoritmu koji se primenjuje, kao i funkcijama odabranih kolona, koje će algoritam da obradi. Kao ulaz u algoritam uzeti su podaci mere koja predstavlja ukupan broj pomeraja regulacione sklopke, čije se vrednosti ujedno i predviđaju. Kolona datum je definisana kao vremenski ključ, i predstavlja vremesku skalu po kojoj će biti uređene istorijske i predviđene vrednosti. SSAS omogućava vizuelizaciju isprocesiranog *mining* modela putem grafika koji prikazuje kako istorijske tako i vrednosti predviđene u budućnosti. Na slici 7.1 prikazan je grafik kreiranog *mining* modela, koji prikazuje predviđanje rada regulacionih sklopki.

Grafik prikazuje kretanje ukupnog broja pomeraja regulacione sklopke postavljene na naponski transformator sa identifikatorom 1. Deo grafika sa zasenčenom pozadinom prikazuje vrednosti koje predstavljaju buduća predviđanja zasnovana na *mining* modelu. Vertikalna osa predstavlja broj pomeraja regulacione sklopke, dok horizontalna osa predstavlja vremensku osu. Na osnovu toga, sa grafika je moguće očitati vreme kada će regulaciona sklopka dostići broj pomeraja koji iziskuje njenu zamenu.



Slika 7.1 Grafik predviđanja broj pomeraja regulacione naponske sklopke

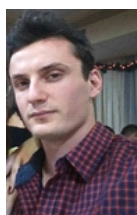
8 Zaključak

Implementacijom ETL softverskog rešenja zasnovanog na *Microsoft* tehnologijama, formirana je osnova za unapređenje postojećeg ETL softverskog rešenja za skladište podataka Sistema koji upravlja elektrodistributivnom mrežom. Unapređenje se ogleda u brzini i lakoći razvoja što je omogućeno primenom namenskih tehnologija. Takođe, olakšana je procedura održavanja, jer je pisanje programskog koda svedeno na minimum. Ovom unapređenju u značajnoj meri doprinosi razvijena *SSIS Data Source* komponenta koja preuzima podatke iz operativne baze podataka Sistema za upravljanje elektrodistributivnom mrežom. Pored toga, isprojektovan je prototip šeme skladišta podataka, koji omogućava praćenje rada regulacionih naponskih sklopki postavljenih na namotaje naponskih transformatora. Ovaj prototip predstavlja praktičnu verifikaciju izabranog pristupa u implementaciji ETL procesa. U radu je predstavljen i primer praktične upotrebe popunjenog skladišta podataka, zasnovan na upotrebi tehnika istraživanja podataka. Realizovani primer namenjen je za predviđanje broja pomeraja regulacionih sklopki, na osnovu čega se može ustanoviti kada će uređaj dostići maks. dozvoljen kataloški broj pomeraja.

Literatura

- [1] EPRI - The Common Information Model for Distribution [Online] Dostupno na: <https://webhotel2.tut.fi/units/set/research/adine/materiaalit/Active%20network/ICT/EPRI%20CIM%20for%20distribution.pdf>
- [2] Mathias Uslar, Michael Specht, Sebastian Rohjans, Jorn Trefke, Jose M. Gonsales, "The IEC Common Information Model" in The Common Information Model CIM, IEC 61968/61970 and 62325 – A Practical Introduction to the CIM, Berlin, Germany, 2012, pp. 89-90
- [3] Simple Talk - Developing a Custom SSIS Source Component [Online] Dostupno na: <https://www.simple-talk.com/sql/ssis/developing-a-custom-ssis-source-component/>

Kratka biografija:



Miloš Bošković rođen je u Doboju, Republika Srpska, 1991. godine. Fakultet tehničkih nauka upisao je 2010. godine. Bečelov rad iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarske nauke i informatika, odbranio je 2015. godine.

**RAZVOJ APLIKACIJE ZA PRIKAZ I SIMULACIJU UPRAVLJANJA KVAROM U
DISTRIBUTIVNOJ MREŽI****DEVELOPMENT OF AN APPLICATION FOR PREVIEWING AND SIMULATING THE
FUNCTIONS OF THE FLISR COMPONENT IN DISTRIBUTION NETWORK**Igor Spremo, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu je opisana primena teorije grafova na elektroenergetske mreže, korišćen algoritam za raspoređivanje čvorova grafa spram kriterijuma za određivanje optimalne raspoređenosti čvorova grafa, kao i prikaz i simulacija upravljanja kvarom u distributivnoj mreži.

Abstract – Use of graph theory in electricity networks, use of the algorithm for graph nodes placement based on criteria for optimal graph node placement and simulation of the functions for failure management are shown in this paper.

Ključne reči: Algoritmi optimalnog prikaza grafova, elektroenergetska mreža, funkcije za upravljanje kvarom u elektroenergetskoj mreži.

1. UVOD

Električna energija je jedan od osnovnih resursa u naseljenim mestima u 21. veku. Bez električne energije ne bi bilo rasvete na ulicama, ne bi mogli koristiti mobilne telefone, računare... Industrija bi, ukoliko dođe do prekida napajanja, trpela velike troškove zbog zaustavljanja rada postrojenja, a čak bi moglo doći i do materijalne štete. Iz tog razloga, sistem za snabdevanje električnom energijom je jedan od najvećih, najuticajnijih i najneophodnijih tehničkih sistema. Za upravljanje distribucijom električne energije koristi se *Distribution Management System (DMS)*.

Kao jedna od osnovnih komponenti sistema za upravljanje distribucijom električne energije je komponenta za upravljanje kvarom. *Fault Location, Isolation and Supply Restoration (FLISR)* je komponenta čiji zadatak je da pronađe (*Fault Location* deo), izoluje kvar (*Fault Isolation* deo) i da dovede napajanje električnom energijom do korisnika do kojih je to moguće uraditi (*Supply Restoration* deo). Da bi operater mogao da prati događaje promene energizacije delova mreže, neophodno je da mu cela mreža bude predstavljena na pregledan način.

U radu su opisani mogući prikazi sheme mreže, predstavljen je algoritam koji je korišćen za određivanje optimalnog rasporeda čvorova grafa elektroenergete mreže, kao i osnovni pojmovi komponente za upravljanje kvarom.

Prikazana je aplikacija u kojoj je implementirano rešenje problema prikaza izvršenja operacija komponente za upravljanje kvarom nad distributivnim elektroenergetskim mrežama uz iscertavanje vizuelno optimizovanih grafova. Ova aplikacija je razvijena u .NET okruženju u C# programskom jeziku, korišćenjem WPF (*Windows Presentation Foundation*) tehnologije.

2. OSNOVNI POJMOVI

Kada je u pitanju prikaz elektroenergetskih mreža operateru u kontrolnom centru, postoji više načina predstavljanja. Prvi način prikaza bi bio *geografski prikaz* mreže, gde su elementi raspoređeni proporcijalno rasporedu elemenata na terenu. Nasuprot takvom prikazu postoji i *logički prikaz* elemenata mreže. Pri ovakvom prikazu se ne uzima u obzir stvarna lokacija elemenata, već se izgled grafa mreže određuje na osnovu povezanosti električnih elemenata i kriterijuma optimalnosti rasporeda čvorova. Neki od kriterijuma bi bili: da površina koju prikaz zauzima na ekranu bude što manja uz održavanje preglednosti grafa; da ukupna dužina grana mreže bude što manja takođe uz održavanje preglednosti grafa; da broj međusobnog presecanja grana grafa bude što manji; da se minimizuje broj prelomnih tačaka grana grafa; itd. U ovom radu je korišćen logički prikaz elemenata elektroenergetske mreže.

3. OSNOVE TEORIJE GRAFOVA

Graf je apstraktna matematička struktura. Predstavlja tačke, odnosno čvorove i linije koje ih povezuju odnosno grane. Po definiciji graf je uređeni par $G = (V, E)$ gde je V konačan, neprazan skup čvorova grafa, a E skup grana grafa, tj. E je binarna relacija u skupu V . E je skup u kome se jedan element može pojavljivati više puta. Za sve grafove uzimaju se u obzir sledeće činjenice i terminologije:

1. Čvorovi u i v su krajnji čvorovi grane (u, v) .
2. Graf koji ne sadrži nijednu granu naziva se prazan graf.
3. Dva čvora, u i v , su susedna ako su povezana granom, drugim rečima, (u, v) je grana.
4. Stepen čvora v , obeležava se sa $d(v)$, i predstavlja broj grana kojima čvor v predstavlja krajnji čvor.

Spram orientisanosti grana, grafovi se dele na:

- *Usmerene* – svaka grana ima početni i krajnji čvor, gde je moguće kretati se isključivo od početnog ka krajnjem čvoru.

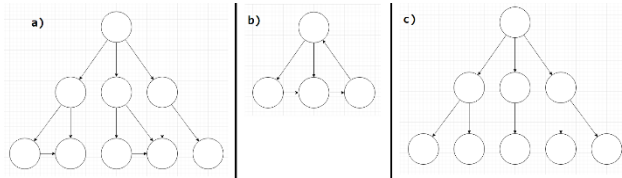
NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Darko Čapko.

- *Neusmerene* – svaka grana ima dva čvora i smer kretanja kroz graf nije predefinisana.

Ukoliko se kretanjem kroz graf iz nekog čvora može doći u taj isti čvor bez ponovnog prolaska kroz istu granu, graf se naziva *ciklički*. U suprotnom je *aciklički*.

Na Slici 1 prikazani su: a) usmeren aciklički graf, b) usmerene ciklički graf, c) stablo.



Slika 1 – Vrste grafova

4. OPIS ALGORITMA OPTIMALNOG RASPOREĐIVANJA ČVOROVA GRAFA

Kao algoritam za optimalno raspoređivanje čvorova grafa distributivne elektroenergetske mreže korišćen je specijalizovani rekurzivni algoritam za generisanje jednopolnih shema modela koji obuhvata oblast jedne visokonaponske distributivne transformatorske stanice [1]. Algoritam se sastoji iz četiri dela:

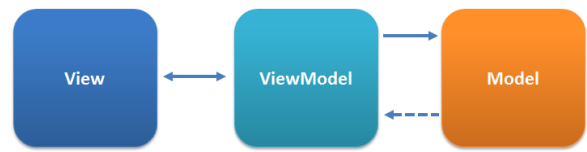
- I) Prolazak kroz graf počevši od napojnog čvora i prolaskom po slojevima sa razdvajanjem upetljenih delova grafa i kreiranje grafa u obliku stabla. Presecaju se grane koje spajaju čvorove koji sadrže normalno otvorene prekidače (NOP), jer ovi prekidači predstavljaju granice između fidera.
- II) Detekcija i izračunavanje rasporeda izvoda genetskim algoritmom koji uzima u obzir diskonektovane NOP čvorove iz prvog koraka, odnosno fidere koji više nisu upetljeni. Nakon izvršenja ove faze algoritma, ranije interkonektovani izvodi se crtaju bliže jedan drugom.
- III) Crtanje svakog izvoda posebno rekurzivnim algoritmom, i ređanje na izračunata mesta iz prethodnog koraka duž sve 4 strane visokonaponske transformatorske stanice.
- IV) Rekonektovanje NOP grana presečenih u prvom koraku i kreiranje ortogonalnosti umetanjem 2 ili 4 fiktivna čvora i uzimajući u obzir estetske kriterijume crtanja grafa. Na slici 4.3 dat je prikaz grafa nakon završetka celog algoritma.

5. OPIS KORIŠĆENIH TEHNOLOGIJA ZA IMPLEMENTACIJU REŠENJA

Za implementaciju softverskog projekta kao rešenja datog problema korišćena je Windows Presentation Foundation (WPF) tehnologija koja je deo .NET framework-a i, u okviru ovog rada, implementirana pomoću C# jezika. WPF je tehnologija za grafičko predstavljanje programskog rešenja koja omogućava korišćenje *Model-View-ViewModel* (MVVM) šablona [2].

MVVM je softverski arhitekturni šablon u kojem su model podataka (logika poslovanja aplikacije) i grafički korisnički interfejs (*GUI*) nezavisni jedno od drugog, odnosno omogućeno je nezavisno razvijanje logike i dizajna prikaza programskog rešenja. To je postignuto

pomoću *ViewModel* sloja koji je umetnut između ova dva sloja softvera (Slika 2).



Slika 2 – Prikaz MVVM šablona

Komponente MVVM obrasca su *Model*, *View* i *ViewModel*.

5.1. Model

Model predstavlja model podataka, odnosno domenske podatke sistema. Sadrži i logiku poslovanja sistema.

5.2. View

View predstavlja strukturu, sloj i prikaz podataka korisniku. Idealno, pisan je u u XAML (*Extensible Application Markup Language*) jeziku sa minimalno pozadinskog koda (eng. *code behind*) koji ne sadrži nikakvu logiku poslovanja. XAML je jezik zasnovan na sintaksi XML (*eXtensible Markup Language*) jezika i koristi se za kreiranje i inicijalizaciju .NET objekata.

5.3. ViewModel

ViewModel je posrednik između modela podataka i grafičkog prikaza. Koristi se za konverziju "sirovih" podataka modela u podatke potrebne za prikaz, odnosno uklanja (sa tačke gledišta *View* sloja) nebitne promene modela.

Tipično, *ViewModel* komunicira sa *Model-om* tako što poziva metode klasa *Model-a* i onda konvertuje dobijene rezultate u oblik pogodan *View* sloju za čitanje radi prikaza. Takođe, *ViewModel* implementira komande koje korisnik aplikacije pokreće preko grafičkog interfejsa i može definisati logičke promene koje mogu da utiču na izgled grafičkog prikaza.

6. IMPLEMENTACIJA IDEJNOG REŠENJA

Za prikaz sheme mreže korišćeni su elementi: *Root*, *Switch*, *Bus node*, *Fault indicator* (FI), *Substation*, *Transformer* i *Section*. Transformer može biti transformator sa dva namotaja (*Transformer2W*) i sa tri namotaja (*Transformer3W*).

Model podataka sheme se učitava iz XML dokumenta. Svi elementi se nalaze unutar elementa *Nodes*. Svaki od elemenata ima attribute *ID*, *Energized* i *Level*.

- Atribut *ID* je obavezan za svaki element i za njegovu vrednost se postavlja vrednost identifikatora elementa.
- *Energized* je logičkog tipa i govori da li je element energizovan (samo *Root* element nema atribut *Energized* jer je on, u ovom programskom rešenju, izvor električne energije za svaku shemu).
- *Level* predstavlja nivo dubine grafa na kojem se element nalazi (*Root* element će imati *Level="0"*, a onda svi ostali elementi idu sa većim vrednostima za *Level*).

Tip elementa *FaultIndicator* takođe ima i atribut *IsNormallyEnergized* koji je logičkog tipa i daje informaciju o tome da li je *FI* u normalnom stanju energizovan ili ne. Ukoliko dođe do promene energizovanosti *FI* elementa, on poziva funkcije FLISR komponente.

Takođe, svaki element u XML dokumentu kao unutrašnji element sadrži *ConnectedElements* koji može, a ne mora, sadržati po više elemenata *Parent* i *Child*.

- *Parent* predstavlja element koji je predak posmatranog elementa (element od kojeg dolazi napajanje).
- *Child* je potomak posmatranog elementa (element do kojeg posmatrani element sprovodi električnu energiju).

U XML shemi se ne navode elementi tipa *Section*, već se oni programski generišu pri povezivanju čvorova grafa. Pri generisanju svakog novog objekta klase *Section*, uzima se u obzir vrednost ID atributa koja je navedena kao početna.

Pri učitavanju sheme iz XML dokumenta, čvorovi grafa (sadržaj XML dokumenta) se povezuju naspram vrednosti ID atributa za *Parent* i *Child* elemente. Potom se generiše matrica susedstva koja je neophodna za pozivanje funkcija algoritma za optimalno raspoređivanje elemenata mreže [1]. Algoritam kao rezultat vraća dvodimenzionalni niz sa vrednostima za x i y koordinate svih čvorova grafa. Program uzima samo x koordinate, a za y koordinate postavlja vrednosti odgovarajuće zadatoj vrednosti za *Level* u XML dokumentu. Nakon postavljanja čvorova grafa na svoje pozicije prolazi se kroz sve elemente grafa i povezuju se sekcijama tako što se rastavi veza *parent-child* i umetne novogenerisana sekcija kao *child* element gornjeg čvora i *parent* element donjeg čvora. Radi bolje preglednosti grafa, ceo prikaz se po x koordinati postavlja na centar ekrana.

Na svaku izmenu energizovanosti mreže, graf se dinamički boji u skladu sa energizacijom. U okviru ovog rešenja je implementirano i pomeranje elemenata ukoliko korisniku ne odgovara prikaz mreže.

Otvaranjem nekog od zatvorenih i energizovanih prekidača na shemi, svi elementi koji napajanje dobijaju preko tog prekidača ostaju deenergizovani. Čim dođe do prekida napajanja nekog dela mreže *FaultIndicator* koji je prvi ispod simuliranog kvara reaguje i poziva funkcije komponente za upravljanje kvarom [3] prosleđujući vrednost svog ID atributa.

Nakon završetka funkcija za upravljanje kvarom, veći deo deenergizovanih elemenata je ponovo napojen električnom energijom i samo je najmanji skup elemenata ostao izolovan da bi ekipa mogla da ih popravi ili zameni kada izađe na teren.

U okviru ovog rešenja datog problema, moguće je i učitati već generisanu shemu i prerasporediti elemente mreže na isti način kao i pri normalnom učitavanju iz XML dokumenta. Nakon učitavanja modela sheme mreže, iz modela se uklanjaju sekcije, brišu postavljene pozicije

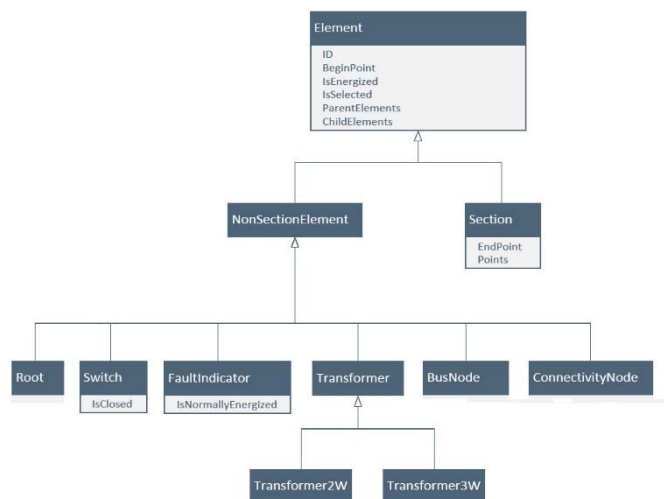
elemenata i ceo postupak sa algoritmom za raspored elemenata grafa je dalje isti.

Dijagram komponenti rešenja posmatranog problema ima četiri komponente:

- *Electrical elements model* je komponenta koja sadrži model domenskih podataka, odnosno klase električnih elemenata korišćenih u okviru ovog rešenja.
- *Schema drawer* komponenta predstavlja centralni deo rešenja. Ova komponenta je zadužena za učitavanje sheme iz XML dokumenta, pozivanje algoritma za optimalno raspoređivanje čvorova grafa, iscrtavanje grafa uz dinamičko menjanje boja elemenata u skladu sa energizovanošću elemenata mreže i pozivanje funkcija komponente za upravljanje kvarom ukoliko dođe do nelegitimne situacije na mreži.
- *FLISR function manager* komponenta sadrži implementaciju funkcija komponente za upravljanje kvarom koje se pozivaju od strane *schema drawer* komponente.
- Komponenta *Optimal graph layout placement algorithm* sadrži implementaciju algoritma za optimalno raspoređivanje čvorova grafa [1].

Dalje, Slika 3 prikazuje dijagram klasa korišćenih u okviru implementacije rešenja.

Kao što se na Slici 3 vidi, postoji jedanaest klasa: Klase *Element*, *NonSectionElement* i *Transformer* su apstraktne. Klasa *Element* sadrži attribute zajedničke za klase *Section* i sve ostale klase.



Slika 3 – Dijagram klasa rešenja

Atributi klase *Element* su:

- *ID* - Identifikator elementa
- *BeginPoint* - Koordinate za sekciju početne, a za ostale elemente jedine tačke koje određuju poziciju elementa na prikazu.
- *IsEnergized* - Logički tip podataka koji sadrži podatak o tome da li je element energizovan ili ne.
- *IsSelected* - Logički tip podataka koji sadrži podatak o tome da li je element selektovan ili ne.
- *ParentElements* - Kolekcija referenci ka elementima koji su nadređeni tom elementu u shemi.

- *ChildElements* - Kolekcija referenci ka elementima koji su podređeni tom elementu u shemi.

Klasa *Section*, pored atributa nasleđenih od klase *Element*, ima još i atribute *EndPoint* koji sadrži koordinate za krajnju tačku sekcije, kao i atribut *Points* koji predstavlja kolekciju svih tačaka sekcije (početne, krajnje i svih prelomnih tačaka).

Klasa *NonSectionElement* nema nikakve dodatne atribute u odnosu na klasu *Element*, ali ima neke dodatne metode potrebne elementima mreže koji predstavljaju čvorove grafa.

Root predstavlja početni element za svaku shemu mreže. Uvek je energizovan, ni jedan element mu nije nadređen (*parent*) i može da ima nula ili više podelemenata (*child elements*).

Switch predstavlja prekidački element mreže. Ima i dodatni atribut *IsClosed* koji je logičkog tipa i sadrži podatak o stanju prekidača (da li je zatvoren ili ne). Ukoliko je prekidač zatvoren i energizovan, elementi ispod njega imaju napajanje. U suprotnom je sve ispod prekidača deenergizovano.

FaultIndicator (FI) modeluje detektor kvara na mreži. Pored nasleđenih atributa, sadrži i atribut *IsNormallyEnergized* koji je logičkog tipa i kao vrednost ima podatak da li je FI u normalnom stanju energizovan. Ukoliko dođe do promene energizacije ovog elementa, on reaguje i poziva funkcije komponente za upravljanje kvarom.

Klase *BusNode* i *ConnectivityNode* nemaju dodatne atribute ni metode u odnosu na klasu *NonSectionElement*. Apstraktna klasa *Transformer* predstavlja transformator. Nju nasleđuju klase *Transformer2W* (dvonamotajni transformator) i *Transformer3W* (tronamotajni transformator). Ne proširuje osnovni model klase *NonSectionElement*.

6. ZAKLJUČAK

Da bi operater u kontrolnom centru elektrodistribucije mogao da upravlja i reaguje na promene na distributivnoj mreži električne energije, neophodno je da ima pregledan prikaz mreže koji mu u realnom vremenu prikazuje i pomaže u rešavanju problema nastalih na mreži.

Osnovni zadatak ovog rada jeste vizuelno optimalni prikaz grafa sheme elektroenergetske mreže i prikazivanje izvršena funkcija komponente za upravljanje kvarom.

7. LITERATURA

[1] N. Kovačev, I. Lendak, Algorithms for drawing weakly meshed distribution substation areas *IEEE SMC 2016 interantional conference on systems, man and cybernetics*, Budapest, October 9-12, 2016.

[2] MSDN, The MVVM Pattern, <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/hh848246.aspx>

[3] M. Stanojević, Servis za upravljanje kvarom u elektrodistributivnim mrežama, Master rad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2016.

Kratka biografija:



Igor Spremo rođen je 1991. godine u Novom Sadu gde i dalje živi. Gimanziju "Isidora Sekulić", prirodno-matematički smer, završava 2010. godine i upisuje Fakultet tehničkih nauka, smer Računarstvo i automatika, odsek za Računarske nauke i informatiku. Osnovne studije završava 2015. godine nakon čega upisuje master studije, smer Primenjeno softversko inženjerstvo.

ALGORITMI ZA KONTROLU TOKOVA REAKTIVNE SNAGE U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA**ALGORITHMS FOR REACTIVE POWER CONTROL IN DISTRIBUTION NETWORKS**Gordana Simić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu obrađena su tri postupka (algoritma) za centralizovano upravljanje statusima kondenzatorskih baterija (KB) u distributivnim mrežama (DM). Svaki od njih je baziran na nekom pravilu, na osnovu kog se daje prioritet KB pri uključenju/ isključenju. Cilj algoritama je regulacija tokova reaktivne snage u mreži, odnosno popravka faktora snage u tački napajanja DM. Prikazani algoritmi su verifikovani na test mreži za različite konfiguracije i raspodelu potrošnje. Osnovni cilj verifikacije je da se pokažu prednosti i mane primene algoritama na režim DM.

Abstract – This paper presents three methods (algorithms) for centralized capacitor (CB) control in distribution networks. Goal of these algorithms is to achieve a desired power factor at source point of distribution network, by manipulating available CB. The proposed approaches for choosing CB are based on heuristic rules. Algorithms were verified on a test network with different configurations and allocation of consumption. The network state, after applying three algorithms, were compared by using power flow study.

Ključne reči: distributivne mreže, reaktivna snaga, upravljanje kondenzatorskim baterijama, faktor snage

1. UVOD

Reaktivna snaga se ne može eliminisati, jer je ona potrebna za rad uređaja, ali se može kompenzovati i time rasteretiti DM. Redukcija prenosa nepotrebne reaktivne snage kroz sistem se postiže ciljanom proizvodnjom reaktivne snage u delovima distributivnog sistema. Rezultat kompenzacije reaktivne snage je smanjenje gubitaka u sistemu, popravka faktora snage, rasterećenje prenosnih i proizvodnih kapaciteta, itd. Iako se kompenzacijom reaktivne snage dominantno utiče na raspodelu tokova (bilans) reaktivnih snaga, uticaj na naponske prilike se ne može zanemariti [1]. Centralizovane procedure (algoritmi) za regulaciju tokova reaktivnih snaga (VAr Control) se mogu podeliti na dve grupe, realizovane na bazi: pravila [2,3] i modela mreže [4,5]. U ovom radu problem regulacije bilansa reaktivnih snaga rešava se primenom algoritama koji su realizovani na bazi pravila. Problem regulacije reaktivnih snaga realizuje se na osnovu različiti regulacionih resursa, pri čemu se za prenosne i distributivne mreže koriste različite procedure. U ovom radu problem je ograničen na regulaciju bilansa reaktivnih snaga u distributivnim mrežama (DM) putem otočnih kondenzatorskih baterija (KB).

NAPOMENA:

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

Optimalna kombinacija statusa KB određena je primenom algoritama koji su realizovani na bazi sledeći pravila:

- Lokacije KB;
- Merenja napona na mestu priključenja KB;
- Merenja reaktivne snage ispred mesta priključenja KB.

2. OSNOVNI POJMOVI

U elektroenergetskim sistemima reaktivna snaga je pretežno induktivna, jer su impedanse prenosne i distributivne mreže uglavnom induktivne. Posledica je vremensko kašnjenje struje za naponom u prolasku kroz nulu - fazni pomeraj, ugao φ . Za istu vrednost snage, porastom faznog pomeraja između prostoperiodičnih komponenti struje i napona rastu zahtevi za dodatne prenosne i proizvodne kapacitete. Pritom, porastom faznog pomeraja povećavaju se padovi napona i gubici aktivne snage.

2.1 Kompenzacija reaktivne snage

Jedna od najefikasnijih mera za postizanje efikasnijeg iskorišćenja elektroenergetskog sistema je kompenzacija reaktivne snage, odnosno eliminacija nepotrebnog prenosa reaktivne snage kroz sistem.

Ugao između struje i napona je fazni pomeraj (φ), dok se odnos između aktivne (P) i prividne snage (S) zove faktor snage:

$$P/S = \cos \varphi \quad (1)$$

Faktor snage blizak jedinici znači da je reaktivna snaga u odnosu na aktivnu mala, a ako je blizak nuli, onda je aktivna snaga mala u odnosu na reaktivnu snagu.

Ukoliko se razmatra potrošač čiji faktor snage ima vrednost $\cos \varphi_1$, a želi se da se na mestu njegovog napajanja vrednost faktora snage poveća na $\cos \varphi_2$, u sistem je potrebno insertovati reaktivnu snagu:

$$\Delta Q = Q_1 - Q_2 \quad (2)$$

gde je sa Q_1 naznačena reaktivna snaga pre povećanja faktora snage, a sa Q_2 reaktivna snaga posl e povećanja faktora snage.

Reaktivna snaga koja je potrebna da se za datu potrošnju, faktor snage promeni sa trenutne na željenu vrednost, može se odrediti na sledeći način:

$$\Delta Q = P_1 \cdot (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) \quad (3)$$

gde je sa φ_1 naznačena početna vrednost ugla faktora snage, sa φ_2 korigovana vrednost, a sa P_1 aktivna snaga.

2.2 Kondenzatorske baterije

Od posebnog interesa u ovom radu su KB [1] koje predstavljaju najveći izvor reaktivne snage u DM. Snage KB se kreću od nekoliko desetina ili stotina VAr pa do nekoliko MVar. Niski investicioni troškovi, niski troškovi

održavanja, mala izloženost kvarovima, te jednostavna ugradnja za relativno kratko vreme čini ih prikladnim za široku primenu u elektroenergetskom sistemu. Snaga otočne KB fiksnog kapaciteta, koja se predstavlja kao konstantna admitansa (susceptansa), zavisi samo od kvadrata napona, odnosno ne zavisi od promene reaktivne snage opterećenja.

3. POSTAVKA PROBLEMA

Potrebe DM za reaktivnom snagom obuhvataju potrebe priključenih potrošača i gubitke u samoj DM. Te potrebe se zadovoljavaju iz jednog ili više tipova izvora, među koje spadaju pre svega: prenosni sistem, sinhrona mašina vezane na DM, otočni KB i statički kompenzatori.

Posledice postojanja reaktivne komponente električne energije (snage) u DM, ni u kom slučaju nisu beznačajne. Naprotiv, prenos reaktivne snage kroz mrežu mogu imati veliki uticaj na osnovne tehničko-ekonomske pokazatelje rada sistema (ove se pre svega misli na napon u čvorovima sistema). U prvom redu, dolazi do smanjenja prenosnog kapaciteta aktivnih snaga elemenata elektroenergetskog sistema, kao i do povećanja gubitaka prenosa i padova napona. Dakle, reaktivna snaga opterećuje sve elemente preko kojih se transportuje. Dimenzionisanje transformatora, vodova i generatora se, između ostalog, vrši prema reaktivnoj snazi koju treba preneti, što znači da su za manji faktor snage potrebne veće investicije.

4. ALGORITMI ZA KONTROLU TOKOVA REAKTIVNE SNAGE

Kao rešenje izloženih problema, razmatraju se tri algoritma za proračun optimalnog statusa uključenosti KB. Za formiranje pravila u algoritmima, koriste se:

- lokacija KB,
- merenje napona na mestu KB,
- merenje reaktivne snage ispred mesta KB.

4.1 Matematički model problema

Matematički model za rešavanje razmatranog problema može da se napiše kao klasičan problem optimizacije sa svojom kriterijumskom funkcijom i ograničenjima tipa jednakosti i nejednakosti.

Cilj kriterijumske funkcije (KF) je da se minimizira razliku između trenutne i željene reaktivne snage (ΔQ) u tački napajanja DM:

$$KF = \min |\Delta Q - \sum Q_{KB}| \quad (4)$$

gde je sa ΔQ naznačena potrebna reaktivna snaga za koju će se ostvariti željena vrednost faktora snage (izrazi 1 i 2), a sa $\sum Q_{KB}$ suma reaktivnih snaga KB. Pritom, mogu da se prihvate rešenja (statusi uključenosti KB) za koja nije narušeno ni jedno od sledećih ograničenja:

- minimalna i maksimalna vrednost napona,
- maksimalna vrednost struje,
- ograničenje bespotrebnih manipulacija KB-jama.

U toku proračuna KF, prva dva ograničenja nisu obuhvaćena preko matematičkog modela, jer ne postoji proračun tokova snaga. U realnim DM, ova ograničenja, ne mogu da se zanemare, ona su uvek aktivna i obuhvaćena su relejnom zaštitom.

Ograničenje bespotrebnih manipulacija KB-jama obuhvaćeno je preko matematičkog modela. Ovo

ograničenje obezbeđuje se uvođenjem tzv. neutralne zone (eng. deadband) manipulisanja za svaku KB-ju iz razmatrane DM. Ovim se sprečavaju česte i nepotrebne manipulacije KB u realnom vremenu.

4.2 Opis algoritama

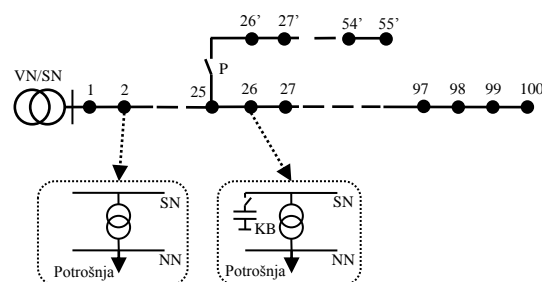
Prvi algoritam: odluke se donose na osnovu lokacije KB; pri uključenju prioritet imaju KB bliže izvoru napajanja, a pri isključenju KB koje su dalje od izvora napajanja.

Drugi algoritam: odluke se donose na osnovu merenja napona u tački priključenja KB; pri uključenju prioritet ima KB sa najnižim naponom na mestu priključenja, a pri isključenju je obrnuto.

Treći algoritam: odluke se donose na osnovu merenja reaktivne snage ispred tačke priključenja KB; pri uključenju se prvo bira KB sa najvišom izmerenom reaktivnom snagom, a pri isključenju obrnuto.

5. VERIFIKACIJA ALGORITAMA

Test DM se sastoji od 130 čvorova i 129 grana, slika 1. U svakom čvoru se nalazi po jedan Tr SN/NN. Vrednosti KB su odabrane na osnovu potrebne reaktivne snage za ovu DM i raspoređene su nasumično duž fidera. Problem izbora optimalnih vrednosti i lokacija KB, predstavlja predmet mnogih radova i istraživanja [6] i prevazilazi okvire ovoga rada. Na slici je prikazan primer čvora Tr SN/NN bez KB na primarnoj strani i primer čvora sa KB na primarnoj strani.



Slika 1 – Prikaz test distributivne mreže

Test DM je radijalnog tipa i predstavlja jedan izvod koji se grana u 25. čvoru. Grana sa manje čvorova ima prekidač P na početku, tako da postoji mogućnost da se test mreža razmatra kao jedan izvod koji se ne grana. Verifikacija se vrši međusobnim poređenjem rezultata tokova snaga nakon primene tri algoritma realizovana na bazi pravila. Osnovni cilj verifikacije je da se pokažu prednosti i mane primene algoritama na režim DM. Dodatna verifikacija izvršena je poređenje rezultata ta tri algoritma i rezultata koji su dobijeni na osnovu modela mreže (kriterijum minimalnih gubitaka aktivne snage) [7].

5.1 Tumačenje rezultata

Efekti primene tri predložena algoritma su pokazani na četiri primera prikazane test mreže, koja se razlikuju po:

- konfiguraciji mreže,
- raspodeli potrošnje,
- vrednostima KB i mestima u mreži na kojima su postavljene KB.

Svaki algoritam će na osnovu svojih pravila pokušati, promenom statusa uključenosti KB da postigne željeni faktor snage, $\cos\phi=1$.

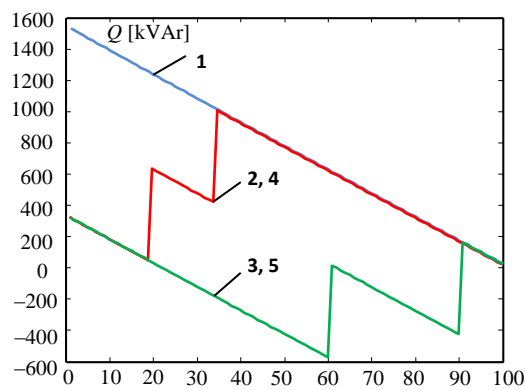
Primer 1

Test DM se posmatra kao jedan izvod koji se ne grana (otvoren je prekidač P) i mreža ima ravnomernu raspodelu potrošnje. Na raspolaganju je 5 KB od 600kVAr koje su u inicijalnom stanju isključene. U tabeli 1 su prikazane kombinacije statusa KB nakon primene tri algoritma i optimalna kombinacija prema kriterijumu minimalnih gubitaka aktivne snage. Prikazane su i vrednosti faktor snage i gubitaka aktivne snage u mreži za svaku kombinaciju. Lokacije KB predstavljene su brojem čvora.

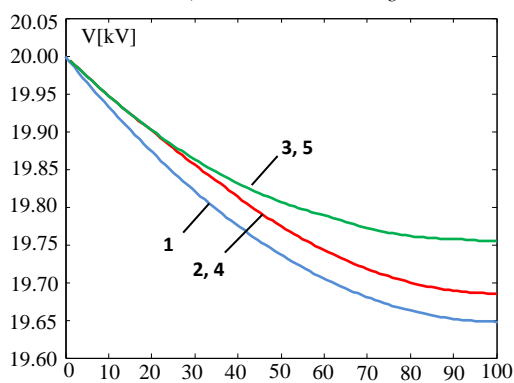
Tabela 1. *Primer 1: Izvod koji se ne grana, ravnomerno opterećen*

	Statusi KB					PF	P_g [kW]
	20	35	48	61	91		
1. Inicijalno stanje	off	off	off	off	off	0,80	34,65
2. Lokacija	on	on	off	off	off	0,98	23,94
3. Napon	off	off	off	on	on	0,98	16,99
4. Reaktivna snaga	on	on	off	off	off	0,98	23,94
5. Min gubici	off	off	off	on	on	0,98	16,99

Na slici 2a i 2b prikazani su tokovi reaktivnih snaga i naponski profil, respektivno.



a) Tokovi reaktivnih snaga



b) Naponski profili

Slika 2. *Režimi pre i posle primene algoritama*

Može se uočiti da se za razmatrani primer, izborom statusa KB na osnovu izmerenog napona, postižu najbolji efekti. Ova kombinacija optimalna i prema kriterijumu minimalne sume aktivnih gubitaka.

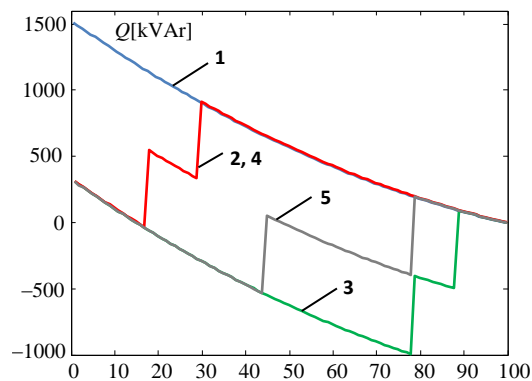
Primer 2

Konfiguracija test DM je ista kao u prethodnom primeru, razlika je u raspodeli potrošnje koja sada linearno opada sa udaljavanjem od korena DM. Ispod je prikazana tabela sa rezultatima i uporedni prikaz naponskog profila i toka reaktivne snage, za stanja koja se porede. Postavljeno je 5

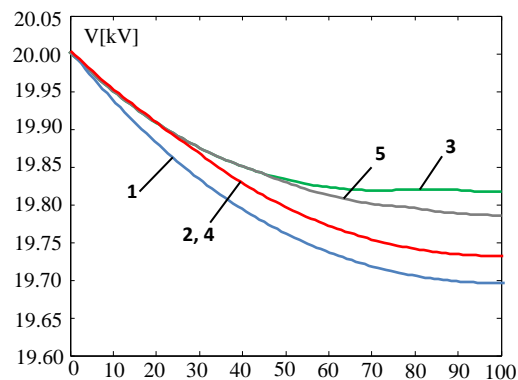
KB od 600kVAr koje su u inicijalnom stanju isključene

Tabela 2. *Primer 2: Izvod koji se ne grana, opterećenje opada*

	Statusi KB					PF	P_g [kW]
	18	30	45	79	89		
1. Inicijalno stanje	off	off	off	off	off	0,80	29,33
2. Lokacija	on	on	off	off	off	0,98	20,02
3. Napon	off	off	off	on	on	0,98	14,52
4. Reaktivna snaga	on	on	off	off	off	0,98	20,02
5. Min gubici	off	off	on	on	off	0,98	13,87



a) Tokovi reaktivnih snaga



b) Naponski profili

Slika 3 – *Režimi pre i posle primene algoritama*

I za ovaj primer najbolji efekat na režim mreže je postignut kada se izbor statusa KB realizuje na osnovu izmerenog napona. Međutim sada se primenom kriterijumu minimalne sume aktivnih gubitaka postižu najbolji rezultati - minimalni gubici. Razlog tome je raspodela potrošnje, koja linearno opada sa udaljavanjem od korena DM.

Primer 3

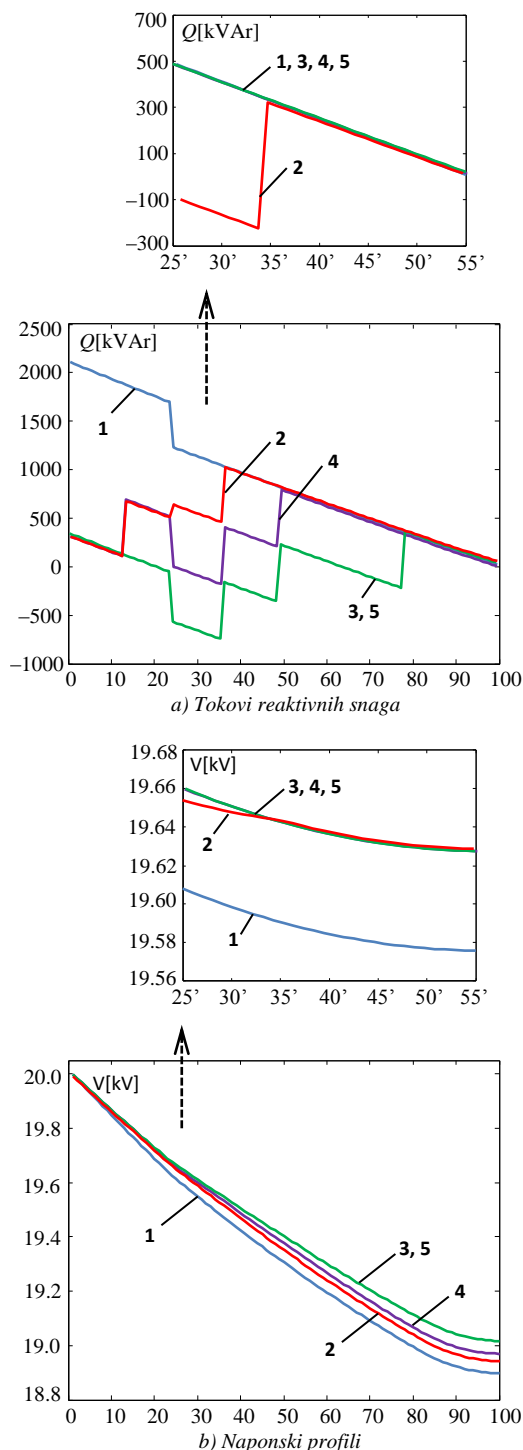
U ovom primeru test DM se posmatra kao jedan izvod koji se grana u 25. čvoru (zatvoren je prekidač P) i mreža ima ravnomernu raspodelu potrošnje.

Tabela 3 - *Primer 3: Izvod koji se grana, ravnomerno opterećen*

	Statusi KB						PF	P_g [kW]
	15	35'	38	45'	51	80		
1. Inic. stanje	off	off	off	off	off	off	0,80	261,7
2. Lokacija	on	on	on	off	off	off	0,99	228,9
3. Napon	off	off	on	off	on	on	0,99	205,0
4. Reakt snaga	on	off	on	off	on	off	0,99	221,2
5. Min gubici	off	off	on	off	on	on	0,99	205,0

Na raspolaganju je 6 KB od 600kVAr koje su raspoređene

duž izvoda i u inicijalnom stanju su isključene. U tabeli 3 su prikazane kombinacije statusa KB nakon tri algoritma i optimalna kombinacija prema kriterijumu minimalnih gubitaka aktivne snage. Na slikama 4a i 4b dat je prikaz tokova reaktivnih snaga i profila napona, respektivno.



Slika 4. Uporedni prikaz stanja pre i posle primene algoritama

Na osnovu ovog primera se može uočiti da se najlošiji rezultati dobijaju primenom algoritma koji je realizovan na bazi lokacije. Za razliku od njega, algoritmom baziranim na merenju reaktivne snage za uključenje se bira KB sa dužeg ogranka jer se na osnovu merenja zna da je taj deo mreže više opterećen reaktivnom snagom. Najbolji rezultati se dobijaju primenom algoritma baziranom na merenju napona.

6. ZAKLJUČAK

Prednost algoritama koji su realizovani na osnovu pravila, u odnosu na algoritme koji su realizovani na osnovu modela mreža, je što su oni predviđeni da se koriste i u mrežama koje nemaju dovoljno podataka o parametrima električnih veza, topologiji mreže, modelu potrošnje itd. Problem kod ovih algoritama je verifikacija postignutog efekta na režim sistema.

Poređenjem rezultata tokova snaga, nakon primene tri razmatrana algoritma, za sve razmatrane primere, kvantifikovana je prednost primene algoritma kod kojeg se odluke donose na osnovu merenja napona. Prednost se ogleda kroz manju preuzetu reaktivnu snagu iz prenosne mreže, bolji naponski profil i najmanje gubitke aktivne snage. U većini primera rezultati primene algoritma kod kojeg se odluke donose na osnovu merenja napona jednaki su rezultatima koji se dobijaju primenom kriterijuma minimalnih gubitaka aktivne snage.

Kroz primere pokazan je značaj postojanja lokalnih merenja za kreiranje pravila na osnovu kojih se upravlja KB.

Uvažavanjem novih informacija (npr. merenja iz sistema, korisnička iskustva) i kombinovanjem pravila i ograničenja, u ovom radu razmatrani algoritmi, realizovani na osnovu pravila, mogu dodatno da se unaprede.

7. LITERATURA

- [1] G.Švenda: *Osnovi elektroenergetike: Matematički modeli i proračuni*; FTN Izdavaštvo, Novi Sad, 2007.
- [2] T.B.Girotti, N.B.Tweed, N.R.Houster: Real-time VAr Control by SCADA; *IEEE Trans. on PS*, Vol.5, No.1, Feb. 1990.
- [3] S.Rahimi, M.Marinelli, F.Silvestro: Evaluation of requirements for Volt/Var Control and Optimization function in Distribution Management Systems; *2nd IEEE ENER-GYCON Conference & Exhibition*, 9-12 Sept. 2012.
- [4] Y.Y.Hsu, H.C.Kuo: Dispatch of capacitors on distribution system using dynamic programming; *IEEE Proceedings-C*, Vol. 140, No. 6, Nov. 1993.
- [5] H.Mori, Y.Komatsu: A Parallel Meta-heuristic Method for Distribution Network Loss Reduction with Network Reconfiguration and Capacitor Control; *Transmission & Distribution Conference & Exposition: Asia and Pacific, IEEE*, December 2009.
- [6] B.Milošević, M.Begović: Capacitor Placement for Conservative Voltage Reduction on Distribution Feeders; *IEEE Trans. on PWRD*, Vol. 19, No. 3, July 2004.
- [7] B.Yang, J.Skliutas, L.Freeman, D.Guinn, R.Cheney: Optimal Control of Capacitors on Distribution Feeders; *Power and Energy Society General Meeting, IEEE*, 24-29 July 2011.

Kratka biografija:



Gordana Simić rođena je u Mrkonjić Gradu 1992. god. Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu upisala je školske 2011/2012, odsek energetika, elektronika i telekomunikacije. Diplomski - master rad iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – smer Elektroenergetski sistemi odbranila je 2017. god.

**KVALITET ELEKTRIČNE ENERGIJE I K FAKTOR NA 110 kV STRANI
ENERGETSKOG TRANSFORMATORA****POWER QUALITY AND K FACTOR AT 110 kV SIDE OF POWER TRANSFORMER**Ivana Radišić, Vladimir Katić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu predstavljeno je merenje i analiza kvaliteta električne energije i prisustva viših harmonika napona i struje na 110 kV strani energetskih transformatora, kao i provera i proračun K faktora. Dat je uopšten opis energetskih transformatora 110/20/10.5 kV, odgovarajući standardi, i zatim su prikazani rezultati merenja, njihova analiza i upoređivanje sa datim standardima, kao i provera da li je visina K faktora takva da zahteva smanjenje angažovane snage transformatora.

Abstract – This paper describes measurements and analysis of power quality and the presence of voltage and current harmonics at 110 kV side of power transformers, as well as calculation of K factor. A general description of the 110/20/10.5 kV power transformers is given, adequate standards, and then the results of measurements, analysis and comparison with the given standards and whether the height of K factor requires the reduction of engaged power of transformer.

Cljučne reči: Kvalitet električne energije, energetski transformator 110/20/10.5 kV, Viši harmonici, K faktor

1. UVOD

Postojanje viših harmonika može dovesti do povišenih gubitaka u distributivnom transformatoru, što dalje utiče na povećanje temperature i može (potencijalno) da dovede do skraćenja životnog veka transformatora [1]. Da bi se ovaj negativan efekat predupredio, uvodi se pojam k-faktora, odnosno vrednosti sa kojima se množi srednja snaga gubitaka i na bazi kog se po potrebi vrši redukcija nominalnih vrednosti snage transformatora (engl. *derating*). Za poznate vrednosti viših harmonika struje, mogu se izračunati nivoi dodatnih gubitaka i utvrditi stepen ugroženosti transformatora.

Cilj rada jeste uočavanje prisustva i određivanje nivoa zastupljenosti viših harmonika u visokonaponskoj distributivnoj mreži, te utvrđivanje njihovog njihovog uticaja na kvalitet električne energije, odnosno na rad distributivnog transformatora kroz izračunavanje njegovog k-faktora. U tom cilju, izvršen je niz merenja kvaliteta električne energije pomoću mrežnog analizatora na 110 kV strani distributivnog transformatora distributivni transformator 110/20/10,5 kV, a dobijeni rezultati su analizirani i predstavljeni.

NAPOMENA:

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

**2. OPŠTE KARAKTERISTIKE ENERGETSKIH
TRANSFORMATORA 110/20/10.5 KV**

1. Transformator je tronamotajni, naznačenih napona 110 kV, 21 kV i 10,5 kV, najčešće sprege YN yn0 d5;
2. Nazivne snage za namote su $S_{VN} = 31,5$ MVA, $S_{SN} = 31,5$ MVA, $S_{NN} = 10,5$ MVA;
3. Izolacija predstavlja kombinaciju celuloze (papir, prešpan) i izolacionog ulja;
4. Transformator je sa regulacionom preklopkom u koracima najčešće po 1,6% nazivnog napona tj. ona omogućava vrednosti napona $110 \pm 10 \times 1,6\% / 21 / 10,5$ kV. Ukupan broj koraka je 21 (srednji položaj deset koraka) [2];
5. Način hlađenja kod ovih uljnih transformatora je najčešće ONAN/ONAF (60/100%). Prirodno hlađenje je do snage od 31,5 MVA tereta, a nakon toga se uključuju ventilatori [3];
6. Magnetsko kolo se gradi od visokokvalitetnih hladnovaljanih orijentisanih transformatorskih čeličnih limova malih specifičnih gubitaka;
7. Namotaji se prave od okruglog, profilnog ili trakastog provodnika od bakra ili aluminijuma, materijala koji imaju mali električni otpor, standardnog kvaliteta i provodljivosti, kod ovog tipa transformatora najčešće izolovanog višeslojnim opletom visokokvalitetnog papira;
8. Transformatorsko ulje služi kao rashladni i izolacioni medij, a njegove karakteristike su u skladu sa IEC 60296. Izolaciono (transformatorsko) ulje, osim poboljšanja izolacionih svojstava, obezbeđuje i hlađenje transformatora, jer zbog svog velikog specifičnog toplotnog kapaciteta mnogo bolje odvodi toplotu sa magnetskog kola i namotaja na sud i rashladni sistem [3];
9. Zaštitni uređaji štite transformator od oštećenja uzrokovanih unutrašnjim kvarovima koji se manifestuju preko električnog luka odnosno pregrevanja ulja ili namota i to su Buholc relej, zaštitni relej sklopke, kontakti termometar, termoslika, konzervator, uljokazi i dr.

**3. DOZVOLJENI NIVOI VIŠIH HARMONIKA
NAPONA I STRUJE U EES-U**

Podaci o dozvoljenim nivoima za pojedine harmonike napona i struje i ukupnu harmonijsku distorziju napona i struje za niskonaponske (NN), sredjenaponske (SN) i visokonaponske (VN) mreže po međunarodnom standardu IEC 1000-2-2 kao i po SRPS EN 50160 [4] su

dati u tabelama 1 i 2 koji se u narednim glavama upoređuju sa izmerenim vrednostima.

Tabela 1. *Maksimalne dozvoljene vrednosti pojedinih harmonika napona [4]*

Neparni harmonici			Neparni i deljivi sa 3			Parni harmonici		
Red	Procenat napona [%]		Red	Procenat napona [%]		Red	Procenat napona [%]	
(h)	NN i SN	VN	(h)	NN i SN	VN	(h)	NN i SN	VN
5	6	2	3	5	2	2	2	2
7	5	2	9	1.5	1	4	1	1
11	3.5	1.5	15	0.3	0.3	6	0.5	0.5
13	3	1.5	21	0.3	0.2	8	0.5	0.5
17	2	1				10	0.2	0.2
19	1.5	1	>21	0.2	0.2	12	0.2	0.2
23	1.5	0.7						
25	1.5	0.7				>12	0.2	0.2
>25	0.2+32.5/h	0.2+12.5/h						

Ukupna dozvoljena distorzija napona, za mreže NN i SN, THDU = 8%, i
Ukupna dozvoljena distorzija napona, za mreže VN, THDU = 3%

Tabela 2. *Maksimalne dozvoljene vrednosti pojedinih harmonika struje [4]*

Neparni harmonici			Neparni i deljivi sa 3			Parni harmonici		
Red	Procenat struje [%]		Red	Procenat struje [%]		Red	Procenat struje [%]	
(h)	NN i SN	VN	(h)	NN i SN	VN	(h)	NN i SN	VN
5	2	6	3	16.6	7.5	2	10	5
7	8.5	5.1	9	2.2	2.2	4	2.5	3.8
11	4.3	2.9	15	0.6	0.8	6	1	1.5
13	3	2.2	21	0.4	0.4	8	0.8	0.5
17	2.7	1.8				10	0.8	0.5
19	1.9	1.7	>21	0.3	0.4	12	0.4	0.5
23	1.6	1.1						
25	1.6	1.1				>12	0.3	0.5
>25	0.2+0.8(25/h)	0.4						

Ukupna dozvoljena distorzija struje, za mreže NN i SN, THDI = 20%, i
Ukupna dozvoljena distorzija struje, za mreže VN, THDI = 12%

4. DODATNI GUBICI SNAGE USLED OPTEREĆENJA I K FAKTORI ZA SMANJENJE SNAGE TRANSFORMATORA

Gubici opterećenja u transformatoru se sastoje od osnovnih gubitaka na omskoj otpornosti transformatora (I^2R) i dodatnih gubitaka opterećenja, koji se javljaju u namotajima transformatora i drugim provodnim delovima konstrukcije (sud, oklop i ostalo). Dodatni gubici se značajno povećavaju sa porastom frekvencije struje. Tako su za istu efektivnu vrednost struje ovi gubici veći što je učešće harmonika struje veće i što su harmonici višeg reda. To znači da će i ukupni gubici opterećenja biti veći, pa dozvoljena vrednost opterećenja po struji i snazi transformatora mora biti manja od navedenih nominalnih vrednosti za taj transformator, ukoliko su vrednosti viših harmonika struje iznad dozvoljenih [1,4].

Gubici opterećenja se dakle sastoje od omskih gubitaka (I^2R), gubitaka zbog vrtložnih struja i gubitaka u konstrukcionim delovima zbog rasutog fluksa, tj:

$$P_{LL} = I^2 \cdot R_0 + P_{EC} + P_{SL} \quad (1)$$

P_{EC} - gubici zbog vrtložnih struja koji postoje kada protiče naizmenična struja („Eddy current losses”)

P_{SL} - gubici u konstrukciji transformatora zbog rasutog fluksa („Stray losses”) [4].

Ukupni dodatni gubici opterećenja u transformatoru se određuju na osnovu izmerenih vrednosti ukupnih gubitaka opterećenja (P_{LL-R}) iz ogleđa kratkog spoja, koji se sprovodi sa nominalnom strujom (I_{1n}) osnovne frekvencije mreže u kojoj će transformator raditi [4]:

$$P_{LLd-R} = P_{EC-R} + P_{SL-R} = P_{LL-R} - I_R^2 \cdot R_0 \quad (2)$$

Dodatni gubici opterećenja se menjaju i sa promenom frekvencije struje koja protiče kroz namotaje transformatora. Tako su gubici u namotajima zbog vrtložnih struja srazmerni kvadratu struje i kvadratu frekvencije. Pri proticanju struje koja, pored osnovnog, sadrži i više harmonike reda $h=2,3,\dots,h_{max}$, gubici P_{EC} su dati izrazom [4]:

$$P_{EC} = P_{EC-R} \cdot \sum_{h=1}^{h=h_{max}} \left(\frac{I_h}{I_R}\right)^2 \cdot h^2 \quad (3)$$

Gubici u sudu i konstruktivnim delovima transformatora zbog polja rasipanja su srazmerni frekvenciji i kvadratu struje, tj. njihova zavisnost se prikazuje pomoću izraza:

$$P_{SL} = P_{SL-R} \cdot \sum_{h=1}^{h=h_{max}} (I_h/I_R)^2 \cdot h \quad (4)$$

K-faktor je jednak vrednosti povećanja gubitaka zbog vrtložnih struja u namotajima transformatora, u odnosu na vrednost tih dodatnih gubitaka pri nominalnoj struji (čisto) osnovnog harmonika, pa se definiše kao faktor povećanja gubitaka usled vrtložnih struja [4]:

$$K_{EC} = \frac{P_{EC}}{P_{EC-R}} = \sum_{h=1}^{h \rightarrow \infty} \left(\frac{I_h}{I_R}\right)^2 \cdot h^2 \quad (5)$$

Na sličan način se definiše i faktor povećanja dodatnih gubitaka u sudu i konstruktivnim delovima zbog polja rasipanja:

$$K_{SL} = \frac{P_{SL}}{P_{SL-R}} = \sum_{h=1}^{h \rightarrow \infty} \left(\frac{I_h}{I_R}\right)^2 \cdot h \quad (6)$$

gde su P_{SL-R} gubici u sudu i konstruktivnim delovima zbog polja rasipanja pri nominalnoj struji (čisto) osnovnog harmonika [4].

Za tako sračunate vrednosti ukupnih dodatnih gubitaka opterećenja određene su odgovarajuće smanjene (redukovane) prenosne snage transformatora u procentima nominalne snage transformatora sa vrednostima pojedinih harmonika struje po formuli [4]:

$$(S_T/S_{T-R})(\%) = 100 \sqrt{\frac{100+P_{EC-R}+P_{SL-R}}{100+P_{EC}+P_{SL}}} \quad (7)$$

5. MERENJE KVALITETA ELEKTRIČNE ENERGIJE I MERNA OPREMA

Viši harmonici postoje u savremenim elektroenergetskim sistemima, pa oprema i uređaji moraju biti otporni na njihov određeni nivo (Tabela 1 i 2). Ipak, ovaj problem se ne sme zanemarivati, pa je izuzetno važno stalno pratiti, odnosno meriti njihov nivo. U ovom radu je sprovedeno merenje viših harmonika i oni su analizirani kako bi se utvrdilo njihovo prisustvo, odnosno odredilo da li je njihov nivo u prihvatljivim opsezima i dozvoljenim granicama, te kako i u kojoj meri mogu uticati na rad samog transformatora.

6. OPIS MERNIH MESTA

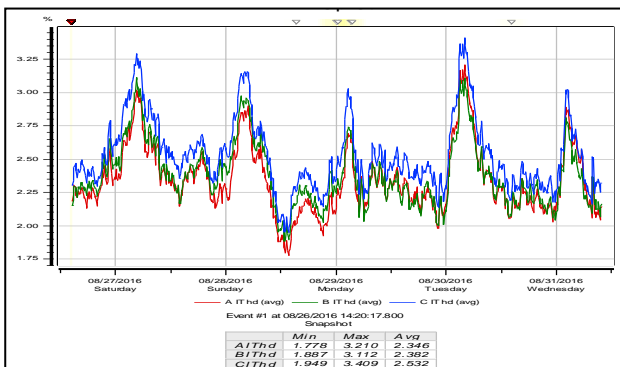
Merenja su izvršena na trafostanicama 110/20/10.5 kV u Zrenjaninu (TS „Zrenjanin 3”) i Somboru (TS „Sombor 1”) nakon njihove rekonstrukcije. Prvi transformator bio je opterećen ispod polovine svoje nominalne snage, dok je drugi nosio opterećenje cele trafostanice. Merenja su vršena sa profesionalnim mrežnim analizatorom Power Guide 4400 proizvođača Dranetz. Mrežni analizator je postavljen na ormare trafo polja 110 kV na strani ka zaštitnim uređajima, tj. posle strujnih mernih transformatora (prenosnog odnosa 200A/1A) i naponskih mernih transformatora (prenosnog odnosa 110kV/100V) u trafo polju. Izvršeno je indirektno merenje sa unošenjem prenosnih odnosa ovih mernih transformatora pri priključivanju strujnih klešta i naponskih priključaka na odgovarajuće klemne.

7. REZULTATI MERENJA I NJIHOVA ANALIZA

7.1 Merno mesto 1 - TS 110/20/10.5 kV „Zrenjanin 3“

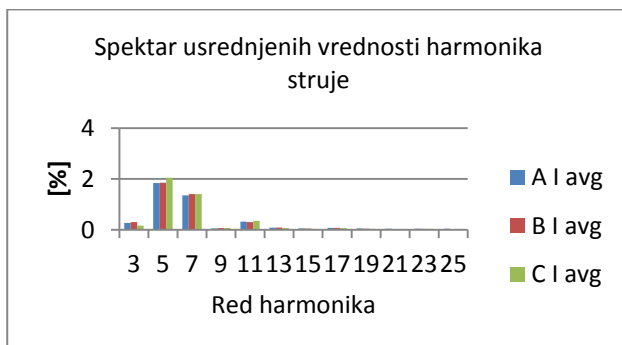
Mrežni analizator je postavljen da vrši snimanje sa vremenom odbiranja podešenim na 10 minuta u periodu od 6 dana, to jest od 26.08.2016. god. u 14:20h do 31.08.2016. god. u 10:00 h.

Na slici 1 je prikazan THD struje koji se kreće u granicama od 0,77% do 3,4% što je manje od dozvoljenih vrednosti datih u tabeli 2.



Slika 1. THD struje

Na slici 2 se nalazi spektar usrednjenih vrednosti neparnih harmonika struje od 3. do 25. za sve tri faze što je značajno ispod dozvoljenih granica datih u tabeli 2 za pojedinačne harmonike.



Slika 2. Spektar usrednjenih vrednosti harmonika struje

Podaci za vrednosti snaga korištenih u nastavku su uzeti iz ispitnog lista ovog transformatora. Uzete su vrednosti

pri temperaturi od 75°C i iznose $P_{LL-R} = 164927 W$ i $I^2 R_0 = 111646 W$. Na osnovu izraza (1) do (4), za ukupne dodatne gubitke snage usled opterećenja dobija se:

$$P_{LLd-R} = P_{EC-R} + P_{SL-R} = P_{LL-R} - I_R^2 \cdot R_0 = 52281 W \quad (8)$$

Zatim su u izraze (5) i (6) unete izmerene vrednosti neparnih harmonika struje do 49-tog i izračunate vrednosti faktora povećanja gubitaka usled vrtložnih struja i gubitaka u sudu i konstruktivnim delovima usled polja rasipanja:

$$K_{EC} = 1.0219 \quad (9)$$

$$K_{SL} = 1.00337 \quad (10)$$

Kako je $P_{LLd-R} = 52.281 W$ što iznosi približno 47% omskih gubitaka i uzevši u obzir da je udeo gubitaka usled vrtložnih struja 33% ukupnih dodatnih gubitaka [4], za procentualni udeo P_{LLd} se dobija:

$$P_{EC-R} = 33\% P_{LLd-R} = 0.33 \cdot 0.47 \cdot 111646 = 17316.2 W \quad (11)$$

$$P_{SL-R} = 67\% P_{LLd-R} = 0.67 \cdot 0.47 \cdot 111646 = 35157.3 W \quad (12)$$

$$P_{EC} = P_{EC-R} \cdot K_{EC} = 15.51 \cdot 1.0219 = 15.849 \% \quad (13)$$

$$P_{SL} = P_{SL-R} \cdot K_{SL} = 31.49 \cdot 1.00337 = 31.596 \% \quad (14)$$

$$P_{LLd} = P_{EC} + P_{SL} = 47.445 \% \quad (15)$$

Dobijena vrednost je uvećana za 47,445% - 47%=0.445% od procentualnog udela ukupnih dodatnih gubitaka u omskim gubicima (P_{LLd-R}), koji je dat u ispitnom listu transformatora. Sada se pomoću izraza (7) može izračunati smanjena prenosna snaga transformatora kao:

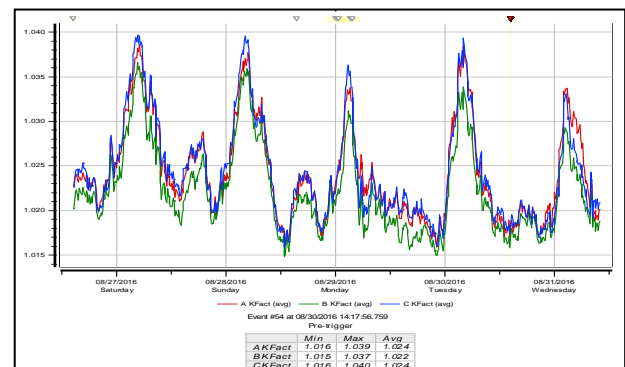
$$(S_T/S_{T-R})(\%) = 100 \sqrt{\frac{100+P_{EC-R}+P_{SL-R}}{100+P_{EC}+P_{SL}}} = 99.848 \% \quad (16)$$

Vidi se da je potrebno smanjenje od 0.152% što je zanemarivo mala vrednost. Kao što je ranije napomenuto, da je merenjem utvrđeno značajno niža vrednost harmonika struje od dozvoljenih granice, a kako ni opterećenje transformatora nije potpuno, ovako dobijene vrednosti su očekivane.

K faktor se može izračunati i na sledeći način:

$$K = \frac{\sum_{h=1}^{\infty} h^2 \cdot (I_h/I_1)^2}{\sum_{h=1}^{\infty} (I_h/I_1)^2} = \frac{1.0219}{1.00057678} = 1.021 \quad (17)$$

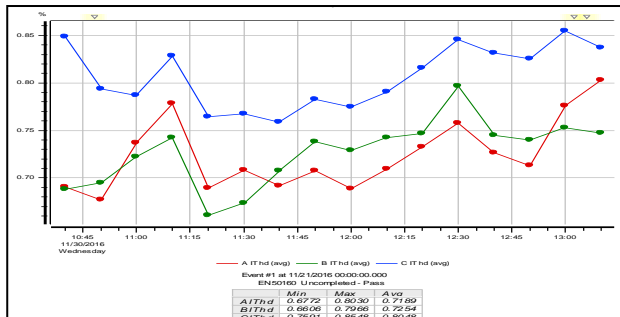
Ako se ovaj rezultat uporedi sa vrednostima K faktora, koje je generisao sam mrežni analizator (slika 3), može se uočiti da je on u opsegu izmerenih veličina (od 1,015 do 1,04). To takođe govori da smanjenje snage nije neophodno.



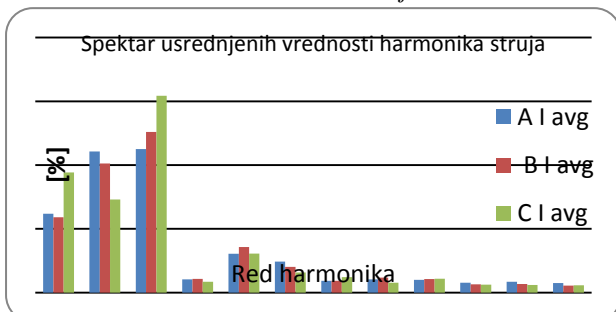
Slika 3. K faktor generisan od strane mrežnog analizatora

7.2 Merno mesto 2 - TS 110/20/10.5 kV „Sombor 1“

Mrežni analizator postavljen je da vrši snimanje sa vremenom odbiranja podešenim na 10 min. 30.11.2016. god. od 10:20h do 13:20h. Na slikama 4 i 5 prikazan je dijagram promene THD struje i spektar neparnih harmonika struje do 25-tog. Može se uočiti da nisu prekoračene dozvoljene granice iz Tabele 2, već da su vrednosti i višestruko manje.



Slika 4. THD struje



Slika 5. Spektar usrednjenih vrednosti harmonika struje

Podaci za vrednosti snaga korištenih u nastavku su uzeti iz ispitnog lista ovog transformatora. Uzete su vrednosti pri temperaturi od 75°C i iznose $P_{LL-R} = 181483 W$ i $I^2 R_0 = 149714 W$, dok su korištene formule uzete iz 4. poglavlja. Sad se za P_{LLd} dobija:

$$P_{LLd-R} = P_{EC-R} + P_{SL-R} = P_{LL-R} - I_R^2 \cdot R_0 = 31769 W \quad (18)$$

$$K_{EC} = 1.00313 \quad (19)$$

$$K_{SL} = 1.00035 \quad (20)$$

$$P_{EC-R} = 33\% P_{LLd-R} = 0.33 \cdot 0.21 \cdot 149714 = 10375.1 W \quad (21)$$

$$P_{SL-R} = 67\% P_{LLd-R} = 0.67 \cdot 0.21 \cdot 149714 = 21064.7 W \quad (22)$$

$$P_{EC} = P_{EC-R} \cdot K_{EC} = 6.93 \cdot 1.00313 = 6.951 \% \quad (23)$$

$$P_{SL} = P_{SL-R} \cdot K_{SL} = 14.07 \cdot 1.00035 = 14.074 \% \quad (24)$$

$$P_{LLd} = P_{EC} + P_{SL} = 21.025 \% \quad (25)$$

što je za 0.025 % veće od procentualnog udela ukupnih dodatnih gubitaka u omskim gubicima, koji je dat u ispitnom listu transformatora. Tada smanjena prenosna snaga transformatora iznosi:

$$(S_T/S_{T-R})(\%) = 100 \sqrt{\frac{100+P_{EC-R}+P_{SL-R}}{100+P_{EC}+P_{SL}}} = 99.989 \% \quad (26)$$

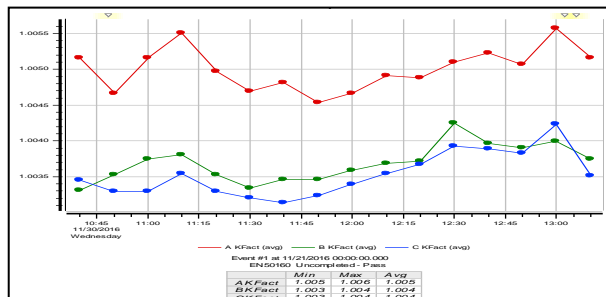
Vidi se da je potrebno smanjenje 0.0107% što je zanemarivo mala vrednost.

K faktor se može izračunati, slično kao u (17), pa se dobija:

$$K = \frac{\sum_{h=1}^{\infty} h^2 \cdot (I_h/I_1)^2}{\sum_{h=1}^{\infty} (I_h/I_1)^2} = \frac{1.00313}{1.00005328} = 1.003076 \quad (27)$$

Ako se ova vrednost uporedi sa vrednostima K faktora, koje je generisao sam mrežni analizator (slika 6), vidi se da je unutar izmerenog opsega (u granicama od 1.003 do

1.0056), što takođe govori da smanjenje snage nije potrebno.



Slika 6. K faktor generisan od strane mrežnog analizatora

8. ZAKLJUČAK

Dobijeni rezultati merenja i analize pokazuju da pri opterećenju transformatora THD napona i struja na 110 kV strani imaju znatno manje vrednosti od dozvoljenih za visokonaponske mreže, kao i da vrednosti pojedinačnih neparnih harmonika ne prelaze granične dozvoljene vrednosti. Prilikom merenja prvi transformator je bio opterećen ispod polovine svoje nominalne struje, dok je drugi nosio opterećenje cele trafostanice. Proračun K faktora je izvršen na dva različita načina i oba proračuna pokazuju njegove izuzetno male vrednosti, odnosno da nije potrebno smanjenje angažovane snage transformatora.

9. 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] Zoran Danić i dr., „Podloge za transformatorske stanice 110/20 kV Elektrovojvodine“, Elektrovojvodina d.o.o., Novi Sad, 2015
- [3] Končar-Distributivni i specijalni transformatori d.d., „Uputstva za rad i održavanje“, Zagreb, 2016
- [4] Miloje M. Kostić, „Kompenzacija reaktivne energije i viši harmonici u električnim mrežama“, Elektrotehnički institut Nikola Tesla, Beograd, 2014.
- [5] A. Gupta, R. Singh, „Computation of transformer losses under the effects of non-sinusoidal currents“, Advanced Computing: An International Journal, Vol.2, No.6, Nov.2011, pp.91-104.

Kratka biografija:



Ivana Radišić rođena je u Zrenjaninu 1992. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Energetska elektronika i električne mašine odbranila 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 elektronika i pretvarače. Oblasti interesovanja su energetska elektronika, obnovljivi izvori električne energije, električna vozila i kvalitet električne energije.

POREĐENJE ALGORITAMA ZA RASPOREĐIVANJE PORUKA RAZLIČITIH PRIORITETA NA APLIKATIVNOM NIVOU**COMPARISON OF ALGORITHMS FOR SCHEDULING MESSAGES OF DIFFERENT PRIORITIES IN THE APPLICATION LAYER**Leon Serenčeš, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratki sadržaj – U radu je opisano više algoritama za raspoređivanje poruka različitih prioriteta i njihovo poređenje sa akcentom na obezbeđivanje kvaliteta usluge unutar replikacione infrastrukture jednog realnog distribuiranog sistema. Implementirani su algoritmi unutar već postojeće programske podrške distribuiranog sistema, izvršena su merenja i prodiskutovani rezultati.

Abstract – This paper describes multiple algorithms for scheduling messages of multiple priorities and their comparison, with an emphasis on providing quality of service in the replication infrastructure of a distributed system. The algorithms are implemented within already existing software for a distributed system, their performances are measured and the results are discussed.

Кључне речи: algoritmi za raspoređivanje, kvalitet usluge, distribuirani sistemi.

1. UVOD

U složenim distribuiranim sistemima neophodna je posebna programska podrška specijalizovana za razmenu poruka između udaljenih procesa koji učestvuju u radu sistema. Postoji mogućnost da ukupna količina podataka unutar poruka nadmaši mogući protok između udaljenih računara sistema. Ovo predstavlja realan problem u sistemima za upravljanje nad kritičnim infrastrukturama, gde je neophodno da određeni podaci budu pravovremeno isporučeni radi prihvatljivog funkcionisanja sistema u realnom vremenu, a što ne može da se garantuje usled ukupnog obima podataka u prenosu.

Zato je poželjno imati rešenje koje može da garantuje određen kvalitet usluge (pravovremeni prenos) prioritarnim podacima u distribuiranom sistemu. U radu se razmatra mogućnost korišćenja različitih algoritama za raspoređivanje poruka na aplikativnom nivou unutar distribuiranog sistema.

Razmotreno je nekoliko algoritama ovog tipa, njihove prednosti i mane. Implementirana je logika za raspoređivanje poruka različitih prioriteta na aplikativnom nivou unutar programske infrastrukture za razmenjivanje poruka, i razvijena je testna aplikacija za merenje performanse programske infrastrukture za razmenjivanje poruka koja primenjuje algoritam za raspoređivanje poruka.

NAPOMENA:

Ovaj rad je proistekao iz master rada čiji mentor je bio dr Branislav Atlagić, docent

2. ALGORITMI RASPOREĐIVANJA

Kako se razvijala internet komunikacija, uočene su vrste podataka podložne ograničenjima realnog vremena, na primer zvučni i video podaci. Ako se sav saobraćaj tretira na bazi FIFO (*First in, first out*) metoda, performanse i pravilno funkcionisanje aplikacija koje koriste takve podatke mogu biti značajno degradirane, ili čak i ugrožene, ako takvi podaci nisu pravovremeno isporučeni usled preopterećenosti komunikacione mreže. Primetila se potreba da se takvi podaci tretiraju preferencijalno. Ali čak i bez postojanja podataka sa vremenskim ograničenjima, može biti poželjno da se svakom učesniku u komunikaciji obezbedi tačno određen deo komunikacionog protoka.

Da bi se postigli ovakvi ciljevi, koristi se osnovni mehanizam raspoređivanja, koji određuje kako su prioritizovani paketi u mrežnom saobraćaju. Da bi se odredilo kako je najbolje slati podatke, razvijeni su algoritmi za raspoređivanje paketa tj. poruka. Primenom ovih algoritama se može doći do poželjnijeg tretiranja visokoprioritetnog saobraćaja.

Algoritam za raspoređivanje svrstava saobraćaj u više klasa, pri čemu za svaku od njih postoji red gde se smeštaju paketi te klase. Najčešće imamo jednu klasu za svaki od definisanih prioriteta paketa. Klasa kojoj pripada paket utiče na odluku o tome kada će paket biti poslat. Algoritme koji koriste ovaj princip nazivamo klasnim algoritmima. U implementaciji ovih algoritama po pravilu postoji red za svaki mogući prioritet paketa, u koji se smeštaju odgovarajući paketi kako pristignu raspoređivaču.

2.1. Prioritetno raspoređivanje

Najjednostavniji klasni algoritam je prioritetno raspoređivanje (*Priority Queueing*). Algoritam radi tako što uvek pogleda red najprioritetnijih paketa, i šalje paket iz tog reda ako on postoji. Ako je najprioritetniji red prazan, onda proveriti da li postoji paket u redu sledećeg najvećeg prioriteta, i šalje paket iz tog reda, ako on postoji. Postupak se ponavlja, proveravajući redove sve nižih prioriteta, sve dok se ne nađe paket da se pošalje preko komunikacione mreže.

Ovaj jednostavni algoritam garantuje pravovremeno isporučivanje podataka visokog prioriteta, naravno pod uslovom da postoji dovoljni protok za mrežni saobraćaj. Ipak, primena ovog algoritma može da uzrokuje potpuno zaustavljanja saobraćaja nižeg prioriteta, ukoliko visoko prioritetni saobraćaj potpuno zauzme komunikacioni kanal, jer se redovi nižeg prioriteta opslužuju samo ako su redovi viših prioriteta prazni.

2.2. Pravedno raspoređivanje

Round Robin (RR), poznat i kao *Fair Queueing* (FQ) raspoređivač opslužuje redove u krug, po redosledu prioriteta, skidajući jedan paket sa vrha svakog reda. Ovim postupkom se može pravedno dodeliti jednak udeo protoka svakom postojećem prioritetu saobraćaja, pod uslovom da su svi paketi jednake veličine. Ako je neki red prazan, protok namenjen za taj red će biti raspoređen redovima koji imaju pakete za slanje. Prema tome, svaki red dobija $1/N$ deo ukupnog protoka, gde je N broj redova sa paketima koji čekaju slanje. Ako ne važi uslov da su svi paketi iste veličine, red sa većim paketima će nepravedno dobiti veći udeo protoka.

2.3. Weighted Fair Queueing

Postoje situacije gde ne želimo da ukupan protok ravnomerno raspodelimo svim klasama podataka. Nekad je poželjnije da određene klase podataka, koje se smatraju važnijim, budu privilegovanije od drugih, pa treba da dobiju veći deo protoka, ako su njihovi odgovarajući redovi aktivni. *Weighted Fair Queueing* omogućava da umesto da protok bude ravnomerno podeljena svim klasama podataka, svakom redu dodeljujemo određen procenat od ukupnog izlaznog protoka.

2.4. Deficit Round Robin raspoređivač

Jedan pristup za implementiranje WFQ raspoređivača je dodela vrednosti koja se naziva *kvantum* svakom pojedinom redu. U jednom krugu, svakom redu će biti dozvoljeno da šalje broj bajtova koji nije veći od njegovog dodeljenog kvantuma. Poželjno je da minimalna veličina kvantuma bude veličina najvećeg mogućeg paketa koji se dozvoljava u komunikacionom saobraćaju. Ovo obezbeđuje da svaki red može da pošalje najmanje jedan paket kada ima priliku da prenese podatke. Redovi se zatim opslužuju u krugu na *Round Robin* način. Bitna prednost ovakvog pristupa jeste što je njegova vremenska složenost $O(1)$, odnosno brzina izvršavanja algoritma ne zavisi od broja redova koji raspoređivač mora da opsluži, ili od količinu podataka u tim redovima.

Da bi se poboljšala pravednost ove strategije, beleži se razlika između kvantuma i onog što je stvarno poslato sa reda. Ovu razliku nazivamo *deficit*. U narednom RR krugu, na kvantum se dodaje deficit, i tako definiše ukupan obim podataka koji je dozvoljen za slanje. Zbog ovog pristupa ovaj raspoređivač se naziva *Deficit Round Robin* (DRR).

DRR može da oponaša WFQ, tako što se redovima dodeljuju nejednaki kvantumi. Ako imamo dva reda i želimo da jedan red dobije 40% ukupnog protoka, a drugi 60% (2:3 odnos) kada su istovremeno aktivni, možemo da redom dodelimo kvantumi veličine 1000 bajtova i 1500 bajtova.

2.5. Token Bucket Filter

Token Bucket Filter (TBF) je metod koji pruža alternativu težinskom pravednom raspoređivanju za rukovanje mrežnog saobraćaja. Pod WFQ strategijom, kada je jedan red neaktivan, protok namenjen za taj red se raspoređuje po aktivnim redovima. Kod TBF, protok koji je namenjen za određen red predstavlja maksimum koji taj red sme da pošalje u jedinici vremena. Iako su neki drugi redovi neaktivni, red ograničen filterom neće dobiti dodatni

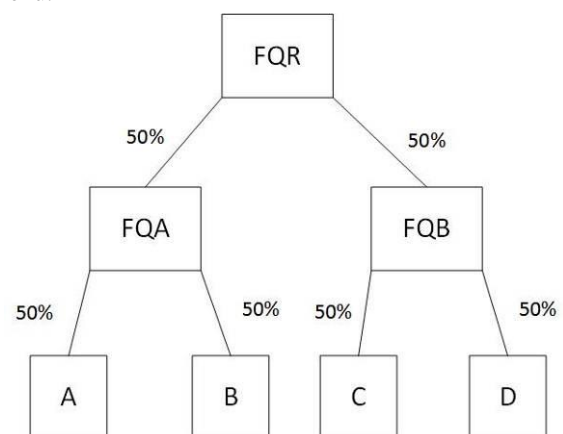
protok koji neaktivni redovi ne koriste, i neće smeti da šalje više od dodeljenog maksimuma po jedinici vremena.

Ideja TBF algoritma jeste da postoji virtuelna kofa koja se redovno puni žetonima konstantnom brzinom, do određenog maksimalnog kapaciteta. Svako prelivanje žetona se odbacuje. Da bi se poslao paket, mora da postoji količina žetona u kofi ne manja od veličine paketa. Ako nema dovoljno žetona, prenos paketa sa vrha reda se mora odložiti dok se kofa ne napuni dovoljnim brojem žetona. Ako je kofa puna, odgovarajući red će biti u mogućnosti da pošalje deo podataka čiji obim odgovara kapacitetu kofe.

Precizna specifikacija TBF ima formu $TB(r, B_{max})$, koja u sebi sadrži brzinu punjenja kofe r žetonima po jedinici vremena, i maksimalan kapacitet kofe $B_{max} > 0$. Trenutni sadržaj kofe se označava sa B , ili $B(t)$ ako je potrebno precizirati vreme. Kada red želi da pošalje paket veličine S bajtova, mora da važi uslov $B \geq S$ da bi se poslao paket, u suprotnom se odlaže prenos. Kada se pošalje paket, sadržaj kofe se umanjuje za S , tj. $B \leftarrow B - S$.

2.6. Hijerarhijski raspoređivači

Više raspoređivači mogu da učestvuju u složenoj hijerarhiji raspoređivača, koja se predstavlja pomoću grafa čvorova organizovanog u obliku stabla. Ovakve hijerarhije omogućavaju finije tretiranje paketa kombinacijom algoritama. Svaki čvor može da ima najviše jedan nadređen čvor i proizvoljan broj podređenih čvorova. U svakoj hijerarhiji postoji tačno jedan čvor bez nadređenog čvora koji se naziva koren, a čvorovi koji nemaju nijedan podređeni čvor nazivaju se listovi. U svakom čvoru stabla se nalazi raspoređivač, i u njega se ulivaju izlazi iz raspoređivača podređenih čvorova. U najčešćem slučaju, čvorovi koji nisu listovi su "virtuelni", tj. u njima se ne smeštaju fizički paketi, nego samo odlučuju o tome koji podređeni čvor da opslužuju. Pristigli paketi se smeštaju u listove stabla, a jedina fizička izlazna sprema se nalazi u korenu.



Slika 1- Primer hijerarhijskog WFQ raspoređivača

Svaki čvor stabla podržava *Peek* operaciju koja vraća paket koji bi se skidao sa reda ako se to zatraži, bez da se zaista fizički uklanja taj paket iz odgovarajućeg reda. Takođe, svaki čvor koji nije list može da odredi koji paket bi poslao tako što poziva *Peek* nad svim podređenim čvorovima. Ovo obezbeđuje, da kada se zatraži operacija skidanja sa reda, započinje se dubinska pretraga stabla rekursivnim pozivima *Peek* operacijama, sve dok se ne skine paket sa reda nekog lisnog čvora, i prosleđuje uz stablo ka korenu.

2.6. Hierarchical Token Bucket raspoređivač

TBF raspoređivači mogu da se koriste radi formiranja hijerarhijskog raspoređivača, gde svaki čvor predstavlja TBF sa svojom specifikacijom. Od suštinske važnosti za ovakvu hijerarhiju je konceptualno vreme, kada svaki interni čvor pušta svoj sledeći paket, odnosno postaje sposoban da informiše svoj nadređeni čvor da poseduje paket spreman za slanje. Paket je spreman za slanje ako kofa internog čvora ima broj žetona koji nije manji od veličina paketa.

Ako je čvor N obavešten od strane podređenog čvora da ima spreman paket, raspoređivač u čvoru N proverava da li je broj žetona u pripadajućoj kofi veći ili jednak paketu. Nakon toga, obaveštava svoj nadređeni čvor da postoji spreman paket, u suprotnom čvor N čeka da se kofa napuni dovoljnim brojem žetona, pre nego što obavesti svoj nadređeni čvor.

Kada paket stigne u lisni čvor, biće postepeno puštan od strane svakog čvora na putanji od tog čvora sve do korena. Kada paket biva pušten od strane korena, biće fizički poslat preko komunikacione mreže.

Bitna posledica ponašanja filtera u ovakvim hijerarhijama je mogućnost nepotpunog iskorišćavanja izlaznog protoka. Međutim, može biti poželjno da se dozvoli određenim čvorovima da pozajmljuju protok od neaktivnih čvorova preko zajedničkog nadređenog čvora.

Da bi se omogućilo ovo ponašanje, potrebno je proširiti specifikaciju filtera, tako da ima 2 kofe žetona. Prva kofa, koja se puni manjom brzinom, predstavlja količinu zagaranovanog protoka, a druga kofa koja se puni većom brzinom, predstavlja maksimalnu dozvoljenu količinu protoka. Ako u drugoj kofi ima dovoljno žetona za određeni paket, a u prvoj nema, paket može ipak biti pušten, ako čvor dobija dozvolu da pozajmi protok od nadređenog čvora. Za specifikaciju filtera potrebne su nam sada 4 veličine:

r - *garantovani protok*. Hijerarhijsko odlučivanje mora da obezbedi (garantuje) da čvor u jedinici vremena dobija količinu protoka ne manju od r . Pozajmljivanjem od nadređenog čvora moguće je dobiti veći protok od garantovanog. Obim garantovanog prenosa svakog čvora ne sme da bude manji od sume garantovanih protoka svih podređenih čvorova.

r_m - *maksimalni protok*. Čvor ne sme da dobije više protoka od r_m , čak ni pozajmljivanjem. Maksimalni protok mora biti manji ili jednakoj maksimalnom protoku nadređenog čvora.

B - *kapacitet kofe* koja se puni brzinom r po jedinici vremena. Paket se može puštati bez pozajmljivanja protoka, ako je broj žetona u kofi B jednak ili veći od veličine paketa u bajtovima.

B_m - *kapacitet kofe* koja se puni brzinom r_m po jedinici vremena.

Za korenski čvor garantovani i maksimalni protok su uvek isti, jer koren nema odakle da pozajmi protok. Kada raspoređivač izvrši operaciju skidanja paketa sa reda, uvek će prvo vratiti paket za koji nije bilo potrebno pozajmljivanje protoka. Ovo ponašanje obezbeđuje isporuku garantovanih protoka.

3. IMPLEMENTACIJA RASPOREĐIVAČA NA APLIKATIVNOM NIVOU

Raspoređivanje je implementirano na aplikativnom nivou replikacione infrastrukture realnog distribuiranog sistema, čija je svrha je stvaranje kopija podataka i njihov prenos ka redundantnim komponentama distribuiranog sistema, radi povećavanja njegove ukupne pouzdanosti. Polazi se od pretpostavke da komunikaciona infrastruktura obezbeđuje konstantan mrežni protok, a algoritmima raspoređivanja se protok može podeliti različitim klasama podataka na aplikativnom nivou, bez potrebe da se vodi računa o ispravnosti mrežne infrastrukture.

Replikacione poruke sadrže zaglavljaja koja su proširena novim poljem koje označava prioritet poruke, pri čemu prioritet 0 označava najviši prioritet. Tokom inicijalizacije komponente za replikaciju, učita se konfiguraciona datoteka tekstualnog formata koja sadrži informaciju o izboru algoritama za raspoređivanje i parametre vezane za specifičan algoritam, ako oni postoje. Kada replikacioni klijent želi da pošalje poruku preko replikacione infrastrukture, poruka se pravilno smešta u objekat koji predstavlja red sa odgovarajućim algoritmom raspoređivanja pomoću *Enqueue* operacije. Posebna nit periodično proverava da li postoje poruke u redu, i u slučaju da ih ima, koristi *Dequeue* operaciju da dobavi narednu poruku koju treba poslati po algoritmu raspoređivanja implementiranog unutar reda, sve dok se red ne isprazni. Red se smatra praznim, ako je interni fizički red za smeštanje poruke unutar implementacije raspoređivača prazan, odnosno ako su svi fizički redovi raspoređivača prazni u slučaju klasnih algoritama. Čim se poruka skida sa reda, prosleđuje se odgovarajućoj destinaciji pomoću ostatka replikacione infrastrukture.

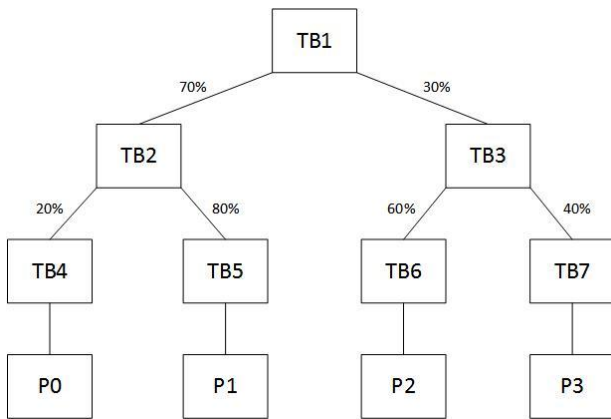
4. TESTIRANJE I REZULTATI

Realizovano rešenje za raspoređivanje poruka na aplikativnom nivou je testirano sistemom koji se sastoji od dva računara međusobno povezanih TCP vezom. Za komunikaciju je na raspolaganju protok od 2.5 Gb/s. Četiri simulirana klijenta na jednom računaru šalju podatke ka određenoj računaru preko replikacione infrastrukture distribuiranog sistema, na čijem aplikativnom nivou je implementirano raspoređivanje. Sve poruke jednog klijenta imaju isti prioritet, a svakom klijentu je dodeljen različit prioritet, od 0, najprioritetnijeg, do 3. Svi klijenti počinju istovremeno da šalju poruke preko infrastrukture, a prijemna strana beleži vreme kada pristiže poslednja poruka određenog prioriteta. Sve poruke su jednake veličine.

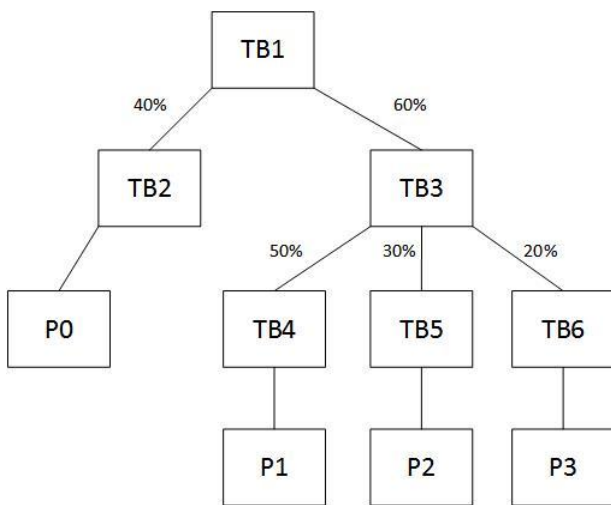
Među testiranim algoritama su *Deficit Round Robin* (DRR) i *Hierarchical Token Bucket* (HTB). Za svaki algoritam postoje 2 testna slučaja, jedan gde svi klijenti šalju jednaku količinu podataka, odnosno 10,000 MB, i jedan gde klijenti, od najvišeg do najmanjeg prioriteta šalju redom 3,500 MB, 7,500 MB, 20,000 MB i 100,000 MB podataka. Svaki testni slučaj se ponavlja pet puta, pa se zatim izračuna srednja vrednost rezultata.

Tokom testiranja DRR raspoređivača, kvantumi su izabrani tako da je njihov odnos 50:20:5:1.

Za testiranje HTB raspoređivača, formirane su dve različite hijerarhije, koje su prikazane slikama 2 i 3. Maksimalna brzina svih čvorova je postavljena na brzinu izlazne sprege (2.5 Gb/s).



Slika 2. Prvi HTB model za testiranje



Slika 3. Drugi HTB model za testiranje

Slike 4, 5 i 6 prikazuju poređenja izračunatih i eksperimentalno dobijenih vremena prenosa za DRR i HTB raspoređivače, i dobijene relativne greške između njih.

DRR, jednaka količina podataka za svaki klijent	P0	P1	P2	P3
Izračunato vreme prenosa	47.5	71.875	100	125
Eksperimentalno dobijeno vreme prenosa	50.4306	75.4246	104.8951	132.6931
Relativna greška	6.17%	4.94%	4.90%	6.15%
Srednja relativna greška	5.54%			
DRR, rastuća količina podataka za svaki klijent	P0	P1	P2	P3
Izračunato vreme prenosa	17.8125	42.1875	110.1563	410.1563
Eksperimentalno dobijeno vreme prenosa	20.16255	47.01687	121.9689	434.7852
Relativna greška	13.19%	11.45%	10.72%	6.00%
Srednja relativna greška	10.34%			

Slika 4. Poređenje teoretskih i stvarnih rezultata za DRR raspoređivač

HTB 1, jednaka količina podataka za svaki klijent	P0	P1	P2	P3
Izračunato vreme prenosa	89.28571	55.80357	114.5833	125
Eksperimentalno dobijeno vreme prenosa	104.756	60.79238	119.5764	141.1951
Relativna greška	17.33%	8.94%	4.36%	12.96%
Srednja relativna greška	10.90%			
HTB 1, rastuća količina podataka za svaki klijent	P0	P1	P2	P3
Izračunato vreme prenosa	50.22321	41.85268	139.3229	410.1563
Eksperimentalno dobijeno vreme prenosa	57.1007	45.50502	115.983	458.206
Relativna greška	13.69%	8.73%	16.75%	11.71%
Srednja relativna greška	12.72%			

Slika 5. Poređenje teoretskih i stvarnih rezultata za HTB raspoređivač, prvi model

HTB 2, jednaka količina podataka za svaki klijent	P0	P1	P2	P3
Izračunato vreme prenosa	78.125	93.75	114.5833	125
Eksperimentalno dobijeno vreme prenosa	85.13383	109.3818	126.0877	146.0646
Relativna greška	8.97%	16.67%	10.04%	16.85%
Srednja relativna greška	13.13%			
HTB 2, rastuća količina podataka za svaki klijent	P0	P1	P2	P3
Izračunato vreme prenosa	29.29688	58.59375	139.3229	410.1563
Eksperimentalno dobijeno vreme prenosa	31.68698	59.79909	126.8027	454.517
Relativna greška	8.16%	2.06%	8.99%	10.82%
Srednja relativna greška	7.50%			

Slika 6 - Poređenje teoretskih i stvarnih rezultata za HTB raspoređivač, drugi model

5. ZAKLJUČAK

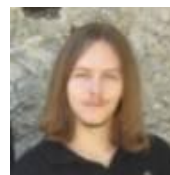
U ovom radu su predstavljeni algoritmi za raspoređivanje poruka mrežnog saobraćaja. Razmotreno je nekoliko algoritama za raspoređivanje, i diskutovane su njihove osobine, prednosti i mane. Implementirano je raspoređivanje poruka različitih prioriteta na aplikativnom nivou infrastrukture jednog realnog distribuiranog sistema. Implementacija je testirana simulacijom više klijenata koji istovremenu šalju veliku količinu podataka od jednog računara ka odredišnom preko replikacione infrastrukture na kojoj je implementirano raspoređivanje poruka. Uočena je korisnost *Deficit Round Robin* i *Hierarchical Token Bucket* raspoređivača u obezbeđivanju određene minimalne količine protoka svakoj klasi podataka.

Dalji razvoj rešenja može doći u vidu grafičke korisničke sprege, radi lakšeg menjanja konfiguracije raspoređivača. Dalja istraživanja na ovom polju mogu da se sprovedu preko testiranja rešenja na sistemu veće skale, sa mrežnim saobraćajem simuliranom po uzoru na ponašanje realnih sistema iz industrije.

6. LITERATURA

- [1] M. Shreedhar, George Varghese; "Efficient Fair Queuing Using Deficit Round-Robin"; IEEE/ACM Transactions on networking, Vol. 4, No. 3, June 1996
- [2] Teck Peow Lee, Tarith Devadason, John Siliquini; "The effects of quantum size on Deficit Round Robin performance"; Networking Research Laboratory – WATRI, The University of Western Australia Crawley
- [3] Dorian Ivančić, Nikola Hadjina, Danko Basch; "Analysis of precision of the HTB packet scheduler"; Faculty of Electrical Engineering and Computing, Zagreb
- [4] Peter L. Dordal; "An Introduction to Computer Networks"; Department of Computer Science, Loyola University Chicago
- [5] Martin A. Brown; "Traffic control HOWTO"; <http://linux-ip.net/articles/Traffic-Control-HOWTO/index.html> Učitano 22.06.2016

Kratka biografija:



Leon Serenčeš rođen je 11.10.1991. godine u Beogradu. Osnovne studije je završio 2014. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, na departmanu za Elektrotehniku i računarstvo. Iste godine je upisao master studije.

MODELOVANJE ELEKTRIČNIH AUTOMOBILA SA POGONOM NA GORIVE ĆELIJE**MODELING OF ELECTRIC DRIVE WITH FUEL CELLS**Miloš Kojić, Vladimir Katić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj - U radu je opisan električni automobil koji kao izvor napajanja koristi gorive ćelije. Ovi izvori proizvode električnu energiju iz energije koja se oslobađa hemijskom reakcijom goriva (vodonika). Napon gorive ćelije dovodi se na DC/DC spuštač napona, a zatim na DC/AC trofazni inverter, kojim se reguliše rad sinhronog motora sa permanentnim magnetima. Model električnog automobila je realizovan u programskom paketu Matlab/Simulink, a ispitan je računarskim simulacijama koristeći standardne cikluse vožnje.

Abstract – The paper describes fuel cell powered electric car. This type of energy source makes electricity from energy which is released in a chemical reaction of fuel (hydrogen). Fuel cell voltage supplying DC/DC converter (descender), then DC/AC three phase inverter, who regulating work of synchronous motor with permanent magnets. Model of electric car was implemented in program Matlab/Simulink, he was questioned by computer simulations using the standard driving cycles.

Ključne reči: Goriva ćelija, Električni motor, Modelovanje i simulacije

1 UVOD

Pogon električnog automobila sastoji se od elektromotora regulisanog trofaznim DC/AC pretvaračem (Invertorom) i napajanom električnom energijom iz baterija (akumulatora) ili drugih potencijalnih izvora energije (tekućih baterija/flow batteries, superkondenzatora, gorivih ćelija, itd.).

U poslednje vreme sve više se primenjuje gorive ćelije, s tim one nisu primarni izvor energije. Da bi normalno funkcionisale neophodno ih je napajati vodonikom. Vodonik je hemijski element, koji se u prirodi nalazi u formi svojih jedinjenja i retko se javlja kao slobodan element. Za proizvodnju vodonika koriste se obnovljivi izvori energije, kao što su vetrogeneratori ili solarne fotonaponske elektrane. Ovi izvori proizvode energiju kojom se napajaju uređaji za elektrolizu vode, koja je osnovni izvor za dobijanje vodonika [1].

2 GORIVE ĆELIJE

Gorive ćelije se sastoje od anode, katode i elektrolita, koji omogućavaju da se pozitivno naelektrisani joni vodonika kreću između dve strane ćelije. Anoda i katoda sadrže katalizatore, koji uzrokuju da se gorivo podvrgne

NAPOMENA:

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

reakcijama oksidacije koje stvaraju pozitivno naelektrisani joni vodonika i elektroni. Joni vodonika se prevlače preko elektrolita posle reakcije. Istovremeno, elektroni se od anode do katode kreću preko spoljnih kanala pritom stvarajući jednosmernu struju.

Elektroliti su supstance specijalno napravljene tako da joni mogu da prodju kroz njega, dok elektroni nemaju tu mogućnost. Oslobodjeni elektroni putuju kroz električni provodnik stvarajući struju, dok se joni kreću kroz elektrolit do katode. Kada dostignu katodu, joni se grupišu sa elektronima i zajedno sa kiseonikom stvaraju vodu. Elektroliti definišu tip gorive ćelije. Tipične gorive ćelije proizvode napon između 0,7 V i 1,1 V. Pored primene u automobilskoj industriji, pojavljuju se aplikacije za brodove, letelice, kao dodatno napajanje u električnoj mreži, kao i za svemirski program [2].

3 PROIZVODNJA VODONIKA PUTEM ELEKTROLIZE

Energetski potencijal vodonika leži u njegovoj sposobnosti da služi kao izvor energije i kao medijum pogodan za njeno efikasno skladištenje, transport i manipulaciju sa malo ili nimalo zagađenja. Vodonik može biti apsolutno čist izvor energije pod uslovom da se kao primarni izvor energije za njegovu proizvodnju ne koriste fosilna goriva, već obnovljivi izvori energije.

Vodonik se može skladištiti u rezervoarima, u sudovima pod pritiskom ili u obliku jedinjenja koja ga lako oslobadaju. U sistemima vodonične energije, mogućnosti skladištenja su praktično neograničene. Sistemi su autonomni i pogodni za korišćenje viškova jeftine energije u periodima male potrošnje. Puna efikasnost upotrebe gorivih ćelija u praksi ostvaruje se kroz adekvatne energetske koncepte. Jedna od najvećih prednosti vodonika je što ne zagađuje okolinu. Zbog toga i nastaje ideja o korišćenju vodonika kao derivata [3].

Ipak, vodonik je veoma nestabilan, a kod vezivanja sa kiseonikom dolazi do eksplozivne reakcije. U dodiru sa vazduhom nastaje „praskavi“ gas, odnosno dolazi do neprijatnih i opasnih reakcija. Sve to znači da vodonik zahteva veoma oprezne radnje prilikom njegovog korišćenja, pretakanja, transporta, skladištenja i dr.

3.1 Proces pretvaranja energije vetra u vodonik

Proizvodnja vodonika je skup proces. Da bi se vodonik proizveo potrebna je velika količina električne energije, ali da bi se obezbedio kompletan lanac proizvodnje i korišćenja u vidu čiste energije, potrebno je da i proizvodnja električne energije bude bazirana na čistim („zelenim“) tehnologijama. Zbog potrebne snage, pogodno rešenje je korišćenje vetroelektrana, koje

pretvaraju energiju vetra i na taj način doprinose zaštiti životne sredine. Ovako proizvedena električna energija koristi se dalje za napajanje uređaja za elektrolizu.

Uređaji za elektrolizu ili elektrolizeri, služe za razlaganje vode putem električne energije uz pomoć elektrolita. Elektrolit omogućuje da sistem provodi električnu struju. Kada se jonsko jedinjenje rastvori u adekvatnom rastvaraču ili istopi toplotom tako da su joni dostupni u vodi, električna struja se primeni kroz par inertnih elektroda uronjenih u tečnost.

Negativno naelektrisana elektroda se naziva katoda, a pozitivna naelektrisana anoda. Svaka elektroda privlači jone obrnutog naelektrisanja. Energija potrebna da se jonska veza raskine i prouzrokuje njihovo skupljanje kod odgovarajućih elektroda omogućuje električna struja. Jedinjenja koja dolaze u kontakt sa katodom teže da prime elektrone. Količina električne energije koja mora biti dodata jednaka je promeni u Gibsovoj slobodnoj energiji u reakciji plus gubitak u sistemu. Gubici mogu biti blizu nule, pa je maksimalni termodinamički dobitak jednak promeni termodinamičkog potencijala podeljenog sa slobodnom energijom.

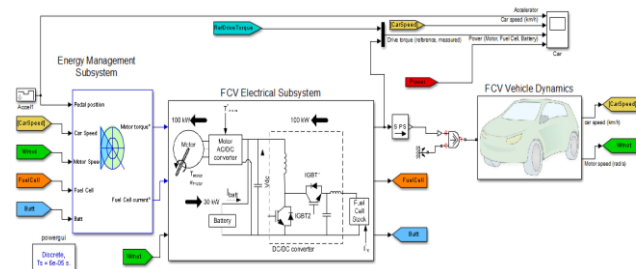
Jači protok struje podrazumeva veći protok elektrona u istom intervalu vremena. To znači da se katoda brže redukuje, a anoda brže oksiduje. To je direktno proporcionalno broju molova dobijenog proizvoda. Jačina struje koja prolazi zavisi od električne provodljivosti elektroda i elektrolita, ali jačina struje takodje zavisi od toga koliko struje sam izvor može stvoriti. Naravno, da bi se proizvela velika količina vodonika potrebne su velike količine vode. Zbog toga, elektrane za proizvodnju vodonika su smeštene u blizini reka ili mora. U praksi se najčešće koristi slana voda jer povećava intenzitet reakcije i pomoću nje se ta reakcija lakše prati. Nakon izvršenja procesa elektrolize, dobija se finalni proizvod, vodonik. Vodonik se zatim skladišti i doprema do mesta na kome se komercijalizuje [3].

4 MATEMATIČKI MODEL ELEKTRIČNOG AUTOMOBILA SA POGONOM NA GORIVE ČELIJE

Jedan od ciljeva ovog poglavlja je da predstavi celokupan sklop kojima se opisuje ponašanje vozila, a koje su ujedno bazirane na osnovnim mehaničkim principima. Vozilo se smatra veoma kompleksnim sistemom sastavljenim od hiljade različitih komponenti. Glavni zadatak je kreiranje dinamičkog modela vozila u okviru programskog paketa *Matlab/Simulink*.

Odabirom parametara koji su u skladu sa standardima modernih električnih vozila, stvorena je mogućnost da se dobijeni rezultati mogu iskoristiti u svrhu simulacije konkretnog električnog automobila, ukoliko su dostupne informacije o njegovim odgovarajućim (potrebnim) parametrima. U slučaju idealnog modela u obzir se uzimaju sve moguće promenljive sistema, kao i okolnosti i uslovi u kojima se simulirani model nalazi. Svaki deo vozila vodi do različitih polja koja se mogu zasebno proučavati tako da je kreiranje ovakvog modela vrlo zahtevno u smislu vremena i ljudskih resursa. U ovom radu, u skladu sa dozvoljenim mogućnostima, model

električnog automobila je kreiran sa određenim zanemarenjima. Model je prikazan na slici 1.



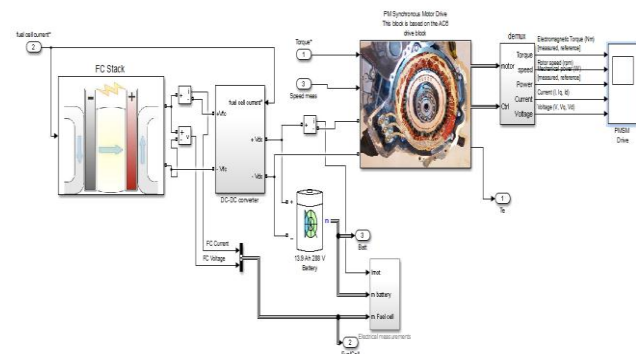
Slika 1 Matematički model električnog automobila sa pogonom na gorivne ćelije

Model se sastoji od sledećih podsistema, a to su: električni podsistem, mehanički podsistem i energetski upravljački podsistem.

U narednim poglavljima biće detaljno opisani podsistemi celokupnog sklopa električnog automobila sa pogonom na gorive ćelije.[4]

4.1 Električni podsistem

Električni podsistem se sastoji od četiri segmenta, a to su: elektromotor, baterije, gorivna ćelija i DC/DC konvertor. Model električnog podsistema je prikazan na slici 2.



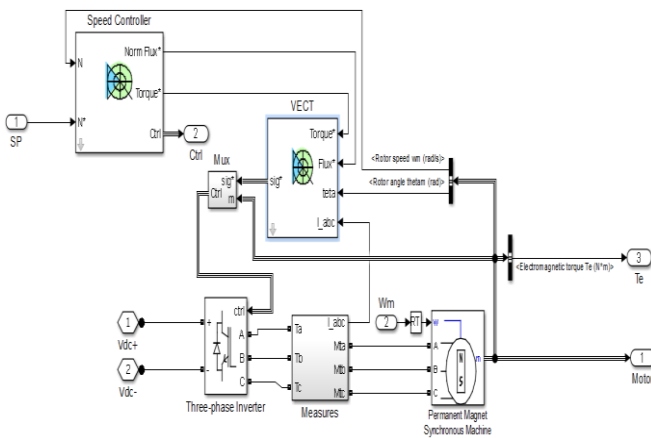
Slika 2 Model električnog podsistema

Izvor energije u ovakvim tipovima automobila je goriva ćelija. Goriva ćelija na svom izlazu daje jednosmerni napon od 400 V. Ovaj napon zatim dovodi se ulazne priključke DC/DC konvertora (spuštača napona) kako bi se smanjio prag napona i da bi se zadovoljili normativi za pravilno funkcionisanje elektromotora. Konstrukcija ovakvih tipova vozila je takva da se napajanje automobila vrši paralelnim radom gorive ćelije i baterija (slika 2).

Time se postiže određen nivo pouzdanosti pogona u smislu da glavni izvor energije, goriva ćelija, zakaže sa radom tada baterije preuzimaju glavnu ulogu napajanja vozila i omogućavaju kretanje vozila do željene lokacije. Jednosmerni napon sa izvora napajanja se zatim dovodi na inverter koji ima ulogu pretvaranja jednosmernog napona u trofazni naizmenični napon, koji je potreban za napajanje statorskih namota sinhronog elektromotora.

Rotacija osovine elektromotora je sinhronizovana sa frekvencijom struje koja se implementira. Struja statora proizvodi magnetno polje, dok su na rotoru smešteni permanentni magneti. Na slici 3 prikazan je model elektromotornog pogona. Elektromotor koristi vektorsko

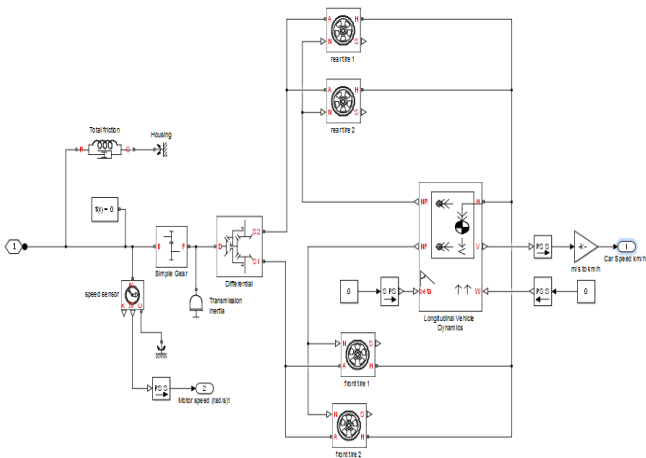
upravljanje, zbog toga se i na modelu nalazi blok za vektorsko upravljanje. Upravljanje se vrši regulacijom faktora ispunje, koji se dalje prosledjuje na gejnt invertora. [4]



Slika 3 Model elektromotornog pogona

4.2 Mehanički podsistem

Mehanički podsistem sadrži mehaničke komponente vozila. Ove komponente su šematski predstavljene u programu Matlab/Simulink. Model mehaničkog podsistema je predstavljen na slici 4.



Slika 4 Model mehaničkog podsistema.

Ulazni parametri modela dolaze iz električnog podsistema i povezani su sa mehaničkim parametrom preko Simulink konvertora koji služi da konvertuje Simulink signal u fizički signal.

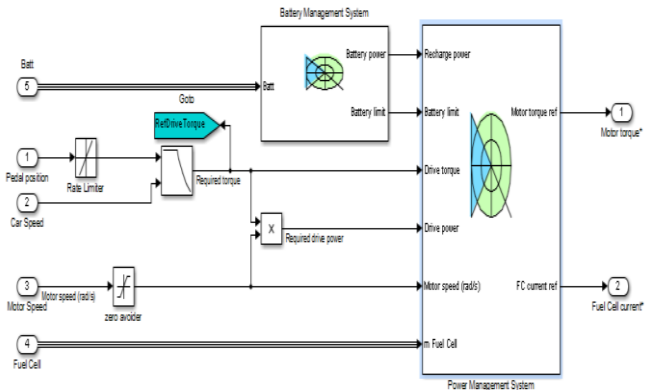
Brzina motora meri se pomoću senzora koji konvertuje varijable merene između dve rotirajuće tačke u kontrolni signal proporcionalan ugaonoj brzini. Merenje senzora je merodavno sve dok se ne pojavi uticaj inercije i trenja.

Na slici 4 se mogu uočiti delovi poput točkova automobila i prenosnog diferencijala. Izlazni parametar za brzinu vozila dobija se iz Simulink konvertora koji u ovom slučaju pretvara fizički signal u Simulink signal [4].

4.3 Energetski upravljački podsistem

Energetski upravljački podsistem služi da odredi referentne signale za elektromotorni pogon i motor sa unutrašnjim sagorevanjem kako bi se precizno distribuirala snaga. Baziran je na osnovu zahteva elektromotora koji se proračunava prema vrednosti struje koja se dobija od gorive ćelije. Ova struja može biti direktno proračunata, zbog toga što je napon u ovakvim sistemima održavan konstantnim u određenim vremenskim intervalima.

Struja, za koju se zahteva da bude prosledjena električnom podsistemu je podeljena prema veličini gorivne ćelije. Goriva ćelija može biti upotrebljena kao primarni ili sekundarni izvor energije. Na slici 5 prikazan je model energetskog upravljačkog podsistema.



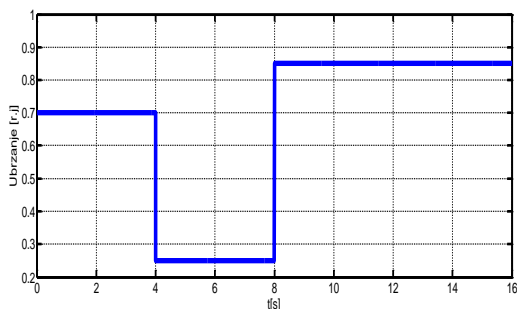
Slika 5 Model energetskog upravljačkog podsistema

Izlazni parametri modela su moment motora i struja koju daje goriva ćelija i oni su prosledjeni ka električnom podsistemu. Ulazni parametri su stanje baterija, pozicija pedale gasa, brzina vozila kao i brzina kretanja vozila. Baterije su povezane sa blokom *Battery management system* koji ima dva izlazna terminala (slika 5).

Ovaj blok omogućava normalno napajanje vozila iz sopstvenih baterija sa limitiranim naponom. Isto tako ovaj blok sadrži port sa prepoznavanje ukoliko opadne ili se poveća koeficijent protoka koji je određen signalom SOC (State of charge). Ovaj port, regulacijom pomoću prekidačkih komponenti kao što su Flip-Flop uređaji, kontrolirše izlaz ovog bloka, odnosno pruža odgovarajući napon [4].

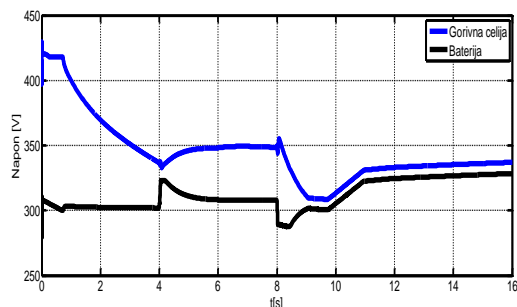
5 REZULTATI SIMULACIJE

Nakon pokretanja simulacije koja traje 16 sekundi, dolazi se do prvih rezultata koji će biti predstavljeni. Ubrzanje automobila dobija se menjanjem ulazne reference na step funkciji gde je zadata početna referenca na 0,7 relativnih jedinica. Zatim se referenca menjala na vrednost 0,25 relativnih jedinica, da bi se na kraju zadala vrednost od 0,85 relativnih jedinica, ta vrednost se zadržala do kraja simulacije. Menjanje reference se fizički postiže pritiskom pedale gasa koja je definisana u modelu kao ulazni parametar. Na slici 6 prikazan je odziv ubrzanja automobila.



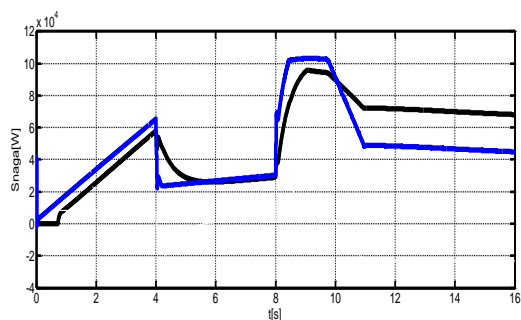
Slika 6 Odziv ubrzanja

Na slici 7 prikazan je odziv napona i gorive ćelije automobila.



Slika 7 Odziv napona i gorivne ćelije

Plavom bojom je označen napon koji daje goriva ćelija. Ovaj napon na startu simulacije iznosi 400 V (slika 7). Tokom simulacije pada u zavisnosti opterećenja vozila da bi na kraju simulacije zauzeo vrednost oko 350 V. Crnom bojom obeležen je napon baterije koji je delimično konstantan. Na slici 8 prikazani su odzivi snage motora i snage gorive ćelije.



Slika 8 Odziv snage motora i snage gorive ćelije

Plavom bojom je obeležena snaga motora. Prve četiri sekunde simulacije njena vrednost linearno raste i zaustavlja se na vrednosti od 60 kW. Zatim veličina beleži svoj pad, padom reference ubrzanja. Postavljanjem nove reference ubrzanja, ova veličina beleži svoj rast i maksimalnu vrednost od 100 kW. Tada motor se opterećuje onoliko koliko je potrebno da bi se ostvarila zadata referenca. Ova veličina se zaustavlja na vrednosti od 45 kW koliko je propisana snaga za motor u nominalnom režimu rada (slika 8).

Crnom bojom je označena snaga gorivne ćelije. Ova veličina se ne razlikuje mnogo od odziva snage motora. Treba napomenuti da se u ovakvim tipovima automobila koristi paralelan sistem napajanja gorive ćelije i baterije, što daje prednost vozilu u slučaju da dodje do bilo kakvog kvara na jednom od pogona, drugi pogon će bez problema da ostvari zadovoljavajući pogon da bi vozilo moglo nesmetano da dodje do određene destinacije. Snaga gorive ćelije dostiže krajnju vrednost od 70 kW.

6 ZAKLJUČAK

U okviru ovog rada razmatrani su segmenti električnog automobila sa pogonom na gorive ćelije koje koriste vodonik kao gorivo. Izvršeno je modelovanje električnog automobila sa pogonom na gorive ćelije. Razvijen je matematički model koji je predstavljen u programskom paketu Matlab/Simulink.

7 LITERATURA

- [1] https://en.wikipedia.org/wiki/Fuel_cell_vehicle
- [2] Gojko Vlaški, Sistemi za skladištenje energije, Master rad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2012.
- [3] Šćepan S. Miljanić, Vodonična energija, prezentacija, 2012.
- [4] https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/33309-fuel-cell-vehicle--fcv--power-train?s_tid=srchtitle

Kratka biografija:



Miloš Kojić rođen je 1990. godine u Beogradu, Srbija. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu iz oblasti Elektrotehnika i računarstvo - energetska elektronika i električne mašine odbranio je 2017. godine.



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 prodekan Fakulteta Tehničkih Nauka i šef katedre za energetska elektronika i pretvarače.

ВИЗУЕЛИЗАЦИЈА И РУКОВАЊЕ ДОКУМЕНТИМА ИЗ БАЗЕ ПОДАТАКА У РАДНОЈ МЕМОРИЈИ**VISUALIZATION AND HANDLING OF DOCUMENTS FROM THE DATABASE IN WORKING MEMORY**Марко Билановић, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО**

Кратак садржај – У овом раду је описана имплементација и функционалности које пружа графички едитор за руковање специјалним типом XML докумената. Ови XML документи описује податке који се налазе у бази података из радне меморије. Модификација ове врсте документа је компликована. Графички едитор описан у овом раду је направљен како би се модификација ове врсте документа олакшала.

Abstract – This paper describes implementation and functionalities of graphic editor that handles special type of XML document. This XML documents describes data from the database in working memory. Modification of this type of document is complicated. Graphic editor described in this paper is made so that modification of this type of document would be easier.

Кључне речи: XML, визуелизација података, графички едитор, граф.

1. УВОД

У овом раду се разматрају XML (*eXtensible Markup Language*) документи који садрже информације о бази података из радне меморије. XML документи су читљиви за људе, међутим негативан утицај на његову прегледност има присуство великог броја елемента који су саставни делови ове врсте XML документа. Ови елементи садрже и додатне информације о повезаности елемената унутар документа, а у неким случајевима и са другим документима што додатно отежава њихово читање.

У другој глави је описана структура посматраних XML докумената, као и енумерације које описују класни модел од које је овај тип документа завистан. За руковање посматраним XML документом неопходан је специјализовани графички едитор. Он је описан у трећој глави рада. На крају су наведена закључна разматрања и коришћена литература.

2. СТРУКТУРА И КАРАКТЕРИСТИКЕ ПОСМАТРАНИХ XML ДОКУМЕНАТА

Посматрани документи који садрже информације о бази података из радне меморије имају XML формат, њихов садржај се ослања на *Resource Description*

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Мирослав Хајдуковић, р. проф.

Framework (RDF) [1] и Модел кодова (енумерација која описује класни модел). Елементи који се налазе у XML документима су *Resource Description* (RD) елементи (објекти) који су саставни део RDF-а. Колекција ових елемената описује базу података из радне меморије.

Сваки RD елемент у себи садржи листу *Property* елемената, чији садржај описује RD елемент (атрибути). Очекиван тип вредности унутар *Property* елемента се одређује помоћу вредности Модел кода која му је додељена.

Постоје два типа XML документа чије читање треба подржати: продуктни и пројектни. У оба документа главни садржај су *Resource Description* и *Property* елементи, али пројектни документ се увек ослања на неки продуктни документ. Другим речима, продуктни документ је базни, док се пројектни посматра као додатак продуктном документу.

2.1 Модел кодова

Модел кодова је енумерација која описује структуру посматраног система. Вредност модел кода у себи носи низ информација, везаних за ресурс. Унутар 64-битне енумерације су набројане све класе и атрибути, којима се програмски лако рукује. Сваки тип ресурса у моделу се једнозначно идентификује одговарајућим модел кодом. Свака класа (апстрактна или конкретна) као и сваки атрибут добија свој јединствени модел код. Свака класа чије се инстанцирање очекује, добија одговарајућу вредност из 16-битне енумерације Специјалног типа (*SpecijalType*). Уколико је класа апстрактна, 16 бита, који означавају Специјални тип, су нуле. Код атрибута на месту описа Специјалног типа стоји иста вредност као код Специјалног типа класе којој припада тај атрибут. У табели 2.1. приказана су три елемента: апстрактна класа *Class_A*, Специјални тип *SpecialType.D* и конкретна класа *Class_D*, која је *SpecialType.D* типа.

Тип елемента	Код	Елемент
Апстрактна класа	0x1000000000000000	ModelCode.Class_A
Специјални тип	0x0001	SpecialType.D
Конкретна класа	0x1200000000010000	ModelCode.Class_D

Табела 2.1. Разлика између дефинисања апстрактне и конкретне класе

Значајнијих 32 бита описује наслеђивање (поље означено црвеном бојом на табели 2.1.). Поред тога што дају информацију о наслеђивању, најзначајнија

четири бита означавају модел којем припадају. За разумевање принципа наслеђивања у еnumerацији модел кодова битно је знати ова два правила:

1. „Child” класа увек има једну цифру више од „parent” класе.
2. Уколико више класа наслеђује исту „parent” класу, додатна цифра се увећа за сваку „child” класу.

Најнижих 16 бита су резервисани за опис атрибута. Код класа, тих 16 бита имају вредност нула. Уколико модел код описује атрибут, виших 8 бита означава редни број атрибута у класи, док нижих 8 бита означава тип тог атрибута. Уколико је у питању прост тип, прва вредност је нула, док друга вредност означава који је прост тип у питању. Уколико је у питању листа простих типова, прва вредност је један, док друга вредност означава које просте типове садржи ова листа. У табели 2.2. је приказано 13 простих и 13 сложених Специјалних типова, заједно са њиховим вредностима.

Bool	= 0x01	BoolArray	= 0x11
Byte	= 0x02	ByteArray	= 0x12
Int32	= 0x03	Int32Array	= 0x13
Int64	= 0x04	Int64Array	= 0x14
Float	= 0x05	FloatArray	= 0x15
Double	= 0x06	DoubleArray	= 0x16
String	= 0x07	StringArray	= 0x17
DateTime	= 0x08	DateTimeArray	= 0x18
Reference	= 0x09	ReferenceArray	= 0x19
Enum	= 0x0a	EnumArray	= 0x1a
Struct	= 0x0b	StructArray	= 0x1b
Timespan	= 0x0c	TimespanArray	= 0x1c
Complex	= 0x0d	ComplexArray	= 0x1d

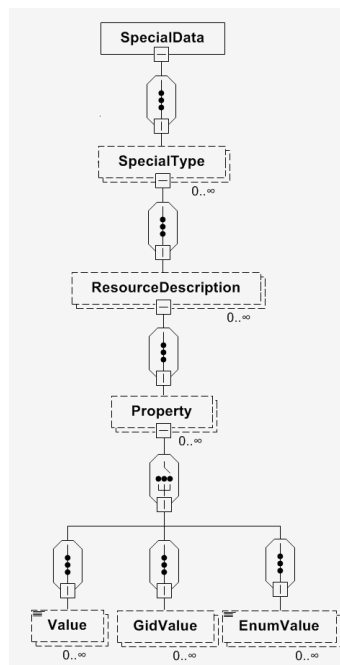
Табела 2.2. Типова атрибута и кодови који им одговарају

2.2 Структура продуктног XML документа

На слици 2.1. је приказана XSD шема, која описује структуру продуктног XML документа. Коренски елемент у себи садржи листу *SpecialType* елемената, које јединствено описује атрибут „id”. Вредност овог атрибута је нумеричког типа, која се у хексадецималном облику поклапа са неком од вредности из табеле 2.2. Унутар *SpecialType* елемента се налази листа *ResourceDescription* (RD) елемената, који садрже атрибут „entityId”, чија је вредност такође нумеричка. Сваки RD елемент је јединствено описан комбинацијом сопственог *entityId* атрибута и атрибута *id* из *SpecialType* елемента унутар ког се RD елемент налази.

Сваки RD елемент из XML документа се посматра као инстанца неког објекта. RD елемент описује листа *Property* елемената који су заправо атрибуту тог објекта. Сваки *Property* елемент описује атрибут „modelCode” који уз помоћ еnumerације Модел кодова даје информацију о типу вредности који могу да се очекују унутар *Property* елемента. Такође, на основу Специјалног типа RD елемента могу да се знају очекивани *Property* елементи. Елементи који могу да се појаве унутар *Property* елемента су *Value*, *EnumValue* или *GidValue*. Уколико је тип за одговарајући Модел код референца, *Property* елемент ће садржати у себи један или више *GidValue* елемената. Да ли се налази само један елемент или више њих се такође може сазнати из вредности Модел кода. Ако Модел код описује атрибут, који је типа

енумерације, *Property* елемент ће бити сачињен од *EnumValue* елемената. За преосталих једанаест типова, које Модел кодови подржавају, користи се елемент *Value*. Садржај *EnumValue* и *Value* елемената је текстуална вредност, док *GidValue* садржи атрибуте *SpecialType* и *entityId* чија се комбинација вредности поклапа са неким дефинисаним RD елементом у документу.



Слика 2.1. Дијаграм продуктне XSD шеме

2.3 Структура пројектног XML документа

За разлику од продуктног XML документа, пројектни коренски елемент се назива *Root* и његов садржај може да се састоји из листи *Add*, *Remove* и *Replace* елемената. Помоћу њих се дефинише који се елементи додају, бришу или мењају из продуктног документа. Сваки овај елемент садржи атрибут *xPath* помоћу којег се референцира на неки од постојећих елемената у продуктном документу. У *Add* елементу може да постоји било који од елемената, који постоје у продуктном документу (*Entity*, *SpecialType*, *ResourceDescription*, *Property*, *Value*, *GidValue* и *EnumValue*). За брисање елемената потребно је само дефинисати који елемент треба да се брише помоћу *xPath* атрибута. *Replace* елемент је сличан елементу за додавање. *Replace* елементи имају идентичну структуру као и *Add* елементи, једина разлика је у називу елемента. Оба елемента садрже атрибут *xPath*, помоћу којег се дефинише елемент, који се допуњује или мења.

3. ОПИС ПОДРЖАНИХ ФУНКЦИОНАЛНОСТИ И ЊИХОВЕ ИМПЛЕМЕНТАЦИЈЕ

За олакшано руковање посматраним XML документима анализом је утврђено да би едитору одговарале следеће особине:

1. распоред прозора буде сличан већини графичких едитора, тј. да се у централном делу налази главни прозор са визуелним приказом документа који се обрађује, док прозори, који треба да

- олакшају манипулацију документа, треба да имају могућност *dock*-овања,
2. садржај главног прозора буде у облику графа који репрезентује учитани документ,
 3. због очекиваног великог броја елемената на графу, његов преглед буде што лакши
 4. могућност додавања нових вертекса на граф,
 5. могућност претраге графа,
 6. могућност модификовања графа и *Property* елемената,
 7. могућност чувања документа и стања графа.

3.1 Прозор за приказ графова

Оба типа *XML* документа треба да имају свој посебни граф. Због зависности пројектних докумената од продуктних, за приказ отворених документа одабран је приказ уз помоћу таб контроли.

На једној су приказани сви учитани продуктни документи, а након одабира жељеног продуктног документа постоји још једна таб контрола где постоји могућност одабира пројектног документа који је везан за дотични продуктни документ.

Због уске зависности између ове две врсте документа, након отварања пројектног документа кориснику се онемогућује модификација продуктног документа.

3.2 Креирање и дефинисање изгледа графа

За сваки *RD* елемент из учитаваног документа треба да постоји вертекс на графу који га описује. Због тога податке, које *RD* елемент садржи, треба да садржи и вертекс, који га репрезентује.

Поред података, које сваки *RD* елемент садржи (Специјални тип, *entityId* и *Property* елементи), вертексе описује и податак о боји (боја се одређује на основу Специјалног типа), алиасу и позицији вертекса на графу.

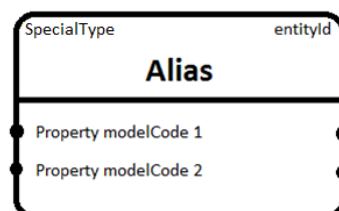
Свака веза у себи садржи *id* (комбинација Специјалног типа и *entityId* вредности) вертекса из којег извире и у којем се завршава, као и назив *Property* модел кода помоћу којих су повезани.

Обзиром да су *RD* елементи објекти, изглед овог графа треба да подсећа на *објектни дијаграм* [2]. Унутар *RD* елемената постоји велик број *Property* елемената, чије вредности могу да буду и листа информација.

Уколико би на сваком вертексу стојале вредности свих његових атрибута, граф би изгубио на прегледности због величине вертекса. Зато је идеја о приказивању свих атрибута на вертексима одбачена. Везе између вертекса су заправо вредности *Property* елемента са *GidValue* вредностима, које описују тај вертекс.

Имена модел кодова тих атрибута су приказана на вертексима. Повезаност елемената се приказује као веза вертекса. Веза је презентована као стрелица, тако да се интуитивно види да ли веза креће или завршава у одређеном *RD* елементу. Специјални тип и везе које вертекс садржи нису довољне за препознавање *RD* елемента.

Због тога је сваком вертексу додат алиас који би кориснику требао да да јасну представу о ком *RD* елементу је реч. На слици 3.1. је приказана скица вертекса.

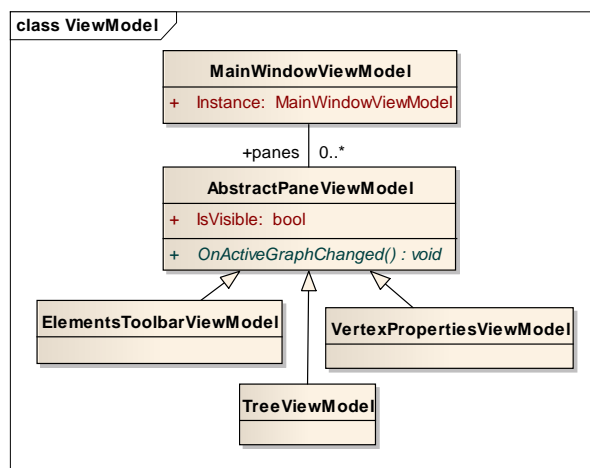


Слика 3.1. Скица вертекса

3.3 Дизајнирање помоћних прозора

Приказ графа, који на пример сачињава око 400 вертекса и 600 веза, није прегледан. Проналажење жељеног вертекса у таквом графу је теже од проналажења *RD* елемената у *XML* документу. Прегледност повезаних вертекса је мала ако вертекс садржи доста веза. Због ових разлога, поред помоћног прозора за додавање нових елемената, направљена су још два помоћна прозора, а која пружају кориснику лакшу навигацију кроз граф.

Имплементација помоћних прозора је направљена уз помоћ *MVVM* патерна и *AvalonDock* библиотеке [3]. На слици 3.2. приказан је део класног модела где се види да *MainWindowViewModel* класа садржи колекцију *AbstractPaneViewModel* објеката. На овај начин додавање нових *dockable* прозора је значајно олакшано.



Слика 3.2. Модел *ViewModel*-а за додатне прозоре

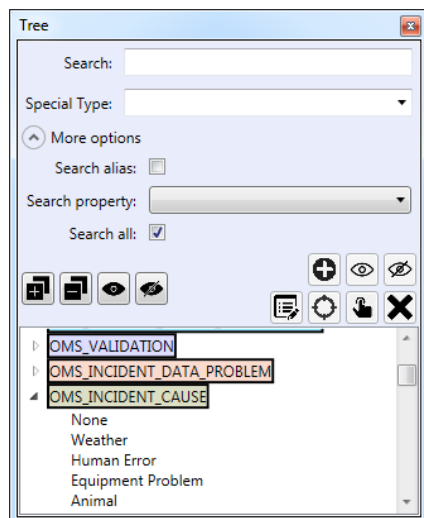
3.3.1 Прозор за додавање нових вертекса

Прозор за додавање нових вертекса треба да омогући додавање *RD* елемента одређеног Специјалног типа у документ који се обрађује. Како би палета *RD* елемената, који се додају, била прегледнија, имплементиран је додатни прозор којим може да се подеси видљивост елемента на палети. Боја елемената одговара бојама на графу, и јединствена је за одређени Специјални тип. У палети се иницијално појављују Специјални типови, који се налазе у документу, тј. на графу.

3.3.2 Прозор за претрагу вертекса

Да би се *RD* елементи лакше проналазили на графу, додат је прозор са стаблом, који садржи све *RD* елементе графа, сортиране по Специјалном типу. Чворови Специјалног типа на дрвету су описани именом Специјалног типа и бојом као на графу и прозору за додавање вертекса, док су чворови, који

репрезентују вертексе са графа, описани алиасом. Поред стабла на овом прозору се налази и део за претрагу/филтрирање стабла, као и палета са командама за манипулисање стаблом и графом (слика 3.3).



Слика 3.3. Прозор са стаблом

3.3.3 Прозор са информацијама о повезаности селектованог вертекса

Сакривање вертекса, који нису од интереса, није довољно допринело прегледности повезаних елемената. Што више веза излази или улази у неки вертекс, то је теже да се испрате сви ти повезани елементи. Због тога је додат прозор који излистава све вертексе, који су у вези са селектованим вертексом.

3.4 Дијалог за модификацију *RD* елемента

Дијалог за модификацију *RD* елемената се појављује приликом додавања новог вертекса на граф или модификације постојећег вертекса. У овом дијалогу приказани су сви подаци који описују вертекс: Специјални тип, *entityId*, *alias*, *Property* елементи.

3.5 Конфигурација и прозор за њену модификацију

Постоје подаци који су везани за *XML* документ, али нису његов саставни део. Наиме, подаци као што су позиције вертекса на графу, боје вертекса, алиас или *Property* елементи који сачињавају алиас вертекса, и други подаци који описују стање графа, морају да буду сачувани иако нису саставни део *XML* документа, како би се при поновном отварању документа затекло стање у ком је граф и сачуван. Позиције вертекса и ручно унетих алиаса се чувају у *XML* документу (унутар коментара који се налазе у одговарајућим *ResourceDescription* елементима), док се остали подаци, који су везани за *XML* документ, чувају у засебном конфигурационом документу. Путем менија се може доћи до прозора у коме могу да се додају, бришу или модификују ове врсте конфигурација.

Са стране се налази стабло, где коренски елементи означавају продуктна, а листови пројектна подешавања. Изнад стабла се налазе три дугмета, помоћу којих је могуће додати нову продуктну или пројектну конфигурацију и обрисати селектовану конфигурацију из стабла. Поред стабла се налази таб

контола са шест табова, на којој је приказано тренутно стање одабране конфигурације.

4. ЗАКЉУЧАК

У овом раду је описан графички едитор, чија је намена да олакша креирање и модификовање *XML* докумената чији садржај описује базу података из радне меморије.

Овај едитор визуализује објекте у виду чворова на графу, пружа лаку навигацију кроз те објекте, стапа пројектни документ са продуктним, и садржи још доста функционалности које кориснику омогућавају лако и интуитивно руковање документима. Уколико се у току коришћења едитора примети да би он требао да подржи нове функционалности, додавање тих функционалности не би требало да представља велик проблем, јер је едитор моделован тако да је олакшано додавање нових помоћних прозора.

Овакве функционалности нуде већу прегледност и контролу над документом у односу на модификовање *XML* документа у текстуалном едитору. Тиме је примарни разлог прављења овог едитора оправдан.

У току израде едитора примећене су неконзистентности између *XML* докумената и енумерације модел кодова којима едитор рукује.

Уколико се такве неконзистентности буду повећавале, биће неопходна допуна направљеног графичког едитора.

5. ЛИТЕРАТУРА

[1] *Resource Description Framework (RDF)*,

<https://www.w3.org/RDF>

[2] *Object diagram*,

https://en.wikipedia.org/wiki/Object_diagram

[3] *AvalonDock*, <https://avalondock.codeplex.com>

Кратка биографија:



Марко Билановић је рођен у Новом Саду 1990. год. Основну школу „Бранко Радичевић“ завршио је у Новом Саду 2005. године. Средњу електротехничку школу „Михајло Пупин“ у Новом Саду завршио је 2009. године. Основне академске студије на Факултету техничких наука у Новом Саду, смер Рачунарство и аутоматика, усмерење Примењене рачунарске науке и информатика, завршио је 2014. године. Мастер академске студије на Факултету техничких наука у Новом Саду је уписао 2014 године.

**PRORAČUN OPTIMALNE REKONFIGURACIJE DISTRIBUTIVNE MREŽE
PRIMENOM ALGORITMA IZMENE GRANA****ASSESSMENT OF OPTIMAL RECONFIGURATION OF DISTRIBUTION NETWORK
USING THE BRANCH EXCHANGE METHOD**Bojan Čajetinac, Savo Đukić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratka sadržaj – Ovaj rad opisuje i verifikuje jednu metodu proračuna optimalne rekonfiguracije distributivnih mreža – algoritam izmene grana. Verifikacija je izvršena metodom pretrage proračunima nad tri test distributivne mreže.

Abstract – The paper describes and verifies a method for optimal network reconfiguration of distribution networks – branch exchange algorithm. Verification is performed using the search method for three test distribution networks.

Ključne reči: optimalna rekonfiguracija, distributivna mreža, algoritam izmene grana

1. UVOD

Rekonfiguracija distributivne mreže (DM) je proces izmene topologije mreže promenom statusa normalno otvorenih (NO) i normalno zatvorenih (NZ) rasklopnih uređaja [1].

Zbog postojanja velikog broja rasklopnih uređaja i mogućih kombinacija uklopnog stanja, problem optimalne konfiguracije je kompleksan, kombinatoran, nelinearan i diskretan [2].

Takođe, u realnim primerima ovaj problem je ogromnih dimenzija, što ga čini još kompleksnijim. Za njegovo rešenje primenjuju se metode optimizacije, kombinatorno pretraživanje i heurističke metode. Cilj rekonfiguracije je postizanje optimalne radijalne strukture mreže, u kojoj svi potrošači imaju napajanje [3].

U rekonfiguraciji DM najčešće se koristi sledećih šest optimizacionih kriterijuma [2]:

- Minimalni gubici aktivne snage.
- Debalans opterećenja na VN/SN transformatorima.
- Debalans opterećenja na izvodima.
- Kritični pad napona
- Pouzdanost napajanja.
- Troškovi manipulacija.

U ovom radu verifikacija razmatranog algoritma se izvodi po kriterijumu minimalnih gubitaka aktivnih snaga koji su definisani na sledeći način [2]:

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Savo Đukić, docent.

$$IG^{(h)} = \sum_{i=1}^{n_{izv}} \sum_{j \in \alpha_{d_i}^{(h)}} r_{ij} \left(J_{ij}^{(h)} \right)^2, \quad (1)$$

gde su:

 n_{izv} - ukupan broj izvoda, r_{ij} - rezistansa grane (j) koja pripada izvodu (i), $\alpha_{d_i}^{(h)}$ - skup indeksa grana izvoda (i) u radijalnoj konfiguraciji (h), $J_{ij}^{(h)}$ - moduo aktuelne struje grane (j) koja pripada izvodu (i) u radijalnoj konfiguraciji (h).

Relacijom (1) definisani su ukupni gubici aktivne snage u razmatranoj mreži.

2. ALGORITAM IZMENE GRANA

Algoritam izmene grana (IG) svodi se na promenu statusa uključenosti razmatranog para rasklopnih uređaja, pri čemu mora biti NO, a drugi NZ. Uspešnost ovog algoritma bazirana je na činjenici da je nakon rekonfiguracije potrebno proračunati kriterijumsku funkciju (KF), a ne celokupan režim mreže. Proračun tokova snaga se vrši tek nakon detektovanja da je vrednost KF poboljšana, odnosno nakon što je primenjena nova konfiguracija mreže. Osnovni nedostatak ovog algoritma je to što krajnje rešenje zavisi od početnog, odnosno dobija se lokalni minimum [4].

Ako se supskriptom (h) označi konfiguracija nakon izmene mesta NO/NZ rasklopnih uređaja, a supskriptom (h-1) konfiguracija pre izmene mesta NO/NZ rasklopnih uređaja, KF za kriterijum minimalnih gubitaka aktivne snage računa se na sledeći način [2]:

$$\begin{aligned} \Delta IG &= IG^{(h-1)} - IG^{(h)} = \\ &= 2 \cdot \operatorname{Re} \left[\left(J_j^{(h-1)} \right)^* \left(\Delta V_k^{(h-1)} - \Delta V_m^{(h-1)} \right) \right] - \left| J_j^{(h-1)} \right|^2 \cdot R_{petlje}, \end{aligned} \quad (2)$$

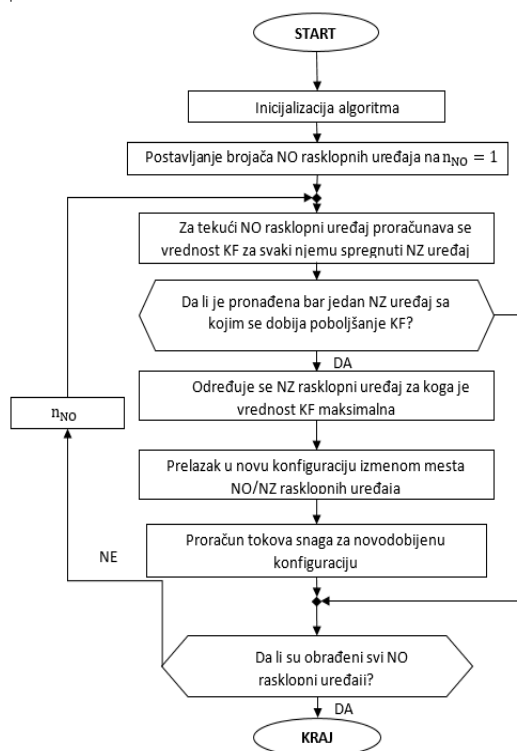
gde su:

 $IG^{(h)}, IG^{(h-1)}$ - vrednost gubitaka aktivne snage u radijalnoj konfiguraciji (h) i (h-1), respektivno, $J_j^{(h-1)}$ - struja grane (j), $\Delta V_k^{(h-1)}, \Delta V_m^{(h-1)}$ - pad napona u čvoru (k) i (m), u radijalnoj konfiguraciji (h-1), R_{petlje} - otpornost konture između dva napojna čvora koja sadrži granu u kojoj se nalazi NO rasklopni uređaj.

Ukoliko je $\Delta IG > 0$, gubici aktivne snage u konfiguraciji pre

izmene mesta NO/NZ rasklopnih uređaja veći su nego u konfiguraciji nakon izmene mesta NO/NZ rasklopnih uređaja, tj. ostvareno je poboljšanje KF.

Na slici 1 dat je globalni blok algoritam IG. Inicijalizacija algoritma obuhvata unošenje podataka o mreži (potrošnje u čvorovima, dužine deonica, statusa rasklopnih uređaja) i proračun tokova snaga kako bi se dobio režim mreže. Nakon toga, obrađuje se prvi NO rasklopni uređaj i računaju vrednosti KF. KF će biti proračunata za svaki sa njim spregnuti NZ rasklopni uređaj. Ukoliko se ne detektuje benefit prilikom obrade prvog NO rasklopnog uređaja, brojač se povećava za jedan i prelazi se na sledeći NO uređaj. Ukoliko je ipak detektovan benefit, bira se rešenje u kojem su vrednost KF najpovoljnija (najveća). Tada se prelazi u novu konfiguraciju mreže i računaju se tokovi snaga. Kada se obrade svi NO (i sa njima spregnuti NZ) rasklopni uređaji završava se algoritam.



Slika 1. Globalni blok dijagram algoritma IG

3. METOD PRETRAGE

Kao što je već napomenuto, glavni nedostatak metode IG je to što je konačno rešenje uslovljeno izborom početnog rešenja, odnosno dobija se lokalni optimum. Jedan od ciljeva ovog rada je pronaći koliko daleko je taj lokalni optimum od globalnog optimuma. Da bi se dobio globalni optimum korišćen je metod pretrage (MP) [2].

MP pronalazi sve moguće kombinacije ili skupove mogućih kombinacija statusa NO i NZ rasklopnih uređaja. Ukupan broj kombinacija je:

$$N = 2^n, \quad (3)$$

gde je n broj grana u DM u kojima postoji rasklopni uređaj. Nakon određivanja svih mogućih kombinacija, MP odbacuje kombinacije koje nemaju fizičkog smisla. Prvo se odbacuju konfiguracije u kojima makar jedan čvor nije napojen, a potom kombinacije u kojima postoji

upetljan pogon, tako da ostaju konfiguracije sa radijalnim pogonom u kojima je svaki čvor napojen. Za svaku od preostalih konfiguracija proračunavaju se tokovi snaga i gubici aktivne snage. Konfiguracija sa najmanjim gubicima aktivne snage odgovara mreži u kojoj je postignut globalni optimum u pogledu minimalnih gubitaka aktivne snage.

4. VERIFIKACIJA ALGORITMA IZMENE GRANA

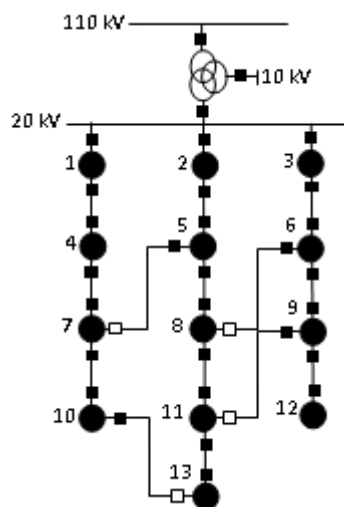
Verifikacija algoritma IG je izvršena proračunom nad tri test DM, koje se napajaju sa transformatorske stanice 110/20/10 kV/kV/kV. Transformatorske stanice 20/0.4 kV/kV su na slikama predstavljene ispunjenim kružićima, a njihov broj se razlikuje u tri razmatrane mreže. Rasklopni uređaji su označeni kvadratićima. Obojeni predstavljaju NZ, dok oni koji nisu obojeni predstavljaju NO rasklopne uređaje. Napojni 110/20/10 kV/kV/kV transformator opterećen je 70% i to opterećenje je nasumično raspoređeno po 20 kV izvodima. Ukupna aktivna i reaktivna snaga za sve test DM iznose 22 MW i 4.4 MVar, respektivno. Pogonski parametri vodova dati su u tabeli 1.

Tabela 1. Vrednosti pogonskih parametara vodova

Pogonski parametri vodova	Oznaka	Vrednost
Dužina izvoda	l	2 km
Pogonska rezistansa	R	0.220 Ω/km
Pogonska reaktansa	X	0.125 Ω/km
Pogonska susceptansa	B	$0.110 \cdot 10^{-3}$ [S/km]
Pogonska konduktansa	G	0 S/km

4.1. Prva test distributivna mreža

Razmatrana DM prikazana je na slici 2. Mreža je radijalna i sastoji se od tri izvoda, 13 potrošačkih čvorova (TS 20/0.4 kV/kV), 17 grana, 27 NZ i 4 NO rasklopna uređaja. Inicijano stanje mreže je takvo da prvi i treći izvod napajaju po 4 potrošačka čvora, dok drugi izvod napaja 5 potrošačkih čvorova. Nakon sumiranja gubitaka aktivne snage po granama dobija se ukupna vrednost 148.47 kW za inicijalnu topologiju.



Slika 2. Inicijalna topologija prve test DM

Primenom algoritma IG dolazi do promene topologije razmatrane DM kojom se najopterećeniji (drugi) izvod rasteretio. To je postignuto zatvaranjem NO prekidača između čvorova 6 i 8, 9 i 11, 10 i 13. Paralelno su se

otvorili prekidači između čvorova 5 i 8, 8 i 11, 11 i 13. Nakon ovih prekidačkih akcija prvi izvod napaja pet potrošačkih čvorova (1, 4, 7, 10 i 13), drugi samo dva (2 i 5) a treći ostatak DM. Ovakvim uklopnim stanjem smanjeni su ukupni gubici aktivne snage na vrednost 129.52 kW.

Primenom MP na razmatranu test DM dolazi se do slične topologije kao što je ona dobijena algoritmom IG. Realizovano je zatvaranje rasklopnih uređaja između čvorova 9 i 11, 10 i 13, dok su se oni između 8 i 11, kao i 11 i 13 otvorili kako bi se zadržala radijalna konfiguracija. Na ovaj način prvi izvod napaja pet potrošačkih čvorova (1, 4, 7, 10 i 13), drugi tri (2, 5 i 8), a treći ostatak mreže. Za dobijenu topologiju vrednost ukupnih gubitaka aktivne snage iznosi 125.75 kW.

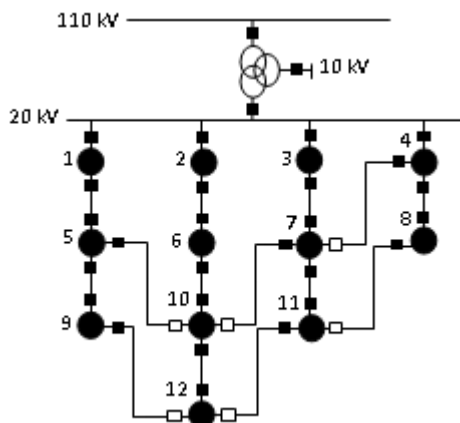
Rezultati za obe metode, dobijeni benefiti i vreme utrošeno za proračun, prikazani su u tabeli 2. Očekivano, MP daje bolje rešenje od algoritma IG. Međutim, uzimajući u obzir da je ta razlika uslovno rečeno mala, može se smatrati da algoritam IG daje zadovoljavajuće rešenje, posebno imajući u vidu vreme proračuna obe metode koje se značajno povećava sa porastom mreže.

Tabela 2. Benefit i vreme proračuna za prvu test DM

Prva test DM	Inicijalna topologija	IG	MP
Gubici [kW]	148.47	129.52	125.75
Benefit [%]	-	12.76	15.3
Vreme proračuna [min]	-	0.03	10

4.2 Druga test distributivna mreža

Razmatrana DM je prikazana na slici 3. Mreža je radijalna i sastoji se od četiri izvoda, 12 potrošačkih čvorova, 18 grana, 26 NZ i 6 NO rasklopnih uređaja. Inicijalno stanje mreže je takvo da prvi i treći izvod napajaju po 4 potrošačka čvora, dok drugi napaja 5 potrošačkih čvorova. Ukupni gubici za inicijalnu topologiju iznose 81.37 kW.



Slika 3. Inicijalna topologija druge test DM

Kao i u prvom primeru, algoritam IG obrađuje NO rasklopne uređaje (i sa njima spregnute NZ) od prvog do poslednjeg (prvo NO uređaj između čvorova 5 i 10, pa NO uređaj između čvorova 7 i 10, do poslednjeg NO uređaja između čvorova 11 i 12). Nakon izvršenog proračuna dobijena je nova topologija. Ukupni gubici su smanjeni i iznose 76.01 kW. Četvrti izvod je preuzeo deo opterećenja sa drugog i trećeg, tako da je opterećenje

ravnomernije raspoređeno, a gubici manji. Prvi izvod je ostao nepromenjen i napaja tri potrošačka čvora (1, 5 i 9), drugi napaja čvorove 2, 6 i 10, treći čvorove 3 i 7, dok četvrti izvod napaja preostale čvorove (4, 8, 11 i 12).

Primenom MP, nakon odbacivanja konfiguracija kod kojih nisu svi potrošački čvorovi napojeni i kod kojih nije zadržana radijalna konfiguracija, pronađena je topologija sa najmanjim gubicima aktivne snage i oni iznose 73.97 kW. U dobijenoj konfiguraciji prvi i drugi izvod napajaju po dva potrošačka čvora (1 i 5, odnosno 2 i 6), treći tri (3, 7 i 10), a četvrti ostale (4, 8, 11, 12 i 9).

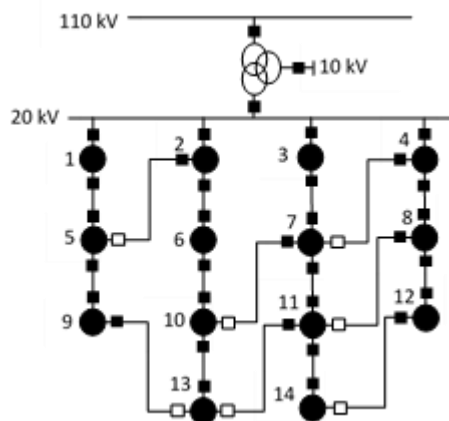
Primenom obe metode postignuta je bolja raspodela opterećenja po izvodima i manji gubici. Ostvareni benefiti su prikazani u tabeli 3. Vidi se da je benefit postignut algoritmom IG za 2.51% manji od benefita postignutog MP, ali treba imati u vidu koliko traje proračun MP, a koliko algoritmom IG. Kada se uzme u obzir i da je ovo mala test DM sa svega 12 potrošačkih čvorova i 18 grana, prednost treba dati algoritmu IG.

Tabela 3. Benefit i vreme proračuna za drugu test DM

Druga test DM	Inicijalna topologija	IG	MP
Gubici [kW]	81.37	76.01	73.97
Benefit [%]	-	6.59	9.1
Vreme proračuna [min]	-	0.03	17

4.3 Treća test distributivna mreža

Poslednja test mreža nad kojom se vrše proračuni optimalne rekonfiguracije prikazana je na slici 4. Sastoji se od četiri izvoda, 14 potrošačkih čvorova, 21 grana, 31 NZ i 7 NO rasklopnih uređaja. Prvi i četvrti izvod napajaju po tri potrošačka čvora, dok drugi i treći napajaju po četiri. Gubici za inicijalnu topologiju iznose 82.63 kW.



Slika 4. Inicijalna topologija treće test DM

Primenom algoritma IG nad inicijalnom konfiguracijom ostvaruje se smanjenje gubitaka i oni nakon rekonfiguracije iznose 70.7 kW. Nova konfiguracija je dobijena zatvaranjem NO prekidača između čvorova 7 i 10, 8 i 11, 9 i 13 i otvaranjem sa njima spregnutih NZ prekidača između čvorova 6 i 10, 7 i 11, 10 i 13. Ovakvim uklopnim stanjem rasterećen je drugi izvod. U novom režimu mreže, prvi izvod napaja četiri potrošačka čvora (1, 5, 9 i 13), drugi dva (2 i 6), treći tri (3, 7 i 10), a četvrti ostale potrošačke čvorove (4, 8, 11, 12 i 14).

Obrađivanjem svih mogućih kombinacija, MP je pronašao onu sa najmanjim gubicima aktivne snage koji za tu

konfiguraciju iznose 70.36 kW. U novonastaloj konfiguraciji opet je došlo do rasterećenja drugog izvoda. Zatvoreni su NO prekidači između čvorova 7 i 10, 9 i 13, dok su sa njima spregnuti NZ prekidači (6 i 10, 10 i 13) otvoreni, tako da prvi izvod napaja četiri potrošačka čvora (1, 5, 9 i 11), drugi dva (2 i 6), treći pet (3, 7, 10, 11 i 14), dok je četvrti izvod ostao nepromenjen u odnosu na inicijalnu topologiju.

Iz tabele 4 se vidi da je razlika benefita dobijenog algoritmom IG i MP svega 0.41%, tako da se može zaključiti da je algoritam IG dao rešenje vrlo blisko globalnom optimumu. Kada se na ovo doda vreme utrošeno za proračun, može se ponovo dati prednost algoritmu IG.

Tabela 4. Benefit i vreme proračuna za treću test DM

Treća test DM	Inicijalna topologija	IG	MP
Gubici [kW]	82.63	70.7	70.36
Benefit [%]	-	14.44	14.85
Vreme proračuna [min]	-	0.05	330

5. ZAKLJUČAK

U radu je opisana jedna metoda za proračun optimalne rekonfiguracije DM – algoritam IG. S obzirom da se radi o heurističkom pristupu, konačno rešenje zavisi od početnog, odnosno razmatrani algoritam rezultuje lokalnim, a ne globalnim optimumom. Kako bi se razmatrani algoritam verifikovao, uveden je MP. Ovaj metod daje globalni optimum jer je zasnovan na kombinatornom pretraživanju svih mogućih konfiguracija.

Nakon analiziranja rezultata za razmatrane test mreže, dolazi se do zaključaka da MP daje bolja rešenja u odnosu na algoritam IG. Za prvu test DM ostvaren je benefit od 15.3% naspram 12.76%. Za drugu test mrežu, MP je ostvario benefit od 9.1% naspram 6.59% koliki je benefit dobijen primenom algoritma IG. Za treću test DM MP ostvaren je benefit od 14.85%, a algoritmom IG 14.44%. Imajući u vidu vreme proračuna za test mreže, zaključuje se da će ono samo rasti sa porastom dimenzije mreže. Međutim, kod algoritma IG proračuni traju svega nekoliko sekundi, dok kod MP i do nekoliko sati za mrežu preko 20 grana i nekoliko NO rasklopnih uređaja. Može se zaključiti da bi proračun MP za veću DM mogao trajati jako dugo, tako da je isti neupotrebljiv za DM realnih veličina.

Iako je rešenje dobijeno primenom algoritma IG „zarobljeno“ oko lokalnog minimuma, jasno se zaključuje da algoritam IG ima smisao u praktičnoj primeni. Ono što je pokazano na razmatranim primerima jeste da rešenje dobijeno algoritmom IG ne odstupa mnogo od globalnog optimuma.

Pored toga, ovaj algoritam je izuzetno efikasan. Njegovoj efikasnosti svakako doprinosi činjenica da se proračun tokova snaga vrši tek kad se detektuje najbolja kombinacija NO i NZ rasklopnog uređaja. Pored toga, algoritam IG daje jasan redosled topoloških operacija koje treba izvršiti kako bi se dostiglo željeno stanje DM.

6. LITERATURA

- [1] X.Xu, C.Wang, X.Feng: A Tabu Search Approach for Distribution Network Reconfiguration Based on GIS; *Intelligent Systems and Applications*, International Workshop 2009, pp. 1-4.
- [2] D.Popović, D.Bekut, V.Dabić: *Specijalizovani DMS Algoritmi*; Prosveta, Novi Sad, 2011.
- [3] Jizhong Zhu: *Optimization of Power System Operation*, Second edition, Hoboken, New Jersey, 2015 pp. 482-529.
- [4] Ning Xiong, Haozhong Cheng, Liangzhong Yao, Masoud Bazargan: *Switch group based tabu search algorithm for distribution network reconfiguration*, Nanjing China, 2008 pp. 6-9.

Kratka biografija:



Bojan Čajetinac je rođen u Osijeku 1991. godine. Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu upisao je školske 2010/2011. godine, smer energetika, elektronika i telekomunikacije. Diplomski i master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – smer Elektroenergetski sistemi odbranio je 2015. i 2017. godine, respektivno.



Savo Đukić rođen je u Novom Sadu 1983. godine. Diplomirao je i doktorirao na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – smer Elektroenergetski sistemi 2007. i 2014. godine, respektivno.

**ANALIZA PERFORMANSI ALGORITAMA MAŠINSKOG UČENJA PRILIKOM
AUTOMATSKOG ODREĐIVANJA SENTIMENTA TVITER PORUKA****PERFORMANCE ANALYSIS OF MACHINE LEARNING ALGORITHMS IN
AUTOMATIC DETECTION OF TWITTER DATA SENTIMENT**

Igor Jovin, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Ovaj rad se bavi istraživanjem performansi različitih algoritama mašinskog učenja prilikom klasifikacije poruka sa društvene mreže Tviter (tvitova) po polaritetu iskazanih emocija (sentimentu) na pozitivne i negativne. Algoritmi koji su razmatrani su SVM (Support Vector Machines), Naive Bayes i Random Forest. Za svaki algoritam ispitivan je uticaj različitih tehnika pretprocesiranja podataka (lematizacija, stemming), uticaj različitih načina formiranja skupa atributa (izdvajanje frekventnih unigrama¹, regularnih bigrama², bigrama formiranih POS³ (Parts of Speech) tehnikom, kao i bigrama negacije iz obučavajućeg skupa), kao i uticaj različitih implementacija algoritama i optimizacije njihovih parametara na rezultate klasifikacije. Implementacije SVM algoritma, koje su razmatrane bile su C-SVC (optimizacija parametra mekane margine C) i nu-SVC (optimizacija balansirano parametra nu). Razmatrane Naive Bayes implementacije bile su Bernoulli i Complement (optimizacija smoothing parametra). Kod Random Forest algoritma optimizovani su parametri dubine stabala, broja atributa prilikom razdvajanja čvora, kao i broja iteracija. Najbolji rezultat, sa tačnošću od 80.5%, postignut je korišćenjem Complement implementacije Naive Bayes algoritma, uz korišćenje lematizacije, skupa atributa formiranog od unigrama i bigrama negacije, kao i podešavanjem smoothing parametra na vrednost od 0.6. Zaključeno je da je na dobijanje optimalnih rezultata klasifikacije kod SVM algoritma najviše utiče izbor njegove implementacije, kernel funkcije i vrednosti optimizacionog parametra C. Kod Naive Bayes algoritma važno je odabrati pogodnu implementaciju, kao i tehniku pretprocesiranja tvitova. Na rezultate Random Forest algoritma najviše utiče optimizacija parametara dubine stabala i broja iteracija.

Abstract – This paper studies the performance of different machine learning algorithms in the case of classification of Twitter messages (tweets) by sentiment. The algorithms that were examined were SVM (Support Vector Machines), Naive Bayes and Random Forest. The contribution to classification results of different data preprocessing techniques (lemmatization, stemming),

different ways of forming a feature set (extraction of the most frequent unigrams, regular bigrams, bigrams formed using the POS (Parts of Speech) technique and negation bigrams), as well as the impact of different algorithm implementations and the optimization of their parameters were examined for every algorithm. The implementations of the SVM algorithm, that were considered were C-SVC (optimization of the soft margin constant C) and nu-SVC (optimization of the balanced parameter nu). Naive Bayes implementations, that were considered were Bernoulli and Complement (optimization of the smoothing constant). For the Random Forest algorithm, parameters, which were optimised, were tree depth, number of attributes for leaf splitting, as well as the number of iterations. The best results, with an accuracy of 80.5%, were obtained using the Complement implementation of the Naive Bayes algorithm, in combination with lemmatization, a feature set, that contained unigrams and negation bigrams, as well as setting the smoothing constant to the value of 0.6. It has been concluded that optimal classification results using the SVM algorithm are reached when a suitable implementation is chosen, as well as the optimal kernel function and optimal value of the C parameter. When using the Naive Bayes algorithm, it is important to choose a good implementation, as well as a good tweet preprocessing technique. The results of the Random Forest algorithm are best when choosing optimal values of the tree depth and number of iterations parameters.

Ključne reči: Istraživanje i analiza podataka, Klasifikacija teksta, Tviter sentiment analiza, SVM, C-SVC, nu-SVC, Complement Naive Bayes, Bernoulli Naive Bayes, Random Forest.

1. UVOD

Tviter (Twitter, www.twitter.com) je jedna od najpopularnijih društvenih mreža današnjice. Omogućava korisnicima da objavljuju kratke poruke, koje se nazivaju „tvitovi“. Klasifikacija tvitova po osećanjima koja iskazuju može predstavljati osnov za ispitivanje ciljne grupe korisnika o određenom događaju, proizvodu, kompaniji, itd. To je motivisalo razvoj programa specijalizovanih za automatsku analizu mišljenja i sentimenta korisnika Tvitera. Ovakvi programi mogu da koriste različitim kompanijama za ispitivanje javnog mnjenja, kao i korisnicima, za formiranje mišljenja o proizvodu. Klasifikacija teksta na osnovu osećanja je tema mnogih istraživanja. Tvitovi su specifične tekstualne celine: kratki su, neformalniji i sadrže *microblogging*⁴

¹ pojedinačne reči, koje se izdvajaju iz trening skupa

² dve uzastopne reči, koje se izdvajaju iz trening skupa

³ tagovanje reči po njenoj vrsti, ili sintaktičkom značenju

NAPOMENA:

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

⁴ eng. postupak kreiranja i postavljanja kratkih poruka na neki mikroblog (npr. socijalnu mrežu)

karakteristike (*hashtag*⁵-ovi, emotikoni, akronimi). Zadatak ovog rada je da predstavi i uporedi rezultate klasifikacije tvitova prema osećanju koje nose (pozitivno, ili negativno), dobijene korišćenjem različitih algoritama za mašinsko učenje u kombinaciji sa različitim tehnikama pretprocesiranja podataka i formiranja skupa atributa. Rad sadrži 5 sekcija. U narednoj sekciji naveden je uporedni prikaz prethodnih rešenja i vladajućih stavova na temu sentiment analize. Treća sekcija posvećena je definiciji problema i metodologiji za njegovo rešavanje. Četvrta sekcija se bavi eksperimentalnom evaluacijom dobijenih rezultata, a peta sumarizacijom rada i pravcima daljeg razvoja.

2. PRETHODNA REŠENJA

Analiza sentimenata i klasifikacija teksta su predmet mnogobrojnih istraživanja. Naučni radovi na ovu tematiku najčešće se bave analizom raznih recenzija, književnih radova, kao i blogova⁶ i mikroblogova⁷. U radu [1] najbolji rezultati postignuti su korišćenjem *SVM* algoritma sa najfrekventnijim unigramima iz trening skupa u skupu atributa. Autori rada [2] su postigli gotovo jednaku tačnost klasifikacije koristeći *SVM* i *Naive Bayes* algoritme. Rad [3] bavio se uticajem različitih kernel funkcija *SVM* algoritma na rezultate klasifikacije dokumenata. U njemu je zaključeno da radijalna kernel funkcija poboljšava rezultate klasifikacije. Pored kernel funkcija, kod *SVM* algoritma moguće je optimizovati parametar *C* (konstanta meke margine). Uz izbor radijalne kernel funkcije i vrednosti *C* = 10, autori rada [4] dobili su visoke rezultate prilikom sentiment klasifikacije tvitova. U radu [5] autori su zaključili da *Naive Bayes* algoritam postiže najbolje rezultate kada se koristi njegova *Bernoulli* implementacija, skup atributa, koji sadrži unigrame, n-grame dobijene *POS* tehnikom i negirane reči uz pomoć sentiment leksikona. Pored *SVM* i *Naive Bayes* algoritama, u pojedinim radovima razmotren je i *Random Forest* algoritam. U radu [6] autori su empirijski odredili da na rezultate klasifikacije tvitova uz pomoć *Random Forest* algoritma najviše utiče parametar za broj stabala, kao i parametar broja atributa prilikom podele čvora. Rad [7] korišćen je kao polazna tačka za ovaj rad⁸. U njemu je zaključeno da *POS* tehnika i predstavljanje tvita kao binarnog vektora atributa najviše doprinosi poboljšanju rezultata klasifikacije. Poslednje inovacije na polju Tviter sentiment analize predstavljene su u radu [8], gde se istražuje kako sarkazam utiče na određivanje sentimenta tvitova

3. METODOLOGIJA I ALATI

U ovoj sekciji predstavljene su primenjene metodologije za određivanje sentimenta tvitova. Izložen je pristup u procesu pretprocesiranja tvitova, kao i svaki od 3 korišćena algoritma za mašinsko učenje. Posebna pažnja posvećena je opisu optimizacionih parametara ovih algoritama, kao i njihovom uticaju na rezultate klasifikacije. Sistem za klasifikaciju preuzet je iz rada [7].

Trening skup formiran je na isti način kao u radu [7], kao podskup trening skupa iz rada [9]. Test skup je takođe preuzet iz rada [9]. Trening skup sastojao se iz 40000 automatski označenih tvitova, dok se test skup sastojao iz 359 ručno označenih tvitova. Podsystem za pretprocesiranje tvitova istovetan je kao u radu [7].

3.1. Izbor skupa atributa

U ovom radu korišćen je skup atributa formiran na isti način kao u radu [7], uz pomoć modela „vreće sa rečima“. Ovaj model ne uzima u obzir redosled reči u dokumentu. Svaki tvit je predstavljen kao vektor u vektorskom skupu atributa, *feature presence* tehnikom, kao u radu [7] (u vektor se upisuje broj 1 ako je atribut prisutan u tvitu, ili broj 0 ako nije). U ovom istraživanju u skup atributa, koji se koristi prilikom obučavanja i klasifikacije, svrstani su unigrami i bigrami, koji se iz trening skupa izdvajaju uz pomoć različitih tehnika.

3.1.1. Bazični skup atributa

Bazični skup atributa se u ovom radu sastoji iz unigrama. On predstavlja osnovu svih kombinacija skupova atributa. Unigrami su birani na osnovu frekvencije pojavljivanja u trening skupu, na isti način kao što je opisano u radu [7]. U ranijim radovima se pokazalo da ovakav način izdvajanja unigrama povećava performanse svakog klasifikatora, naročito *SVM* i *Random Forest* [1][3][6].

3.1.2. Regularni bigrami

Regularni bigrami su sekvence od dve uzastopne reči, koje se najčešće pojavljuju u trening skupu [7]. Tačan izbor regularnih bigrama, koji se uvrštavaju u skup atributa vršen je na isti način kao u radu [7].

3.1.3. Parts of Speech (POS) bigrami

POS tagovanje je postupak pridruživanja oznake (taga) vrste reči svakoj reči u tekstu [7]. Motivacija za primenu ovakve tehnike u sentiment analizi leži u činjenici da neke vrste reči imaju veći uticaj na određivanje sentimenta od drugih vrsta reči [9]. *POS* tagovanje je u ovom radu korišćeno kako bi se izdvojili svi bigrami, koji odgovaraju unapred definisanim šablonima, kao u radu [7].

3.1.4. Bigrami negacije

U ovom radu je odlučeno da se negacije formiraju kao posebna vrsta *POS* bigrama i uvrste u skup atributa, kako bi klasifikator bolje „razumeo“ kontekst tvitova. Skup bigrama negacije činili su oni bigrami, koji se sastoje iz negacije (predlog, ili glagol) i reči, koju ona negira (glagol).

3.2. Algoritmi za mašinsko učenje

Glavni deo ovog istraživanja fokusiran je na ispitivanje algoritama za mašinsko učenje prilikom sentiment klasifikacije tvitova. Ispitivani su algoritmi: *SVM* (*Support Vector Machines*), *Naive Bayes* i *Random Forest*. Kako bi se maksimizovali rezultati klasifikacije, za svaki algoritam je ispitan uticaj tehnika pretprocesiranja i formiranja skupa atributa, bez promene optimizacionih parametara. Nakon utvrđivanja optimalne kombinacije ovih tehnika vršena je optimizacija parametara.

3.2.1. SVM (Support Vector Machines)

Mašine potpornih vektora (*SVM*) su skup algoritama za mašinsko učenje, koji su se u mnogim slučajevima pokazali kao najbolji klasifikatori za klasifikaciju teksta [9]. Ukoliko ulazni podaci u *SVM* algoritam nisu linearno

⁵ eng. reč, ili fraza, kojoj prethodi znak tarabe (#). Koristi se na socijalnim mrežama, kako bi se identifikovale poruke sa određenom tematikom

⁶ internet stranica, koja se redovno ažurira, a na njoj je tekst pisan u neformalnom stilu

⁷ umanjena verzija bloga, najčešće društvena mreža

⁸ Autor ovog rada delom je učestvovao u izradi rada [7]

separabilni, oni se mogu transformisati u drugi prostor u kome to jesu, uz pomoć kernel funkcija. U ovom radu ispitan je uticaj linearne i radijalne kernel funkcije, jer su u prethodnim radovima njihovim korišćenjem postignuti dobri rezultati klasifikacije [3][4][9].

SVM algoritam moguće je optimizovati uz pomoć nekoliko parametara, u zavisnosti od toga koja njegova implementacija se koristi. U ovom radu korišćene su *C-SVC* i *nu-SVC* implementacije. Kod *C-SVC* implementacije klasifikatora, obučavanje podrazumeva minimizaciju funkcije greške. U toj minimizaciji presudan je uticaj parametra *C* (konstanta meke margine), kojim se penalizuje greška. Kod *nu-SVC* implementacije, parametar *C* zamenjuje se parametrom *nu*. Prednost *nu-SVC* klasifikatora u odnosu na *C-SVC* je to što ograničava broj vrednosti, koje parametar penalizacije greške klasifikacije može da ima. Parametar *nu* uzima vrednosti iz skupa $[0,1]$ i služi za kontrolu broja potpornih vektora i granice greške klasifikacije [10].

3.2.2. Naive Bayes

Naive Bayes klasifikator se zasniva na Bajesovoj teoremi, ali podrazumeva uslovnu nezavisnost atributa [11]. On se pokazao kao dobar klasifikator prilikom sentiment analize teksta [1][9].

Postoji više implementacija ovog klasifikatora. U ovom radu razmatrane su *Bernoulli* i *Complement* implementacije, jer su se one u ranijim radovima pokazale kao optimalne za klasifikaciju teksta [12][13]. Kod *Bernoulli* implementacije podaci su predstavljeni vektorom, koji se popunjava *feature presence* tehnikom [14]. Kod *Complement Naive Bayes* implementacije podaci se predstavljaju *feature frequency* tehnikom: za svaki atribut iz skupa atributa se u vektor, koji reprezentuje tvit, upisuje njegov broj pojavljivanja u tvitu [14]. Ova implementacija algoritma rešava problem postojanja više primera u trening skupu, koje pripadaju jednoj klasi, od primera koji pripadaju ostalim klasama, tako što se se procena pripadnosti primera jednoj klasi vrši korišćenjem podataka iz svih drugih klasa, osim posmatrane.

3.2.3. Random Forest

Random Forest klasifikator spada u klasifikatore ansambla. On kreira velik broj stabala odlučivanja u vreme treniranja. Rezultirajuća klasa prilikom klasifikacije primera je mod svih klasa, koje su određene pojedinačnim stablima u ansamblu [15]. Postoje dva izvora slučajnosti u ovom algoritmu: *bagging* i *bootstrapping*. *Bagging* je tehnika kojom se vrši uniformno uzorkovanje sa vraćanjem nad originalnim trening skupom i svako pojedinačno stablo se trenira uz pomoć tih uzoraka. *Bootstrapping* je tehnika kojom se uzima predefinisani broj nasumično odabranih atributa iz skupa atributa, koji se koriste prilikom podele čvora iz ansambla na podstabla [16]. Kod *Random Forest* klasifikatora moguće je izvršiti optimizaciju parametara dubine stabala, broja atributa za *bootstrapping*, kao i broja iteracija. U radu [6] postignuta je visoka tačnost ovog algoritma prilikom sentiment analize teksta.

4. EVALUACIJA I REZULTATI

Evaluacija je vršena nad test skupom opisanom u prethodnom poglavlju, preuzetom iz rada [7]. U tabeli 1. prikazani su rezultati evaluacije *SVM* klasifikatora, u

tabeli 2 prikazani su rezultati evaluacije *Naive Bayes* klasifikatora, dok su u tabeli 3 prikazani rezultati evaluacije *Random Forest* klasifikatora. U tabeli 4 prikazani su uporedni rezultati evaluacije sva 3 korišćena klasifikatora. Oznake iz tabela su sledeće metrike: T - tačnost, PP - preciznost pozitivnih tvitova, PN - preciznost negativnih tvitova, OP - odziv pozitivnih tvitova, ON - odziv negativnih tvitova, FP - F mera pozitivnih tvitova i FN - F mera negativnih tvitova.

Tabela 1. Rezultati evaluacije *SVM* klasifikatora

	C-SVC (C = 60, RBF, lem)	nu-SVC (nu = 0.7, RBF, lem)
T	77.72%	78.83%
PP	73.39%	74.77%
PN	84.4%	84.83%
OP	87.91%	87.91%
ON	67.23%	69.49%
FP	80.0%	80.81%
FN	74.84%	76.4%

Svi rezultati su izraženi procentualno

Kao što se vidi u tabeli 1, najbolji rezultati *SVM* klasifikatora postignuti su korišćenjem njegove *nu-SVC* implementacije. Pri tome je kao tehnika pretprocesiranja korišćena lematizacija, a skup atributa se sastojao iz unigrama i bigrama negacije. Kernel funkcija koja je korišćena je radijalna, a parametar *nu* je bio podešen na vrednost od 0.7. Pokazalo se da je sistem uvrštavanja bigrama negacija u ovom radu doproneo poboljšanju rezultata klasifikacije u odnosu na radove [1] i [9]. Radijalna kernel funkcija je potvrđena kao optimalna [11].

Tabela 2. Rezultati evaluacije *Naive Bayes* klasifikatora

	Bernoulli (lem, neg + uni)	Complement (lem, neg + uni, S = 0.6)
T	72.98%	80.5%
PP	70.14%	78.28%
PN	77.03%	83.23%
OP	81.32%	85.16%
ON	64.41%	75.71%
FP	75.32%	81.58%
FN	70.16%	79.29%

U tabeli 2 vidi se da je optimalna implementacija *Naive Bayes* klasifikatora *Complement*, što se podudara sa prethodnim istraživanjem [13]. Kao tehnika pretprocesiranja korišćena je lematizacija, dok se skup atributa sastojao iz unigrama i bigrama negacije. *Smoothing* konstanta bila je podešena na vrednost od 0.6.

Tabela 3. Rezultati evaluacije *Random Forest* klasifikatora

	RF (D = 80)	RF (A = 20)	RF (I = 120)
T	77.72%	75.77%	77.44%
PP	72.97%	71.3%	72.25%
PN	85.4%	83.09%	86.36%
OP	89.01%	87.36%	90.11%
ON	66.1%	63.84%	64.41%
FP	80.2%	78.52%	80.2%
FN	74.52%	72.2%	73.79%

U tabeli 3 može se videti da su najbolji rezultati kod *Random Forest* algoritma postignuti podešavanjem parametra dubine stabala na 80. Kao tehnika

pretprocesiranja korišćen je stemming, a skup atributa se sastojao iz unigrama i POS bigrama.

Iz tabele 4 može se zaključiti da je optimalan klasifikator za sentiment klasifikaciju tvitova *Complement Naive Bayes*. Sa njim su postignute najviša tačnost klasifikacije i *F* mere. Razlog zbog kojeg je u ovom radu *Naive Bayes* algoritam postigao bolje rezultate od *SVM* i *Random Forest* algoritama leži u činjenici da je korišćena njegova *Complement* implementacija, koja se pokazala kao mnogo bolja za sentiment klasifikaciju, u odnosu na implementaciju korišćenu u radu [9].

Pored zaključka o tome koji algoritam je optimalan, iz dobijenih rezultata zaključeno je i da je kod *SVM* algoritma najvažnije odabrati njegovu pogodnu implementaciju i da je važno dobro optimizovati parametar prilikom klasifikacije, kako bi se dobili optimalni rezultati. Pored ovoga, važan je i izbor kernel funkcije. Kod *Naive Bayes* algoritma je takođe važno odabrati pogodnu implementaciju. Pored ovoga, važno je izabrati optimalnu tehniku pretprocesiranja tvitova. Za dobijanje najboljih rezultata kod *Random Forest* algoritma najvažnije je dobro optimizovati parametre za dubinu stabala i broj iteracija.

Tabela 4. *Uporedni rezultati evaluacije svih algoritama*

	SVM (nu-SVC)	Naive Bayes (Complement)	Random Forest
T	78.83%	80.5%	77.72%
PP	74.77%	78.28%	72.97%
PN	84.83%	83.23%	85.4%
OP	87.91%	85.16%	89.01%
ON	69.49%	75.71%	66.1%
FP	80.81%	81.58%	80.2%
FN	76.4%	79.29%	74.52%

5. ZAKLJUČAK

Problem koji je rešavan u ovom radu je analiza performansi algoritama za mašinsko učenje prilikom klasifikacije tvitova na dve grupe sentimenta: pozitivnu i negativnu. U istraživanju su ispitana tri algoritma: *SVM*, *Naive Bayes* i *Random Forest*. Ispitane su sve njihove alternativne implementacije. Za svaku implementaciju ispitan je uticaj tehnika pretprocesiranja podataka, kao i različitih skupova atributa na njihove performanse. Pored toga, ispitan je i uticaj različitih empirijski odabranih vrednosti njihovih optimizacionih parametara na rezultate klasifikacije tvitova na sentimente. Kao tehnike pretprocesiranja korišćeni su stemming i lematizacija. U skup atributa uvrštavani su unigrami, regularni bigrami, kao i bigrami dobijeni POS tehnikom i bigrami negacije. Kod *SVM* algoritma ispitane su *C-SVC* i *nu-SVC* implementacije. Optimizovani su parametri meke margine *C* i balansirani parametar *nu*. Kod *Naive Bayes* algoritma ispitane su *Bernoulli* i *Complement* implementacije. Optimizovan je smoothing parametar. Kod *Random Forest* algoritma optimizovani su parametri dubine stabala, broja atributa prilikom podele čvora, kao i parametar broja iteracija. Najbolji rezultat: tačnost u iznosu od 80.5%, postignut je korišćenjem *Complement* implementacije *Naive Bayes* algoritma.

Dodatna evaluacija performansi u ovom radu išla bi u smeru korišćenja većeg trening skupa. Takođe bi se

mogla posvetiti pažnja klasifikaciji tvitova u više grupa (npr. vrlo pozitivni, vrlo negativni). S obzirom da je Tviter podržan u više od 60 jezika, jedna od pravaca daljeg razvoja mogao bi biti i internacionalizacija sentiment analize.

LITERATURA

- [1] B. Pang, L. Lee, i S. Vaithyanathan, "Thumbs up?: sentiment classification using machine learning techniques," EMNLP 2002 - Volume 10, pp. 79–86. Association for Computational Linguistics. K. Elissa, 2002.
- [2] B. Pang i L. Lee, "A Sentimental Education: Sentiment Analysis Using Subjectivity Summarization Based on Minimum Cuts," 42nd Meeting of the Association for Computational Linguistics (ACL), pp. 271–278, Jul 2004.
- [3] M. Ageev, B. Dobrov, "Support Vector Machine Parameter Optimization for Text Categorization Problems", In ISTA, pp. 165–176, 2003.
- [4] B. Jadav, V. Vaghela, "Sentiment Analysis using Support Vector Machine based on Feature Selection and Semantic Analysis", International Journal of Computer Applications (0975–8887), Volume 146 – No. 13, July 2016.
- [5] P. Gamallo, M. Garcia, "Citius: A Naive Bayes Strategy for Sentiment Analysis on English Tweets", Proceedings of the 8th International Workshop on Semantic Evaluation (SemEval 2014), pp. 171–175, Dublin, Ireland, August 2014.
- [6] H. Parmar, S. Bhandari, G. Shah, "Sentiment Mining of Movie Reviews using Random Forest with Tuned Hyperparameters", International Conference on Information Science, At Kerala, July 2014.
- [7] D. Petrović, "Pretprocesiranje podataka i generisanje skupa atributa za sentiment analizu Tviter poruka", Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, decembar 2016.
- [8] S. Rosenthal, A. Ritter, P. Nakovi, V. Stoyanov, "SemEval-2014Task9: Sentiment Analysis in Twitter", In Proceedings of the 8th International Workshop on Semantic Evaluation (SemEval), pp. 73–80, Association for Computational Linguistics and Dublin City University, August 2014.
- [9] A. Go, R. Bhayani i L. Huang, "Twitter sentiment classification using distant supervision," Technical report, Stanford, 2009.
- [10] C. C. Chang, C. J. Lin, "Training nu-Support Vector Machines: Theory and Algorithms", Neural Computation, Massachusetts Institute of Technology, 2001.
- [11] K. M. Leung, "Naive Bayesian Classifier", Polytechnic University, Department of Computer Science, Finance and Risk Engineering, November 2007.
- [12] R. Talbot, C. Acheampong, R. Wicentowski, "SWASH: A Naive Bayes Classifier for Tweet Sentiment Identification", Proceedings of the 9th International Workshop on Semantic Evaluation (SemEval 2015), pp. 626–630, Denver, Colorado, June 2015.
- [13] J. D. M. Rennie, L. Shih, J. Teevan, D. R. Karger, "Tackling the Poor Assumptions of Naive Bayes Text Classifiers", Proceedings of the Twentieth International Conference on Machine Learning (ICML-2003), Washington DC, 2003.
- [14] Naive Bayes, SciKit Learn, http://scikit-learn.org/stable/modules/naive_bayes.html
- [15] A. Kovačević, Predavanja iz predmeta "Sistemi za istraživanje i analizu podataka", školska 2015/2016., Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu
- [16] S. Bernard, L. Heutte, S. Adam, "Influence of Hyperparameters on Random Forest Accuracy", Lecture Notes in Computer Science, vol. 5519, pp.171-180, 2009.

Kratka biografija:



Igor Jovin je rođen 30.12.1992. godine u Novom Sadu. Osnovnu školu „Kosta Trifković“ u Novom Sadu završio je 2007. godine. Gimnaziju „Jovan Jovanović Zmaj“ u Novom Sadu završio je 2011. godine. Iste godine upisao se na Fakultet tehničkih nauka, odsek Računarstvo i automatika. Osnovne studije je završio 2015. godine, nakon čega upisuje master akademske studije na Fakultetu tehničkih nauka, smer Softversko inženjerstvo i informacione tehnologije. Položio je sve ispite propisane planom i programom.

**UPRAVLJANJE VETROELEKTRANOM SA SINHRONOM MAŠINOM SA STALNIM
MAGNETIMA I PUNOUPRAVLJIVIM PRETVARAČEM****CONTROL OF VARIABLE SPEED WIND TURBINE WITH PERMANENT MAGNET
SYNCHRONOUS GENERATOR**Mladen Simić, Zoran Ivanović, Stevan Grabić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj - U radu je analizirano upravljanje vetro-generatora sa sinhronim generatorom sa stalnim magnetima napajanog iz punoupvljivog pretvarača. Modelovani su elementi vetroelektrane, kao što su aerodinamički podsistem, mehanički sklop, generator i pretvarač. Posebna pažnja je posvećena upravljanju, generatorom i pretvaračem prema električnoj mreži. Vetrogeneratorom se upravlja tako da se uvek iskorišćava maksimalna raspoloživa snaga iz vetra. Regulacijom aktivne i reaktivne snage, kao i naponom jednosmernog međukola pretvarača prema mreži omogućen je prenos sve raspoložive snage u električnu mrežu. Model je realizovan u programskom paketu Matlab/Simulink.

Abstract – This paper describes how wind turbine works with synchronous generator with permanent magnets fed from full control inverter. Modeled of wind turbine elements, like aerodynamic model, mechanical model, generator and converter are showed. Special attention was dedicated to the control mechanism, i.e. converter on the grid. Wind turbine be controlled so as to always exploit the maximum available power from the wind. Regulation of active and reactive power, as well as the DC voltage converter according to the grid-enabled transfer all available power into the electricity grid. The model is implemented in the software package Matlab/ Simulink.

Cljučne reči: Vetrogenerator, Dvostruki pretvarač

1 UVOD

Potreba savremenog čoveka za svim vidovima energije raste iz dana u dan. Za razliku od fosilnih goriva, energije vetra predstavlja nepresušan prirodni energetske resurs.

Korišćenje ove energije predstavlja jedan od ekoloških najčistijih načina za dobijanje električne energije – vetroelektrana ne zrači veliku toplotu, ne ispušta otpad, imaju vrlo nizak nivo buke, uz to vetar se ne može potrošiti. Vetroenergetika je mlada grana energetike koja se intenzivno razvija u pogledu razvoja vetrogeneratora.

Prema analizama međunarodne agencije za energiju (IEA), u narednih 20 godina u Evropskoj uniji će zavisnost od uvoza energije sa sadašnjih 50% porasti na čak 70%. Do 2020. u Evropskoj uniji je aktuelan i program 3x20: smanjenje emisije ugljenika za 20%, poboljšanje energetske efikasnosti za 20% i obaveza da 20% energetske potrošnje potiče iz obnovljivih izvora [1].

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Zoran Ivanović, docent.

2 VETROTURBINA**2.1 Vrste vetroturbin**

Cilj je da se postigne što veći stepen iskorišćenja i stabilan rad u što širem opsegu brzina vetra. Razvoj vetroturbin je još uvek intenzivan. Postoje vetroturbin sa vertikalnom i horizontalnom osovinom.

Kod vetroturbin sa vertikalnom osovinom vetar struji normalno na osu rotacije, pa se one ne moraju usmeravati prema smeru duvanja vetra. Kod njih se generator postavlja u podnožje turbine, te nisu potrebni jaki tornjevi.

Vetroturbina sa horizontalnom osovinom mogu biti postavljene uz i niz vetar. Vetroturbin postavljene niz vetar se same prilagođavaju smeru vetra. Nedostatak im je što lopatice pri rotaciji prolaze kroz zavetrinu stuba, čime se stvaraju mehaničke vibracije i buka.

Moderne vetroturbin se grade sa horizontalnom osovinom koja ima sistem za zakretanje osovine u horizontalnoj ravni za praćenje promene smera vetra. Mogu imati različit broj lopatica, ali se za veće snage najčešće koriste tri lopatice jer daju najveći stepen iskorišćenja.

**3 MODELOVANJE VETROTURBINE I
MEHANIČKOG DELA****3.1 Modelovanje vetroturbin**

Lopatice vetroturbin izvlače kinetičku energiju iz vetra i transformišu je u mehaničku energiju. Kinetička energija u vazduhu sa masom m i brzinom v jednaka je:

$$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad (3.1.1)$$

Snaga u pokretu vazduha (pod pretpostavkom da je ujednačena brzina vetra) jednaka je:

$$P = \frac{dE}{dt} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad (3.1.2)$$

Vetroturbina može raspolagati samo delimično ograničenim procentom kinetičke energije vetra. Veličina te energije u jedinici vremena zavisi od rotorske površine i brzine vetra, zatim od gustine vazduha, ali i od ugaone brzine rotora. Snaga kojom se vrši konverzija energije vetra, odnosno mehanička snaga P_{meh} koju razvija vetroturbina na svom vratilu je [2]:

$$P_{meh} = \frac{1}{2} \cdot C_p \cdot \rho \cdot \pi \cdot R^2 \cdot v_{wind}^3 \quad (3.1.3)$$

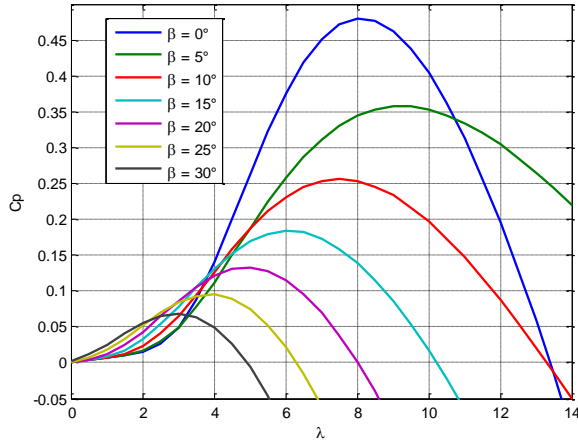
gde su: ρ -gustina vazduha, R -radijus vetroturbin, v_{wind} -brzina vetra, C_p -koeficijent iskorišćenja snage vetroturbin. Koeficijent snage C_p je funkcija dve promenljive, $C_p=f(\lambda, \beta)$ gde je λ odnos vršne translacione brzine lopatice elise i brzine vetra:

$$\lambda = \frac{\omega \cdot R}{v_{wind}} \quad (3.1.4)$$

dok ugao β predstavlja ugao zakretanja lopatice elise u odnosu na pravac duvanja vetra. Teorijski maksimum koji može da se dobije od koficijenta snage je $C_p=0.593$. Nelinearnu bezdimenzionalna C_p karakteristika je predstavljena kao:

$$C_p(\lambda, \beta) = C_1 \cdot \left(\frac{C_2}{\gamma} - C_3 \cdot \beta - C_4 \right) e^{\frac{-C_5}{\gamma}} + C_6 \cdot \lambda \quad (3.1.5)$$

Na osnovu ove jednačine može da se da primer familije krivih C_p i da se izabere najpoželjniji ugao λ .



Slika 3.1 Koeficijent snage C_p

Sa slike 3.1 vidi se da za ugao $\beta=0^\circ$ dobija se maksimalno C_p . Što će se dalje koristiti u ovom radu.

3.2 Modelovanje mehaničkog dela

Pogonski (mehanički deo) sistema vetroturbine sastoji se od mehanizma zakretanja lopatica, središta (*hub*) sa lopaticama, rotora vratila i reduktora sa generatorom. Pogonski model uključuje obe inercije, inerciju turbine i inerciju generatora. Inercija turbine iznosi 90% od ukupne inercije pogona, dok inercija generatora iznosi 10%. Istovremeno, generator predstavlja najveću torzionu krutost.

Njutnova jednačina kretanja data je sa:

$$2H_t \cdot \frac{dw_t}{dt} = T_m - T_{sh} \rightarrow w_t = \int \frac{T_m - T_{sh}}{2H_t} \quad (3.1.6)$$

$$2H_g \cdot \frac{dw_r}{dt} = T_{sh} - T_g \rightarrow w_r = \int \frac{T_{sh} - T_g}{2H_g} \quad (3.1.7)$$

$$\frac{1}{w_{elb}} \frac{d\theta_{tw}}{dt} = w_g - w_m \rightarrow \theta_{tw} = \int w_{elb} \cdot (w_g - w_m) \quad (3.1.8)$$

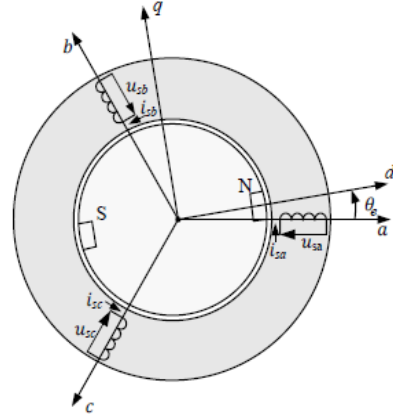
gde je H_t inerciona konstanta od turbine, H_g inerciona konstanta od generatora, θ_{tw} je ugao između vratila, w_t je ugaona brzina vetroturbine izražena u relativnim jedinicama, w_r je ugaona brzina generatora izražena u relativnim jedinicama, w_{elb} bazna električna brzina i T_{sh} je momenat vratila.

Na osnovu ovih formula može da se modeluje ceo sistem vetroturbine [3].

4 MODELOVANJE SINHRONE MAŠINE SA STALNIM MAGNETIMA

4.1 Matematički model sinhronne mašine u originalnom domenu

Opšti model sinhronne mašine sa stalnim magnetima na rotoru se sastoji od diferencijalnih i algebarskih jednačina, kojima se definišu naponska ravnoteža i fluksni obuhvati statora, jednačina kretanja mašine i jednačina momenta koji mašina razvija. Na slici 4.1 šematski je prikazana trofazna sinhrona mašina u originalnom domenu. Magnetne ose namotaja statora označene su slovima a , b i c , dok su d i q označene magnetne ose.



Slika 4.1 Šematski prikaz trofazne sinhronne mašine u originalnom abc domenu

Pomoću Klarkove i Parkove transformacije iz originalnog domena prelazi se u dq koordinatni sistem. Jednačine koje su potrebne za opis generatora su naponska jednačine ravnoteže, elektromagnetni momenat i ulazna snaga [4]:

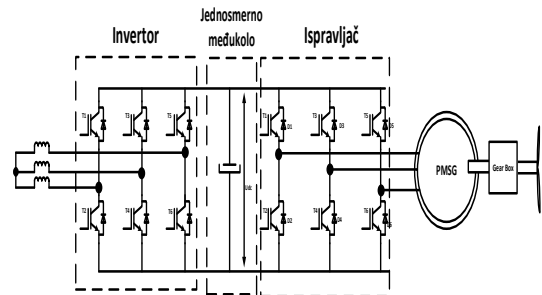
$$\begin{bmatrix} u_{sd} \\ u_{sq} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_s + sL_{sd} & -w_e L_{sq} \\ w_e L_{sd} & R_s + sL_{sq} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{sd} \\ i_{sq} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ w_e \psi_m \end{bmatrix} \quad (4.1.9)$$

$$T_e = \frac{3}{2} p (\psi_{sd} i_{sq} - \psi_{sq} i_{sd}) = \frac{3}{2} p i_{sq} (\psi_m + (L_{sd} - L_{sq}) i_{sd}) \quad (4.1.10)$$

$$P = \frac{3}{2} (u_{sd} i_{sd} + u_{sq} i_{sq}) \quad (4.1.11)$$

5 Matematički model dvostukog pretvarača

Za realizaciju upravljanja pogona sa sinhronim motorom sa stalnim magnetima potrebno je obezbediti odgovarajući naponski izvor. Na slici 5.1 prikazana je uprošćena šema jednog energetskog pretvarača pogodnog za napajanje naizmeničnih motora.



Slika 5.1 Struktura energetskog pretvarača pogodnog za napajanje sinhronih motora sa stalnim magnetima

Neupravljivi monofazni ispravljač pretvara ulazni naizmenični napon u jednosmerni pulzirajući napon. Back-to-back konvertor se pokazao kao jako pogodan za napajanje kod promenljivih brzina.

On pre svega otklanja prisustvo niskofrekventnih strujnih harmonika koji su se javljali kod konvencijanih konvertora usled diodnog ispravljača. Uz to ima i druge bitne prednosti koje ga kvalifikuju za primenu u sistemu.

5.1 Jednosmerno međukolo

Jednosmerno međukolo, kapacitivni filter, koristi se za stabilizaciju i prilagođenje jednosmernog napona invertoru. Osnovna uloga kondenzatora je da smanji talasnost napona na izlazu ispravljača. Zbog velike gustine energije koriste se elektrolitski kondenzatori. Kako bi se na izlazu pogonskog pretvarača obezbedio naizmenični napon promenljive efektivne vrednosti i frekvencije koristi se trofazni inverter.

5.2 Invertor

Trofazni inverter se sastoji od šest kontrolisanih prekidača, na slici 5.1 označenih sa T1-T6, po dva u svakoj invertorskoj grani, i antiparalelno vezanih zamajnih dioda D1-D6. Zamajne diode imaju zaštitnu ulogu, tj. provode struju u trenucima kada su kontrolisani prekidači isključeni.

Kao kontrolisani prekidači najčešće se koriste IGBT tranzistori (eng. *Insulated Gate Bipolar Transistors*) zbog svoje pouzdanosti i malih prekidačkih gubitaka. IGBT je nastao integracijom tranzistora i MOSFET-a (eng. *Metal Oxide Semiconductor Field-Effect Transistor*) koji mu daje struju baze.

5.3 Ispravljač

Ispravljač je takođe spoj IGBT tranzistora i diode i ima ulogu da ispravi naizmenični napon sa mašine u jednosmerni napon V_{dc} . Može da radi u oba smera, jer imamo spoj tranzistora i dioda, zavisi od toga kakvo upravljanje je nametnuto.

6 Upravljanje radom pretvarača

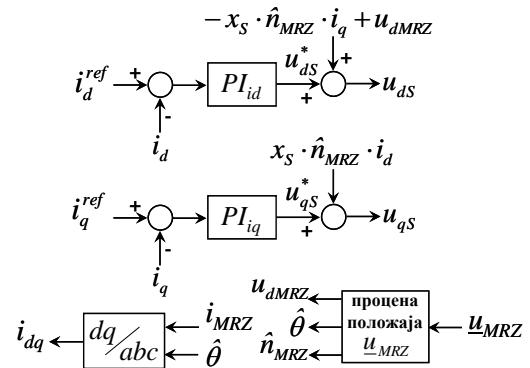
Postoje tri osnovne sprege naizmeničnog pretvarača sa mrežom: otočna, redna i objedinjena sprega. U radu je korišćena objedinjena sprega.

Osnovnu primenu nalazi kao uređaj za popravku kvaliteta električne energije u prenosnoj mreži smanjujući izobličenje napona na strani potrošača. Tako potrošač dobija savršen napon napajanja, poput onog iz savršenog naponskog izvora.

Algoritam upravljanja radom pretvarača ima kaskadnu postavku, gde se unutrašnje petlje po strujama mreže, a spoljašnja regulaciona petlja po nivou napona jednosmernog kola. Izgled dela algoritma koji ostvaruje upravljanje strujama mreže po d i q osi, prikazan je na slici 6.1.

Jedan od značajnih zadataka kod upravljanja radom pretvarača na mreži jeste određivanje ugaonog položaja napona mreže u_{mrz} prema kome se postavlja koordinatni sistem. Zadatak je da u mrežu utisnemo napon u_s . On mora biti veći od u_{mz} da bismo imali tok energije u tom pravcu.

Na ovom mestu najčešće se primenjuje podsklop za procenu položaja u_{mz} , odnosno *phase-locked-loop (PLL)* [6]. PLL na osnovu svog ulaza procenjuje šta nam je u_{dmrz} , ugao Θ i n_{mrz} .



Slika 6.1 Blok dijagram algoritma upravljanja strujom mreže

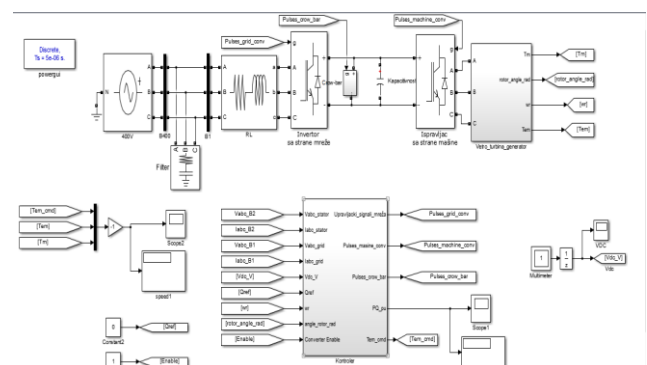
Svedenu ugaonu učestanost mreže predstavlja n_{mrz} . U_{qmrz} treba zadati nultu vrednost i time smo obezbedili da je koordinatni sistem pravilno postavljen i da u mrežu predajemo čistu aktivnu snagu, dok reaktivna će biti nula. Na osnovu PLL-a može da se formira kontroler za upravljanje invertora i ispravljača.

Regulator sa strane mreže poredi zadatu i ostvarenu struju po d i q osi, greška se vodi na PI regulator, sabira se sa rasprežućim članovima.

Rezultat toga su V_d i V_q naponi, koji se pretvaraju u oblik pogodan za dalju implementaciju. Amplituda napona se množi sa indeksom modulacije m i vodi se na ulaz modulatora. Odgovarajućim matricama transformacije dobijaju se referentne vrednosti napona u originalnom domenu.

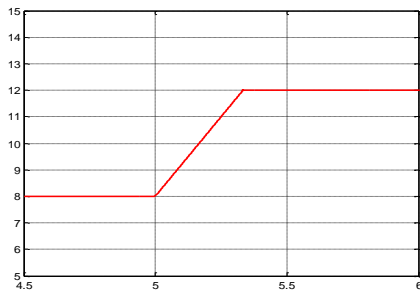
7 Rezultati simulacije

Model vetrogeneratora sa kontrolerom je raden u razvojnom okruženju *Matlab Simulink*. Na slici 7.1 prikazan je kompletan model vetrogeneratora priključen na mrežu.



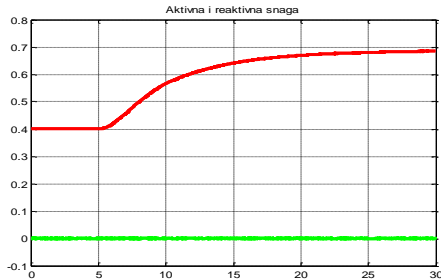
Slika 7.1 Model vetrogeneratora priključen na mrežu

Izvršena je simulacija koja traje 50 sekundi i na njoj su prikazani sledeći rezultati.



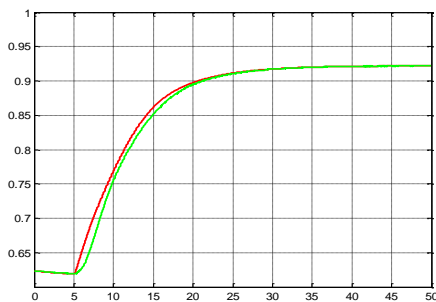
Slika 7.2 Promena brzine vetra

Model vetra je prikazan kao skokovita promena sa 8(m/s) na 12(m/s). Što je prikazano na slici 7.2.



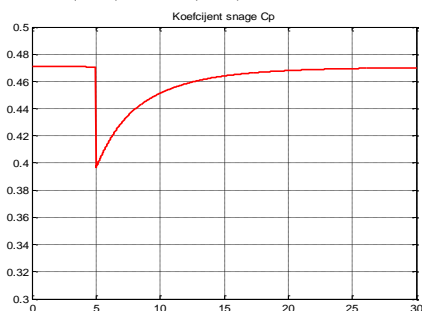
Slika 7.3 Prikaz aktivne i reaktivne snage

Cilj, je postići da se u mrežu prenese čista aktivna snaga, a pri tome da reaktivna snaga bude jednaka nuli, što se može videti na slici 7.3.



Slika 7.4 Prikaz rezlike brzina w_t i w_m

Sa slike 7.4 vidi se da su brzine turbine i generator izjednačile nakon prelaznog procesa, odnosno promene brzine vetra sa 8(m/s) na 12(m/s).



Slika 7.5 Prikaz promene koeficijenta snage C_p

U petoj sekundi intervala vrši se promena brzine vetra sa 8(m/s) na 12(m/s). Da bi se iskoristila maksimalna snaga iz vetra nepohodno je koeficijent snage C_p održati na maksimalnoj vrednosti što u ovom slučaju iznosi 0.47.

Na osnovu familije krivih $C_p=f(\lambda,\beta)$, rezultati simulacije ekvivalentni su teorijskoj analizi čiji se rezultati vide na slici 7.5.

8 ZAKLJUČAK

U radu je modelovan vetrogenerator sa stalnim magnetima, napajan punoupvljivog dvostrukog pretvarača. Razvijen je algoritam upravljanja koji omogućuje maksimalno iskorišćenje snage iz vetra. Model je realizovan u programskom paketu Matlab/Simulink.

9 LITERATURA

- [1] The European Wind Energy Associan, *Wind in power*, European statistics, Februar 2015.
- [2] T. Burton, N. Jenkins, D. Sharpe, E. Bossanyi, *Wind Energy Handbook*, John&Wiley&Sons, 2011.
- [3] C.N. Bhende, S. Mishra, *Senior Member, IEEE*, and Siva Ganesh Malla, *Permanent Magnet Synchronous Generator-Based Standalone Wind Energy Supply System*, IEEE Transctions on sustainable energy, vol. 2, no. 4, 2011.
- [4] Darko P. Marčetić, *Mikroprocesorsko upravljanje energetskim pretvaračima*, Fakultet Tehničkih Nauka, 2014.
- [5] Veran Vasić, *Energetska elektronika u pogonu i industriji*, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, 2012.
- [6] S.Grabić, *Upravljanje radom naizmeničnog pretvarača na električnoj mreži*, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad.

Kratka biografija:



Mladen Simić rođen je 1991. godine u Bijeljini, Bosna i Hercegovina. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu iz oblasti Elektrotehnika i računarstvo - energetska elektronika i električne mašine odbranio je 2016. godine.



Zoran Ivanović je docent na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, na katedri za Energetsku elektroniku i pretvarače. Predaje i bavi se obnovljivim izvorima električne energije.



Stevan Grabić je docent na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, na katedri za Energetsku elektroniku i pretvarače. Predaje i bavi se energetskom elektronikom.

**PODELA GRAFA UPOTREBOM VIŠEFAZNOG ALGORITMA SA TABU
PRETRAŽIVANJEM****GRAPH PARTITIONING WITH THE USE OF MULTILEVEL ITERATED TABU
SEARCH ALGORITHM**Aleksandra Davidović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast - ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – Podela grafa jedan je od osnovnih NP teških problema koji je široko primenjen u mnogim domenima, kao što je paralelna obrada podataka, VLSI i mrežno rutiranje. U radu je opisana implementacija podele grafa na particije, pri čemu je između particija što manja povezanost. Podela se vrši pomoću višefaznog algoritma sa tabu pretraživanjem. Algoritam je testiran na grafovima i izvršeno je poređenje dobijenih rezultata sa rezultatima koje daje programski paket METIS.

Abstract – Graph partitioning is one of the fundamental NP-complete problems which is widely applied in many domains, such as parallel data processing, VLSI, and network routing. This paper describes the implementation of graph partitioning while the connection among partitions is lower as much as it is possible. The partitioning is performed by Multilevel iterated tabu search algorithm. The algorithm has been tested on graphs and has been compared to the results obtained with the results provided by the software package METIS.

Ključne reči: podela grafova, višefazni algoritam sa tabu pretraživanjem

1. UVOD

Podela grafa je jedan od fundamentalnih problema kombinatorne optimizacije koji se primenjuje u računarskim naukama. Za podelu grafa se koriste opšti kao i specijalizovani algoritmi. U ovom radu je upotrebljen višefazni algoritam sa tabu pretraživanjem. Tabu pretraživanje povećava mogućnost rešavanja velikog broja problema koji su jako značajni za industriju. Pored primene u podeli grafova, ovaj algoritam se primenjuje u oblastima telekomunikacije, bankarstva, planiranje prostora, planiranju resursa, bojenju grafova, raspoređivanje energije, biomedicina, bioinženjering, dizajn kompjuterskih komponenti.

2. TEORIJA GRAFOVA

Teorija grafova je samostalni i važan deo matematike koji istražuje osobine grafova. Grafovi su apstraktni matematički objekti i posebno su zanimljivi jer pomoću njih možemo modelovati složene probleme veoma jednostavno.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Darko Čapko, docent.

Definicija grafa: Graf G je uređeni par (V, E) skupova, takvih da je $V \subseteq E \times E$, gde je \times označen Dekartov proizvod skupova. Za dati graf G , V je skup čvorova i označava se sa $V(G)$, a E predstavlja skup grana i označava se sa $E(G)$. Elementi skupa V zovu se čvorovi (*vertex*), a elementi skupa E grane (*edge*) [1].

Problem podele grafa se može proširiti na grafove čiji čvorovi imaju određene težine i povezani su granama između particija. Cilj optimizacije našeg problema je da se čvorovi podele u disjunktne particije tako da zbir težina čvorova u svakoj particiji bude približno isti, a zbir težina grana sečica (grane između particija) što manji. Podela grafa se vrši radi optimizovanja rada sistema.

3. TABU PRETRAŽIVANJE

Tabu pretraživanje (*Tabu search*) je metaheuristička metoda koja se zasniva na lokalnom pretraživanju i primenljiva je na rešavanje problema kombinatorne optimizacije. Većina problema kombinatorne optimizacije koje imaju primenu u realnim situacijama spada u klasu NP-teških problema. Najpopularnije metode za rešavanje ovakvih problema zasnivaju se na lokalnom pretraživanju i u opštem slučaju one predstavljaju iterativne metode koje polaze od početnog dopustivog rešenja i unapređuju ga serijom pokreta u svakoj narednoj iteraciji. Vreme izvršavanja algoritma i kvalitet krajnjeg rešenja zavise od početnog rešenja i od izvršenih transformacija.

Sve metode lokalnog pretraživanja sadrže rizik za dobijanje lokalnog optimuma i kao mera zaštite upadanja u lokalni optimum, sa ciljem dostizanja što boljeg rešenja, koristi se zabrana takvih rešenja. Zabranjena rešenja se čuvaju u tabu listi, ali se ona mogu ponovo izabrati kada to rešavanje problema zahteva, što dovodi do zaključka da se tabu lista vremenom menja. Kada god algoritam naiđe na lokalni optimum on nastavi sa pretraživanjem primenom poteza (*moves*) koji ne donose unapređenje. Ovo je osnovni pristup tabu pretraživanja i on će pomoći da se lokalni optimum prevaziđe.

Da se algoritam ne bi izvršavao neograničeno dugo, treba da postoji uslov, tj. kriterijum zaustavljanja koji mora biti ispunjen da bi se algoritam zaustavio u određenom trenutku. To može biti određeno CPU vreme, istek unapred zadatog vremena, određen broj iteracija, broj uzastopnih iteracija u kojima nije došlo do poboljšanja i unapred dostignuta vrednost koju treba da dostigne funkcija cilja. Određeni broj problema kombinatorne optimizacije može da se reši standardnom implementacijom, ali određeni broj problema zahteva da se algoritam proširi dodatnim elementima kako bi se dobila rešenja visokog kvaliteta.

U zavisnosti od problema koji se razmatra mora se posebna pažnja posvetiti načinu odabira pretraživačkog prostora koji predstavlja skup svih mogućih rešenja koja mogu biti posećena tokom pretrage. Pored pretraživačkog prostora pažnja se mora posvetiti i okolini rešenja. Okolina rešenja se menja kroz iteracije jer se za svaku sledeću iteraciju koristi modifikovana okolina.

Takođe, posebna pažnja mora se posvetiti implementaciji tabu liste jer je ona glavna karakteristika tabu pretraživanja. U tabu listu se smeštaju posećena rešenja koja postaju zabranjena u određenom broju narednih iteracija. Broj iteracija koliko je neko rešenje zabranjeno naziva se *tabu mandat* (eng. *tabu tenure*).

Zbog svojstva tabua može doći do blokiranja nekih jako dobrih poteza i zbog toga se uvodi ukidanje tabu statusa nekom potezu. Ovaj postupak se zove *kriterijum aspiracije*. Kriterijumom aspiracije se menja okolina nekog rešenja, jer se dopuštaju potezi koji inače ne bi bili dopušteni, i ona može postati dinamička.

Tabu pretraživanje se sastoji od dve komponente – pretraga i adaptivna memorija. Nekada loš strateški izbor može da nam da više korisnih informacija nego dobar slučajni izbor i zbog toga nam je pretraga značajna. Loš strateški izbor može da nam pruži informacije kako je potrebno da menjamo strategiju koju smo prethodno koristili i za to nam je potrebna memorija. Tabu pretraživanje postaje ekonomičnije i efikasnije korišćenjem adaptivne memorije.

4. VIŠEFAZNI ALGORITAM SA TABU PRETRAŽIVANJEM

Naš višefazni algoritam sa tabu pretraživanjem (MITS – *Multilevel Iterated Tabu Search*) je prikazan pseudokodom u Algoritam 1[2].

Algoritam 1. *Višefazni algoritam sa tabu pretraživanjem*

-
1. Konstruisati početni graf G_0
 2. $i = 0$;
 3. **while** (dok se nedostigne prag ukрупnjavanja) **do**
 4. $G_{i+1} = \text{Ukrupnjavanje_grafa}(G_i)$ (poglavlje 4.2)
 5. $i = i + 1$;
 6. **end while**
 7. $P_i = \text{Inicijalna_podela_grafa}(G_i, k)$ (poglavlje 4.3)
 8. $P_i = \text{Tabu_pretraživanje}(P_i)$
 9. **while** ($i > 0$) **do**
 10. $i = i - 1$;
 11. $P_i = \text{Finija_preraspodela_grafa}(P_{i+1}, G_i)$
 (poglavlje 4.4)
 12. $P_i = \text{Tabu_pretraživanje}(P_i)$
 13. **end while**
 14. vratiti P_0
-

4.1 Ukрупnjavanje grafa

Ukрупnjavanje grafa (*coarsening phase*) podrazumeva kreiranje grubljeg grafa $G_{i+1}=(V_{i+1}, E_{i+1})$ iz $G_i=(V_i, E_i)$ i sastoji se u pronalaženju nezavisnog podskupa grana $\Gamma \subset E_i$, a zatim spajanja dva čvora grane u Γ . Kada čvorovi $v_1, v_2 \in V_i$ formiraju čvor $v_c \in V_{i+1}$, težina čvora v_c je jednaka zbiru težina čvorova v_1 i v_2 . Ako je novodobijeni čvor $v_c \in V_{i+1}$ povezan sa nekim drugim čvorom sa više od jedne grane, težine grana se sabiraju u V_{i+1} . Dakle, tokom faze ukрупnjavanja grafa, težine čvorova i težine grana

povećavamo. Na bilo kom nivou ukрупnjavanja grafa, ukupna težina čvorova (grana) odgovara ukupnoj težini čvorova (grana) početnog grafa G_0 .

U ovoj fazi mi koristimo algoritam za povezivanje grana sa većom težinom (Heavy Edge Matching - HEM). Ovaj algoritam bira čvor $v_l \in V_i$ na slučajni način (*random*) i nalazi njegove susedne čvorove i smešta ih u listu. Ovako se smanjuje mogućnost da se dobije veliki zbir težina grana između particija što je cilj optimizacije. Takođe, vodi se računa i o balansiranosti. Faza ukрупnjavanja grafa se završava kada broj čvorova u grafu dostigne prag ukрупnjavanja.

4.2 Inicijalna podela grafa

Kada smo dobili ukрупnjeni graf G_m , sledeći korak je da se taj graf podeli na k particija. Početna faza podele našeg algoritma sastoji se od dodeljivanja slučajnih čvorova iz V_m za k podskupova $S_i \in \{S_1, S_2, \dots, S_k\}$, tako da particije budu uravnotežene. Nakon toga, dobili smo sredstvo za tabu pretraživanje algoritam koji je od suštinskog značaja za naš pristup postepenom poboljšanju kvaliteta podele. Međutim, za neke grafove nemoguće je dobiti savršeno uravnotežene početne podele, jer težine čvorova u najgrubljem grafu mogu biti u velikoj meri nehomogene.

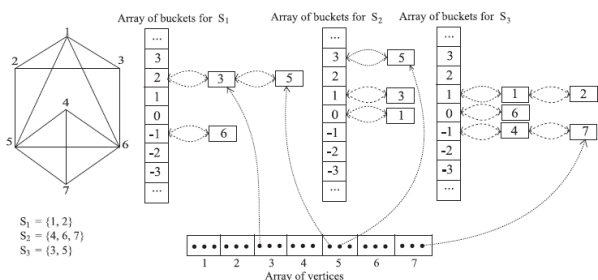
Naš algoritam možemo podeliti na dva dela, prvi je tabu pretraživanje koji obezbeđuje intenzifikaciju, dok je mehanizam ometanja (*perturbation mechanism - PM*) zadužen za diverzifikaciju pretrage.

Cilj optimizacije f naše podele na k particija je minimizacija zbira težina presečenih grana između particija vodeći računa o uravnoteženosti particija. U toku ove faze, trenutno rešenje P_i postaje novo najbolje rešenje P^* samo ako je P_i najmanje isto tako dobro kao P^* u smislu optimizacije cilja i uravnotežene podele.

U ovom radu se koristi *bucket* struktura podataka koja čuva *dobit* (eng. *gain*) čvorova na osnovu koje se odlučuje koji čvor će biti premešten. *Bucket* struktura obezbeđuje brzu pretragu jer se izbegava beskorisna pretraga za čvorom sa najvećom dobiti. Svaka particija grafa ima svoj *bucket array* koji predstavlja niz čiji su elementi liste (List< >). Ovaj niz je indeksiran na osnovu dobiti i indeksi niza se kreću od najmanje do najveće vrednosti dobiti. Dobit čvora predstavlja broj za koliko bi se smanjio broj presečenih grana ukoliko bi se taj čvor prebacio iz trenutne particije u drugu particiju.

Međutim, ovakva *bucket* struktura je pogodna za slučaj *bisekcije* ($k = 2$), ali ne i za patricionisanje kada je $k > 2$. U tom slučaju se ova ideja adaptira za k -particionisanje korišćenjem dva susedna odnosa $N1$ i $N2$. Takođe, potrebno je uvesti dodatni niz čvorova gde svaki element (čvor) ukazuje na svoj odgovarajući čvor u listi *bucket* strukture[3].

Ovo omogućava direktan pristup čvorovima u listi svakog niza. Ilustracija predložene *bucket* strukture je prikazana na slici 1. U ovom primeru imamo podelu grafa sa 7 čvorova na 3 particije.



Slika 1. Primer bucket strukture za slučaj podele grafa na 3 particije

Naš višefazni algoritam sa tabu pretraživanjem koristi dva pretraživačka prostora N1 i N2 koji se zasnivaju na dva različita operatora za premeštanje čvorova. Premeštanje je dozvoljeno samo ako je čvor koji se premešta granični čvor u odnosu na particiju u koju se premešta. Dva operatora za premeštanje su data u nastavku:

- Operator premeštanja jednog čvora (*Single_Move* ili *N1*) radi tako što se izabere nasumično jedna particija S_m tako da važi $S_m \neq S_{max}$ (S_{max} je particija sa maksimalnim težinama čvorova). Zatim se izabere čvor iz particije S_c koji ima najveću dobit premeštanjem u particiju S_m , tako da težina čvorova u S_c bude veća od težine u S_m .
- Operator premeštanja dva čvora (*Double_Move* ili *N2*) radi tako što se nasumično izaberu dve particije S_m i S_n tako da važi $S_m \neq S_{max}$, $S_n \neq S_{max}$ i $S_m \neq S_n$. Zatim se ceo postupak nastavlja kao i za operator premeštanja jednog čvora sa istim pravilima i ograničenjima, samo što se premeštaju dva čvora.

Posle svakog premeštanja zaključaju se premešteni čvorovi i ažuriraju se tabu lista i *bucket* struktura. Ovi operatori za premeštanje čvorova progresivno vode pretragu ka uravnoteženim particijama jer sprečavaju premeštanje čvora iz particije sa manjim zbirom težina u particiju sa većim zbirom težina čvorova. U slučaju k -particionisanja ($k > 2$), pretraživački prostori N1 i N2 se zajednički istražuju tabu search algoritmom po *token-ring* načinu. U slučaju bisekcije ($k=2$), pretraživački prostor N2 nije odgovarajući i koristimo samo pretraživački prostor N1.

Kada se u listi *bucket* strukture, koja je rangirana sa najvišom dobiti, nalaze dva ili više čvorova potreban nam je izbor strategije za premeštanje čvora. Ispitujemo redom kriterijume i ako i dalje imamo nedoumicu koji čvor treba da se premesti, prelazimo na sledeći kriterijum.

1. Prvi uslov za izbor čvora koji će biti premešten je tabu status, tj. svaki put kada se čvor premesti iz particije S_c u drugu particiju S_m , zabranjeno je njegovo vraćanje nazad u prvobitnu particiju u sledećih tt (eng. *tabu tenure*) iteracija.

2. Drugi kriterijum za izbor je učestalost premeštanja (*move frequency*) koja pamti koliko je čvor puta premešten u drugu particiju i daje prednost onim čvorovima koji su bili ređe premešteni.

3. Treći kriterijum je težina čvorova (*vertex weight*) koji se koristi ako imamo dva ili više čvorova sa istom učestalosti premeštanja i tada se premešta čvor koji daje manju razliku težina između izabrane particije S_m i trenutne particije S_c .

Ako najbolje rešenje P^* nije poboljšano nakon γ iteracija, koristi se mehanizam ometanja kao dopuna strategije za pretragu koja se sastoji u premeštanju p_{str} izabranih čvorova. Ovi čvorovi ne moraju da budu granični čvorovi (ne razmatra se dobit čvora) i njihov tabu status se zanemaruje. Prvo izaberemo particiju na slučajan način tako da ona nije S_{max} . Zatim nasumično izaberemo čvor tako da je težina čvorova njegove trenutne particije veća od težine čvorova particije koja je prvo izabrana. Ako je težina veća, čvor se premešta i ovo se ponavlja p_{str} puta.

4.3 Finija preraspodela grafa

U ovoj fazi se ukupnjeni graf usitnjava tako što se čvorovi, koji su nestali tokom faze ukupnjavanja grafa, vraćaju. Ako je čvor $v_c \in V_i$ dobijen ukupnjavanjem čvorova $v_1, v_2 \in V_{i-1}$ u fazi ukupnjavanja grafa, sada će čvorovi v_1, v_2 biti vraćeni u graf G_{i-1} umesto čvora v_c iz grafa G_i . Graf i dalje ostaje podeljen na particije i vraćeni čvorovi v_1, v_2 pripadaju particiji kojoj je pripadao i čvor v_c . Posle svakog projektovanja grafa G_i u graf G_{i-1} vrši se provera da li kvalitet podele može da se poboljša primenivanjem *perturbation-based tabu search* algoritma. Znači, kada vratimo jedan čvor koji je nestao u fazi ukupnjavanja grafa mi pokušamo da poboljšamo kvalitet podele, tako da se ove dve faze izvršavaju naizmenično. Na kraju dobijamo graf G_0 koji mora imati ukupan zbir težina čvorova (grana) isti kao i početni graf. Takođe, moramo imati isti broj čvorova kao u početnom grafu i oni moraju biti raspoređeni u jednu od datih particija.

5. EKSPERIMENTALNI REZULTATI

Implementacija softverskog rešenja realizovana je programskim jezikom C# uz oslonac na razvojno okruženje Microsoft Visual Studio 2015. Testiranje algoritma je vršeno na računaru sa Intel Core2Duo T5750 procesorom na 2 GHz i 2GB RAM memorije. Eksperimentalni rezultati su vršeni sa primerima 5 neusmerenih grafova i upoređivani su sa rezultatima koje daje programski paket Metis. Za svaki graf vršeno je po 50 testiranja. Pošto Metis vraća kao rezultat najbolje rešenje od 50 izvršenih i mi za poređenje uzimamo minimalnu dobijenu vrednost iz tabele sa rezultatima.

METIS paket sadrži razne programe koji se koriste za podelu grafova, mreža, kao i programe za transformaciju mreža u grafove. *gpmetis* je samostalni program koji se koristi za podelu grafova i ovaj program je korišten u radu. *gpmetis* deli graf na zadati broj particija.

Prvi graf ima 54 čvora i 44 grane, a rezultati testiranja su prikazani u tabeli 1.

Tabela 1. Rezultati testiranja prvog grafa

Broj particija	METIS	MITS algoritam			Standardna devijacija
		MIN	MAX	PROSEK	
2	7	7	106	38	26.25
4	18	18	234	110	45.47
6	87	87	262	161	40.64
8	106	109	319	201	47.42
16	204	218	379	322	35.8

Iz tabele se vidi da se dobijaju iste vrednosti za Metis i MITS algoritam za podele grafa na 2, 4 i 6 particija. Gore rešenje za 3, odnosno za 14, daje MITS algoritam za podelu grafa na 8 i 16 particija, respektivno. Odstupanje od prosečne vrednosti najmanje je za podelu grafa na 2 particije, a najveće za podelu grafa na 8 particija.

Slični rezultati su dobijeni testiranjem i ostala četiri grafa sa 63 čvora i 52 grane, 106 čvorova i 52 grane, 206 čvorova i 286 grana i 315 čvorova i 260 grana.

Pored ovih pet grafova koji su prethodno prikazani, korišten je i graf sa 20 čvorova i 29 grana koji je napravljen radi lakšeg testiranja funkcionisanja pojedinačnih delova MITS algoritma tokom implementacije. Nad ovim grafom je vršeno testiranje MITS algoritma sa uključivanjem i isključivanjem njegove dve komponente, mehanizam ometanja (*PM - Perturbation mechanism*) i operator premeštanja dva čvora (*Double move ili N2*). U tabeli 2 date su minimalna i prosečna vrednost funkcije cilja i prosečna vrednost relativnog odstupanja od idealne particije (idealna particija se dobija kada se zbir težina svih čvorova podeli sa bojem particija).

Tabela 2. Rezultati testiranja komponenti algoritma

Broj part.	Funkcija cilja i odstupanje	+(PM & N2)	- N2	-PM	-(PM & N2)
2	MIN	22		26	
	PROSEK	56		57	
	ODSTUPANJE	15.1		7.75	
4	MIN	47	53	59	55
	PROSEK	89	109	97	102
	ODSTUPANJE	44.24	36.7	18.3	21.84
6	MIN	67	76	89	80
	PROSEK	121	121	127	123
	ODSTUPANJE	42.75	41.74	23.8	24.45
8	MIN	92	97	106	108
	PROSEK	133	137	138	139
	ODSTUPANJE	44.48	40.72	28.52	27.48

Iz tabele vidimo da se najbolji rezultati funkcije cilja (najmanji zbir težina presečenih grana) dobijaju kada su obe komponente uključene, dok se najmanja odstupanja dobijaju kada je onemogućen mehanizam ometanja(-PM). Ovi rezultati nam potvrđuju prethodno izlaganje da je potrebna diverzifikacija da bi se izašlo iz dubokog lokalnog optimuma i da bi se istražili pretraživački prostori koji nisu istraženi. Uvođenje čvorova koji nisu granični nas dovodi do kvalitetnijih rešenja. Ovo takođe objašnjava i zašto je odstupanje najmanje kada je onemogućen PM. Pretraživački prostor, bez ove komponente, sastoji se samo iz graničnih čvorova i tako je smanjen broj kandidata za premeštanje u svakoj iteraciji.

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisana je podela grafa upotrebom višefaznog algoritma sa tabu pretraživanjem. Cilj je bio obezbediti minimalnu povezanost particija izdelfenog grafa, a da se pritom ne naruši balansiranost. Pre realizacije programskog rešenja bilo je potrebno upoznati se sa teorijom grafova, MITS algoritmom kao i sa METIS programskim paketom za podelu grafova. Analizirani su rezultati dobijeni testiranjem šest test grafova.

Nakon analize utvrđeno je da MITS algoritam daje približne rezultate (u 32% slučajeva daje bolje ili iste rezultate) kao i optimizovani programski paket Metis. Na kvalitet podele u velikoj meri utiče struktura samih grafova, kao i broj čvorova i neujednačenost težina čvorova. Manji grafovi imaju bolje rezultate, dok se sa povećanjem grafa pogoršavaju rezultati. Relativno odstupanje od dobijene prosečne vrednosti je najmanje za podelu na 2. particije (80%), dok je najveće za podelu grafa na 8 particija (80%). Testiranjem je utvrđeno da se smanjivanjem praga ukupnjavanja grafa dobijaju manje vrednosti funkcije cilja i da se najmanja vrednost dobija testiranjem sa tolerancijom balansiranosti od 0.1.

Drugi tip analize je vršen sa uključivanjem i isključivanjem mehanizma ometanja i operatora premeštanja dva čvora MITS algoritma. Utvrđeno je da su najbolji rezultati sa obe uključene komponente (100%). Takođe, došli smo do zaključka da je relativno odstupanje od idealne particije najmanje sa onemogućenim PM, dok je najveće sa omogućene obe komponente. Znači, minimalna povezanost particija nam daje najlošiju balansiranost.

7. LITERATURA

- [1] Bondy J.A, Murty U.S.R. "Graph theory." Graduate texts in mathematics 244, Springer (2008): 1-98.
- [2] Benlic U, Hao J.K. "An effective multilevel tabu search approach for balanced graph partitioning." Computers & Operations Research 38.7(2011): 1066-1075.
- [3] Fiduccia C, Mattheyses R. "A linear-time heuristics for improving network partitions." Proceedings of the 19th design automation conference (1982): 171-185.

Kratka biografija:



Aleksandra Davidović je rođena 22.02.1986. u Zrenjaninu. Školske 2005/2006 upisuje Fakultet tehničkih nauka, smer Računarstvo i automatika. Septembra 2010. godine brani diplomski – Bachelor rad.

**SISTEM ZA PODRŠKU U ODLUČIVANJU KOD BERZANSKOG TRGOVANJA
ZASNOVAN NA VEŠTAČKIM NEURONSKIM MREŽAMA****DECISION SUPPORT SYSTEM FOR TRADE ON THE STOCK EXCHANGE BASED ON
ARTIFICIAL NEURAL NETWORK**Srđan Poletanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – RAČUNARSTVO I AUTOMATIKA**

Kratak sadržaj – U ovom radu je predstavljena procedura za razvoj sistema za podršku u odlučivanju prilikom trgovine hartijama od vrednosti bazirana na modelu veštačke neuronske mreže kao i tehnička analiza kako bi se izdvojili relevantni podaci za predikciju stanja na berzi.

Abstract – This paper presents a procedure for developing a decision support system as an aid during stock trade. The system is based on artificial neural network model. Technical analysis is used for segregation of relevant data for stock prediction.

Ključne reči: Predikcija stanja na berzi, tehnički indikatori, veštačke neuronske mreže

1. UVOD

Zainteresovanost za trgovanjem akcijama dovodi do velikih povećanja prometa trgovanja akcijama na Beogradskoj berzi [1]. Sa većim trgovanjem javlja se i potreba sa kvalitetnijom predikcijom kretanja cena berzanskih indeksa. Jedan od alata koji se često koristi kod predviđanja cena akcija je veštačka neuronska mreža (VNM). Ovo predviđanje je ipak problematično zbog pojave šuma i zbog toga što je teško odabrati parametre za pretragu [2].

U ovom radu opisan je pojam tehničke analize i predstavljeni su indikatori i oscilatori koji su korišćeni prilikom razvoja sistema za predikciju. Presentovana je i naučna oblast učenja mašina (engl. *Machine learning*), posebno teoretska istraživanja VNM kao i njihova praktična primena. Implementirana je VNM kao prediktor najviše i najniže vrednosti u narednih pet dana a kao ulazi su korišćene mapirane vrednosti indikatora i oscilatora dobijenih iz baze podataka (cene na otvaranju, minimalne i maksimalne cene) preuzetih sa sajta Beogradske berze na primeru kompanije NIS a.d., Novi Sad. Urađena je studija slučaja koja je imala za cilj da pokaže praktičnu stranu predikcije.

2. TEHNIČKA ANALIZA

Tehnička analiza predstavlja matematičku analizu predviđanja smera kretanja cena kroz proučavanje istorijskih tržišnih podataka [3]. Principi tehničke analize datiraju preko stotinu godina a jedna od prvih se pojavljuje u radu [4].

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je dr Vladimir Bugarski, docent.

2.1. Problemi predikcije

Različiti problemi se javljaju prilikom predikcije. Jedan od njih je postojanje određene mere nesigurnosti u rezultatima [5] bez obzira koja se tehnika koristi. Osim toga, često je teško, a ponekad i nemoguće, naći istorijske podatke i/ili utvrditi i razumeti važne faktore koji će uticati na rezultat predikcije [6]. Pored ovih problema, javlja se još i problem selekcije i implementacije određenih metodologija koje će se koristiti u predikciji [7].

2.2. Tehnički indikatori

Tehnički indikatori predstavljaju matematičke i statističke metode koje se često nazivaju i filteri. Ove metode pokušavaju da naprave i razgraniče kretanja vrednosti akcija od kolebanja [8]. Neki od tehničkih indikatora (pomični proseci i oscilatori) koji su korišćeni u radu su:

- Obični pomični prosek (engl. *Simple Moving Average – SMA*, jednačina 1)

$$SMA(n) = \sum_{i=1}^n Ci \quad (1)$$

gde C_i predstavlja cenu akcija na zatvaranju berzanskog i -tog dana dok je n broj dana za koji se računa prosek.

- Težinski pomični prosek (engl. *Weighted Moving Average – WMA*, jednačina 2)

$$WMA(n) = \frac{\sum_{i=1}^n Ci \times Wi}{\sum_{i=1}^n Wi} \quad (2)$$

gde W_i predstavlja vektor težina na takav način da se daje prednost novijim podacima u posmatranom periodu od n dana

- Eksponencijalni pomični prosek (*EMA*, jednačina 3)

$$EMA = C \times \alpha + PreviousEMA \times (1 - \alpha) \quad (3)$$
$$\alpha = \frac{2}{1 + n}$$

gde je C cena akcije poslednjeg dana a *PreviousEMA* predstavlja prethodnu vrednost *EMA*

- Indeks relativne snage (engl. *Relative Strength Index – RSI*, jednačina 4)

$$RSI = 100 - \frac{100}{1 + \frac{AG}{AL}} \quad (4)$$

gde je AG prosečna pozitivna a AL prosečna negativna promena cene iz perioda u period

- Stohastički indikatori $%K$ (jednačina 5) i $%D$.

$$%K = \frac{C - L}{H - L} \times 100 \quad (5)$$

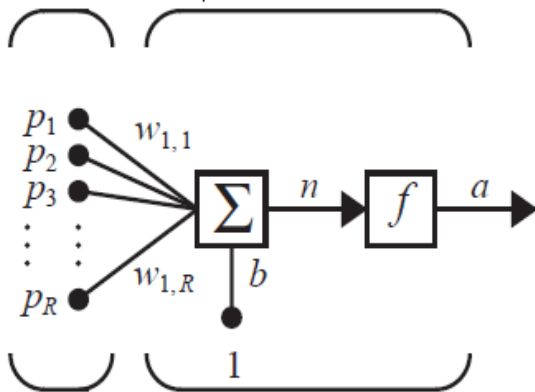
gde je C trenutna cena pri zatvaranju, L najniža i H najviša cena trgovanja u posmatranom periodu. $%D$ se računa kao SMA od $%K$ u periodu od tri dana.

3. VEŠTAČKE NEURONSKE MREŽE

Nastanak veštačkih neuronskih mreža (VNM) se vezuje za 1927. i predviđanje pojave sunčevih pega, koju je predstavio Yule [9]. Korišćenjem VNM moguće je predvideti razne podatke kao što su vremenske prognoze, potrošnja električne energije, kretanje vrednosti valuta, itd.

3.1. Model neurona sa više ulaza

Na slici 1 je predstavljen neuron sa više ulaza. Neuron ima bias b , koji se sabira sa težinskim ulazima (gde R predstavlja broj ulaza) neurona.



Slika 1. Model neurona sa više ulaza

Izlaz neurona se računa po jednačini 6, gde je f nelinearna aktivaciona funkcija čija je svrha da se ograniči izlaz neurona.

$$a = f(Wp + b) \quad (6)$$

3.2. Mreža sa više slojeva

Svaki sloj se sastoji od nekoliko neurona i definisan je sa matricom težina W , vektorom biasa b , ulaznim vektorom n i izlaznim vektorom a . Višeslojne mreže su moćnije od jednoslojnih jer su u stanju da aproksimiraju veliki broj funkcija i imaju veću fleksibilnost ali su sa druge strane dosta kompleksnije.

U cilju smanjivanja reda i kompleksnosti sistema najčešće se koriste dvoslojne mreže sa sigmoidnom aktivacionom funkcijom u prvom i linearnom u drugom sloju. Sa takvom mrežom podiže se red sistema i povećava mogućnost linearne klasifikacije izlaza [8]. Kolmogorova teorema tvrdi da svaka kontinualna funkcija može biti aproksimirana superpozicijom određenog broja kontinualnih funkcija jedne promenljive.

3.3. Obuka neuronskih mreža

Obuka predstavlja proces modifikacije težina i biasa mreže. Postoje tri vrste obuke neuronskih mreža:

- Obuka sa učiteljem (engl. *Supervised learning*)
- Obuka sa podsticanjem (engl. *Reinforcement learning*)
- Samoobučavanje, obuka bez učitelja (engl. *Unsupervised learning*)

Kod obuke sa učiteljem, kada se ulazi primene na mrežu, izlazi iz mreže se porede sa željenim i pravilo obučavanja se koristi da bi se izlazi mreže što više približili željenim vrednostima izlaza.

Algoritam za obuku sa podsticanjem je sličan algoritmu obuke sa učiteljem osim što se umesto poređenja izlazne vrednosti sa željenom, za svaki algoritam daje ocena koja predstavlja meru mrežne performanse kroz sekvencu ulaza. Ovaj tip obuke je ređe zastupljen od obuke sa učiteljem [10, 11].

Kod samoobučavanja željeni izlazi iz mreže nisu dostupni i ovi algoritmi često uče da kategorizuju ulazne podatke na neki određen broj klasa [12].

3.4. Metoda opadajućeg gradijenta i delta pravilo

Delta pravilo je algoritam obuke neuronske mreže koja koristi metodu opadajućeg gradijenta za pretragu prostora težina u potrazi za težinama koje najbolje aproksimiraju funkciju koja za određene vrednosti ulaza daje primerne vrednosti izlaza, naravno uz što manju grešku. Ova metoda (jednačina 7) predstavlja osnovu algoritma propagacije greške unazad.

$$w \leftarrow w + \eta (t - a)x_i \quad (7)$$

U jednačini 7, η je korak učenja, dok su t i a željena i stvarna vrednost izlaza mreže, respektivno.

3.5. Preobučenosť i kriterijum zaustavljanja

Obučavanje veštačkih neuronskih mreža dok greška ne padne ispod određenog nivoa je uglavnom loša strategija. Algoritam propagacije greške unazad je sklon prekomernom podešavanju težina za obučavajući skup podataka (tzv. preobučenosť, engl. *Overfitting*). Jedna od najdelotvornijih metoda za rešavanje ovog problema je uporeda obrada skupa podataka izdvojenog iz osnovnog skupa (tzv. validacioni skup podataka).

3.6. Stohastička aproksimacija opadajućeg gradijenta

Metoda opadajućeg gradijenta nailazi na poteškoće poput konvergiranja do lokalnog minimuma koje može biti dosta sporo i negarantovanja pronalaska globalnog minimuma. Inkrementalna metoda opadajućeg gradijenta popravlja ove probleme. Glavne razlike između standardnog algoritma opadajućeg gradijenta i stohastičkog opadajućeg gradijenta su (oba algoritma se koriste često u praksi):

- U standardnom, greška je sumirana kroz sve primere pre nego što se osveže težine, dok u stohastičkom opadajućem gradijentu težine se osvežavaju tokom svakog novog primera.
- Kod standardnog gradijenta zahteva se više računanja po koraku osvežavanja. Sa druge strane, pošto koristi pravi gradijent, standardni gradijent se češće koristi sa velikim korakom osvežavanja težina nego stohastički gradijent.

- U slučaju gde ima više lokalnih minimuma stohastički gradijent može izbeći upadanje u lokalni minimum [13].

4. OPIS PROBLEMA

U ovom radu je rešavan problem predviđanja opsega kretanja vrednosti NIS-ovih hartija od vrednosti u narednih nedelju dana. Podaci korišćeni za ulaz u VNM su uzeti po uzoru na radove [8, 9, 14]. Korišćeni su tehnički indikatori: obični pomični prosek (*SMA*), eksponencijalni pomični prosek (*EMA*), težinski pomični prosek (*WMA*) gde su odabrane težine iznosile 0.9, 0.85, 0.8, 0.75 i 0.7 kako bi dani u bližoj prošlosti imali veći značaj, Momenat (*M*), indeks relativne snage (*RSI*), kao i stohastičko *%K* i *%D* za određeni period.

VNM je projektovana da na izlazu prognozira najveću i najmanju vrednost u toku narednih pet dana trgovanja. VNM je trenirana 10 puta i ona sa najboljom karakteristikom, gde je greška najmanja, je izabrana kao VNM pomoću koje će se predvideti vrednost opsega akcija za narednu nedelju. VNM je trenirana Levenberg-Marquardt algoritmom gde su kao parametri uzete sledeće vrednosti, kao najčešće korišćene u praksi:

- maksimalni broj iteracija: 1000
- broj promašaja koji predstavlja broj iteracija gde greška nad validacionim skupom raste: 6
- minimalna vrednost gradijenta: 10^{-7}

Korišćena je mreža sa prostiranjem signala unapred, sa jednim skrivenim i izlaznim slojem. U tabeli 1 može se videti kako su podeljeni podaci na testni, validacioni i obučavajući podskup.

Tabela 1. Podela podataka na tri skupa

Ukupan broj podataka	Testni podskup	Validacioni podskup	Obučavajući podskup
1340	201	201	938

5. REZULTATI I DISKUSIJA

U radu je predstavljeno pet testova sa različitim ulazima i brojem neurona kako bi se odredila najbolja struktura mreže. U tabeli 2 se mogu videti ulazi u VNM, broj neurona u skrivenom sloju kao i srednja kvadratna greška (engl. *Mean Square Error* - *MSE*) za najbolju (podvučeno) i srednju vrednost u svim testovima.

Uzimajući u obzir rezultate testova može se zaključiti da nisu dobijene velike razlike menjanjem ulaza niti promenom broja neurona u skrivenom sloju. Najbolji rezultati, u testu 5 (podebljano u tabeli 2), su se dobili korišćenjem *SMA*, *EMA*, *WMA*, *M* i *RSI*-a kao skup ulaznih indikatora i sa 20 neurona u skrivenom sloju.

6. STUDIJA SLUČAJA

Na početku studije slučaja definisan je početni iznos za ulaganje na berzi od 1.000.000,00 dinara. VNM se obučavala podacima iz perioda 2010-2015. godine a za test su korišćeni podaci iz 2016. godine (04.01.2016. – 30.12.2016.). Akcije su kupovane na ceo broj a kupovina

se vršila po preporuci predloženog sistema za podršku u odlučivanju. Trgovalo se onim danima kada je to sistem predlagao i odluka o prodaji ili kupovini akcija se donosila na osnovu predviđenih vrednosti. Pet signala (STRONG BUY, BUY, SELL, STRONG SELL i HOLD) je diktiralo način trgovanja i svaki se nalazi u određenom opsegu i trigeruje po potrebi. STRONG BUY signal predstavlja kupovinu akcija za sav novčani iznos kojim se raspolaže dok signal BUY predstavlja signal za kupovinu akcija za pola iznosa kojim se raspolaže. STRONG SELL signal predstavlja signal koji signalizira da se prodaju sve akcije koje se poseduju a SELL signalizira da se proda samo pola od ukupnog broja. Signal HOLD nam govori da se ne trguje na berzi.

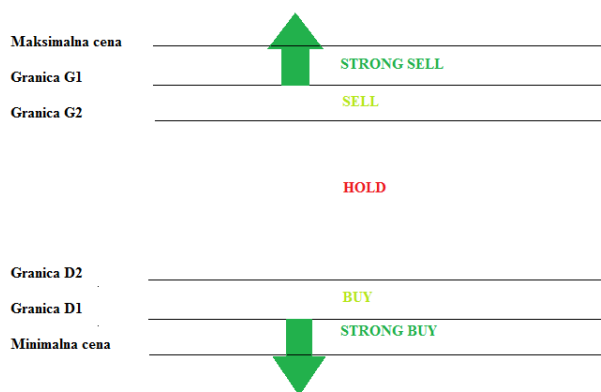
Tabela 2. Prikaz ulaza, broja neurona i performanse u testovima

Broj testa	Ulazi u mrežu	Broj neurona u skrivenom sloju	<i>MSE</i> (najbolja i srednja vrednost)
Test 1	<i>SMA</i> , <i>WMA</i> , <i>EMA</i> , <i>M</i> , <i>RSI</i> , <i>%K</i> i <i>%D</i>	10	<u>179.4302</u> 236.7234
Test 2	<i>SMA</i> , <i>WMA</i> , <i>RSI</i> , <i>%K</i> i <i>%D</i>	20	<u>240.4567</u> 256.9239
Test 3	<i>SMA</i> , <i>EMA</i> , <i>RSI</i> , <i>%D</i>	30	<u>227.3232</u> 246.6177
Test 4	<i>SMA</i> , <i>M</i> , <i>RSI</i> , <i>%K</i> i <i>%D</i>	30	<u>217.0675</u> 230.2028
Test 5	<i>SMA</i>, <i>EMA</i>, <i>WMA</i>, <i>M</i>, <i>RSI</i>	20	<u>203.7607</u> 211.7582

Cilj sprovođenja studije slučaja je bio da se proveriti koliko je VNM efikasna u praksi i kolika dobit bi mogla da se ostvari ukoliko bi se koristila.

Rezultat je bio da se na uloženi 1.000.000,00 dinara ostvarilo 1.318.237,18 dinara što predstavlja preko 31% dobiti na uložena sredstva. Na ovaj iznos trebalo bi dodati i dividende koje isplaćuje kompanija NIS a.d. a koje su minimum 15% od ukupne dobiti kompanije [15].

Na slici 2 su predstavljeni signali koji su odlučivali da li će biti transakcije i koje tačno. Jednačina 8 pokazuje granice između odabranih 5 signala.



Slika 2. Signali za trgovanje

$$\begin{aligned} \text{Razlika} &= \text{Maksimalna} - \text{Minimalna cena} & (8) \\ \text{GranicaG1} &= \text{Maksimalna cena} - 5\% \text{Razlika} \\ \text{GranicaG2} &= \text{Maksimalna cena} - 15\% \text{Razlika} \\ \text{GranicaD1} &= \text{Minimalna cena} + 5\% \text{Razlika} \\ \text{GranicaD2} &= \text{Minimalna cena} + 15\% \text{Razlika} \end{aligned}$$

Prilikom svake transakcije računata je provizija prilikom trgovanja na berzi u iznosu od 1.5% što predstavlja proviziju brokerske kuće, proviziju banke i proviziju Centralnog registra za hartije od vrednosti.

7. ZAKLJUČAK

U ovom radu je predstavljena procedura za razvoj sistema za podršku u odlučivanju koji bi se mogao koristiti kao pomoć prilikom trgovine hartijama od vrednosti. Sistem je testiran na primeru hartija od vrednosti kompanije „NIS a.d., Novi Sad“ čijim se akcijama trguje na Beogradskoj berzi. Neuronska mreža je obučena uz pomoć istorijskih podataka prikupljenih sa sajta [1] tokom 5 godina (30.08.2010 – 31.12.2015.). Na osnovu podataka od prethodnih pet dana, predviđala se najviša i najniža cena tokom sledećih pet dana. Urađena je studija slučaja tokom 2016. gde je određen iznos (1.000.000,00 dinara) plasiran na berzu. Kupovalo se ili prodavalo po preporuci VNM i rezultat ovakvog ulaganja je bio da je tokom godinu dana trgovine na berzi, zarada bila preko 31% na uložena sredstva.

8. LITERATURA

- [1] Godišnji izveštaj Beogradske berze (Belex) <http://www.belex.rs/trgovanje/izvestaj/godisnji>
Datum poslednjeg pristupa: 28.08.2016.
- [2] K.-j. Kim, I. Han, “Genetic algorithms approach to feature discretization in artificial neural networks for the prediction of stock price index”, *Expert Systems with Applications* Vol. 19, pp. 125-132, Avgust 2000.
- [3] C.D. Kirkpatrick II, J.A. Dahlquist, “*Technical Analysis: The Complete Resource for Financial Market Technicians*”, Financial Times press, 2006.
- [4] V. de la Joseph, “*Confusion de Confusiones*”, John Wiley & Sons Inc, 1996.
- [5] J.J. Fritz, D.H. Russ, “*An integrated stock market forecasting model using neural networks*”, Master rad,

- College of Engineering and Technology of Ohio University, 2005.
- [6] D. Keller, “*Breakthroughs in Technical Analysis; New Thinking from the World's Top Minds*” New York, Bloomberg Press, 2007.
 - [7] J.A. Paulos, „*A Mathematician Plays the Stock Market*“, Basic Book, 2003.
 - [8] D. Gatarić, “*Predikcija stanja na berzi*”, master rad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2016.
 - [9] S. Slović, I. Raonić, I. Pejović, “Upravljanje ponudom i tražnjom na finansijskom tržištu pomoću tehničkih indikatora i oscilatora”, *Pravno-ekonomski pogledi* br. 1, 2012.
 - [10] A.G. Barto, R.S. Sutton, C.W. Anderson, “Neuron-like adaptive elements can solve difficult learning control problems” *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, Vol. 13, pp.834-846, 1983.
 - [11] D.A. White, D.A. Sofge, „*Handbook of Intelligent Control*“, New York: Van Nostrand Reinhold, 1992.
 - [12] M.T. Hagan, „*Neural network design*“, PWS Publishing Co. Boston, 1996.
 - [13] T.M. Mitchell, „*Machine Learning*“, McGraw-Hill Science, 1997.
 - [14] Y. Kara, M.A. Boyacioglu, Ö.K. Baykan, „Predicting direction of stock price index movement using artificial neural networks and support vector machines: The sample of the Istanbul Stock Exchange“, *Expert Systems with Applications*, Vol. 38, pp. 5311-5319, Maj 2011.
 - [15] Investitori NIS
<http://ir.nis.rs/sh/akcije-i-dividenda/dividende/>
Datum poslednjeg pristupa: 21.02.2017.

Kratka biografija:



Srđan Poletanović rođen je u Vrbasu 1990. god. Osnovne studije završio je 2014. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu iz naučne oblasti Elektrotehnika i računarstvo na studijskom programu Računarstvo i automatika.

IDEJNO REŠENJE INFRASTRUKTURE PUNIONICA ZA ELEKTRIČNE AUTOMOBILE U SRBIJI

CONCEPTUAL SOLUTION OF EV CHARGERS INFRASTRUCTURE IN SERBIA

Miloš Vajagić, Vladimir A. Katić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast - ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je dat pregled infrastrukture punionica za električne automobile u Srbiji. Predložene su lokacije u većim gradovima i duž glavnih putnih pravaca. Izvršeni su odgovarajući proračuni snage, cene i isplativosti investicije.

Abstract – The paper gives an overview of charging infrastructure for electric vehicles in Serbia. Locations in major cities and along main roads are proposed. Calculations of appropriate power levels, budget, pricing and profitability of the investment are given.

Ključne reči: Punionice, Infrastruktura, Isplativost.

1. UVOD

Poslednjih godina primetan je trend sve šireg uvođenja električnog i hibridnog pogona u vozila i njihovog sve intenzivnijeg korišćenja u saobraćaju [1-3]. Mnoge države Evrope, kao i neke države unutar SAD daju posebne podsticaje i povlastice prilikom kupovine ovakvih vozila [4]. Takođe, danas sve vodeće firme iz automobilske industrije imaju u svom proizvodnom programu jedan ili više modela, koji koriste električnu energiju kao energent [5]. Sve ovo, rezultiralo je naglim porastom broja ovih vozila na drumovima razvijenih zemalja. Na slici 1 prikazan je ovaj rast [3,4]. Vidi se da se već krajem ove decenije očekuje oko 850.000 aktivnih vozila sa daljim perspektivama ubrzanog rasta. Da bi se omogućilo njihovo nesmetano kretanje van osnovnog radijusa, koji je obično od 200-300 km, potrebno je obezbediti odgovarajuću infrastrukturu električnih punionica, sa odgovarajućim punjačima [6].

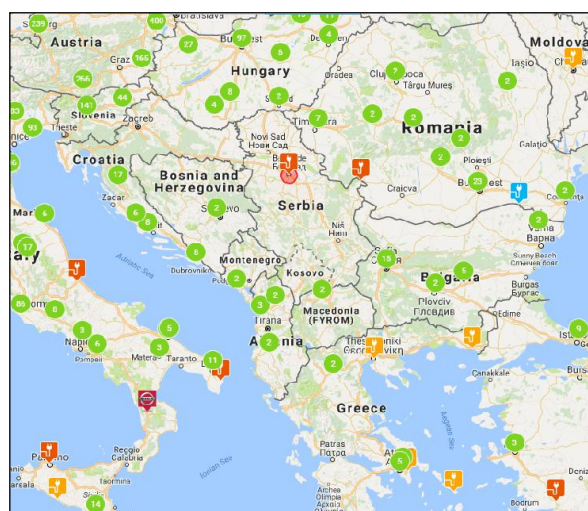


Slika 1. Tržište električnih i hibridnih automobila za period 2012-2020. god. [3].

NAPOMENA:

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

Na slici 2 dat je pregled lokacije i broja punionica u regionu jugoistočne Evrope [4]. Vidi se da Srbija trenutno ima samo jednu lokaciju za punjenje u Beogradu (za ubrzano punjenje, 22 kW) i po tome je na dnu liste u Evropi. Ovaj rad daje predlog inicijalnog rešenja za postavljanje punionica za električne automobile u Srbiji. Predstavlja rešenje za nesmetan obilazak većih gradova Srbije, kao i njenih znamenitosti, ali i za tranzit i putovanje po glavnim putnim pravcima.



Izvor: <https://chargemap.com/map>

Slika 2. Mapa rasporeda punionica u regionu jugoistočne Evrope [4].

2. KRITERIJUMI ZA LOKACIJU PUNIONICA

Postoje različite strategije za razvoj infrastrukture električnih punionica, koje zavise od postojeće situacije, postavljenih strateških ciljeva razvoja energetike, donesenih kriterijuma, finansijskih mogućnosti, standarda i dr. [6 – 13]. Kriterijumi koji su ovde korišteni za određivanje lokacije punionica su:

1. Punionice treba da se nalaze u većim gradovima
2. Punionice treba da se nalaze u turističkim centrima
3. Punionice treba da se nalaze u blizini graničnih prelaza
4. Punionice treba da se nalaze na auto-putu ili u blizini auto-puta

Na osnovu prvog kriterijuma punionice treba da se nalaze u sledećim mestima:

- | | |
|-------------|---------------|
| 1) Beograd | 6) Valjevo |
| 2) Novi Sad | 7) Čačak |
| 3) Subotica | 8) Zrenjanin |
| 4) Niš | 9) Kragujevac |
| 5) Vranje | 10) Priština |

Na osnovu drugog kriterijuma punionice treba da se nalaze u sledećim mestima:

- 1) Vrnjačka Banja
- 2) Sokobanja
- 3) Kopaonik
- 4) Zlatibor

Na osnovu trećeg kriterijuma punionice treba da se nalaze u sledećim mestima:

- 1) Brodarevo
- 2) Vršac
- 3) Pirot
- 4) Sombor
- 5) Negotin
- 6) Kikinda
- 7) Sremska Mitrovica

Na osnovu četvrtog kriterijuma punionice treba da se nalaze na sledećim lokacijama:

- 1) Jagodina
- 2) Na auto-putu E-75 BB u blizini Velike Plane

Pojedina mesta zadovoljavaju više kriterijuma, ali su nabrojane samo na osnovu jednog kriterijuma radi lakšeg snalaženja.

3. OPREMA PUNIONICE

Svaka punionica se sastoji od jednog ili više električnih punjača. Punjači se razlikuju po snazi i na bazi toga se postiže kraće ili duže vreme punjenja [12,13]. Na tržištu postoji veći broj različitih punjača, a za ovo idejno rešenje predlažu se sledeći tipovi [14]:

1. Schneider Electric EVlink City 7,4 kW
2. Schneider Electric EVlink City 22,1 kW
3. Schneider Electric EVlink Fast Charger sa konektorima Combo2 50 kW DC/CHAdeMO 50 kW DC/AC 43 kW

Radi ilustracije na slici 3 prikazan je primer izgleda punjača Schneider Electric EVlink Fast Charger, koji obezbeđuju brzo punjenje u vremenu od 20-30 minuta. U tabeli 1 prikazane su osnovne karakteristike odabranih punjača u pogledu brzine punjenja, vrste napajanja, snage, ulaznog napona i struje.



Slika 3. Brzi punjač Schneider Electric EVlink Fast Charger [14]

Instalacija same punionice zahteva odgovarajući kablovski vod i priključak na najbližu transformatorsku stanicu, pod pretpostavkom da postoje odgovarajući slobodni kapaciteti. Pored toga, potrebno je posebnu pažnju obratiti na uticaj punionice na pogoršanje kvaliteta električne energije u mreži [15].

Tabela 1. Kriterijumi za izbor punionica prema snazi, vremenu punjenja, naponu i maksimalnoj struji [12]

Vreme punjenja za domet od 100km	Vrsta Napajanja	Snaga [kW]	Napon [V]	Maksimalna struja [A]
6-8 sati	jednofazno (AC)	3,3	230 (AC)	16
3-4 sata	jednofazno (AC)	7,4	230 (AC)	32
2-3 sata	trofazno (AC)	10	400 (AC)	16
1-2 sata	trofazno (AC)	22	400 (AC)	32 A
20-30 minuta	trofazno (AC)	43	400 (AC)	63
20-30 minuta	jednosmerna struja	50	400-500 (DC)	100-125
10 minuta	jednosmerna struja	120	400-500 (DC)	300-350

4. VIZUELNI PRIKAZ POSTAVKE PUNIONICA

Na slikama 4 - 6 prikazan je predlog inicijalnog rasporeda punionica na putnoj mreži u Srbiji. Radi preglednosti posebno je prikazana mreža punionica u Vojvodini, centralnoj i južnoj Srbiji. Predviđena su tri tipa ranije pomenutih punjača: spori, polubrzi i brzi sa sledećim vizuelnim prikazom:



- Spori (Schneider Electric EVlink City 7,4 kW)

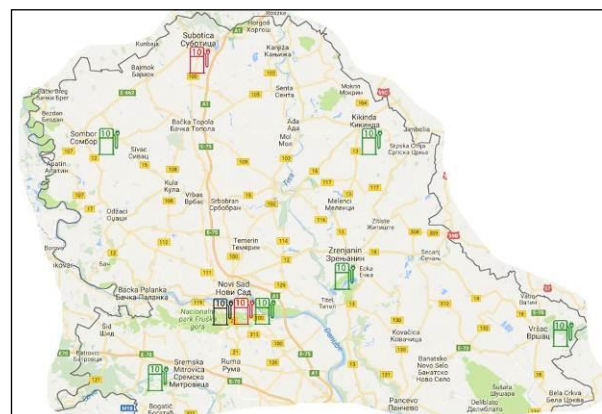


- Polubrzi (Schneider Electric EVlink City 22,1 kW)

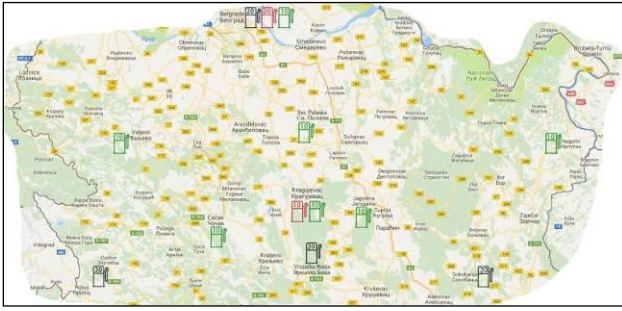


- Brzi (Schneider Electric EVlink Fast Charger 50 kW DC / AC 43 kW)

Za svaku punionicu predviđeno je postojanje više punjača. Broj planiranih punjača je unesen u pravougaonik u vrhu simbola.



Slika 4. Vizuelni prikaz punionica u Vojvodini

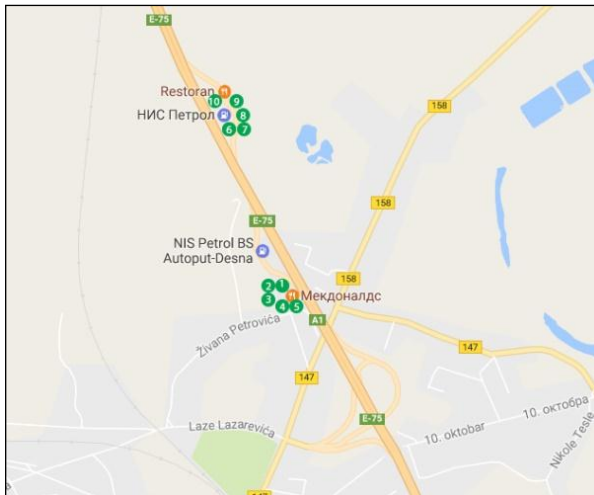


Slika 5. Vizuelni prikaz punionica u centralnoj Srbiji



Slika 6. Vizuelni prikaz punionica u južnoj Srbiji

Primer postavke punionica na auto-putu E-75 (Koridor 10) u blizini Velike Plane prikazan je na slici 7. Predložene su punionice sa brzim punjačima, koje omogućuju dopunjavanje ili kompletno punjenje u intervalu od 20 – 30 minuta.



Slika 7. Prikaz punionica na benzinskoj pumpi NIS Petrol i parkingu restorana brze hrane Mekdonalds.

Primer detaljnijeg prikaza rasporeda punionica i vrsta punjača za grad Novi Sad dat je na slici 8. Prikazane su lokacije punionica, kao i predloženi tipovi punjača, koji bi se trebali postaviti (crna tačka je spori, crvena polubrzi, a zelena brzi punjač).

5. PRORAČUN ISPLATIVOSTI PUNIONICA

Isplativost ovakvih investicija zasniva na periodu otplate ili na konkurentnosti izlazne cene energenta, tj. cene električne energije po kWh za punjenje. Da bi se isplatila uložena sredstva c , prihod od iznajmljivanja punjača p_a

toku godine p_a treba da bude jednak ili veći od rate po godini za otplatu uložених sredstava p_i :

$$p_a = t_d \cdot m \cdot p_i \cdot 365 \quad (1)$$

$$p_a = c \cdot \frac{(1+i)^{t_a} \cdot i}{(1+i)^{t_a} - 1} \quad (2)$$

gde su date varijable:

t_d – dnevni angažman punjača [h]

p – rata po godini za otplatu uložених sredstava (investicija) [EUR]

c – vrednost uložених sredstava (investicija) [EUR]

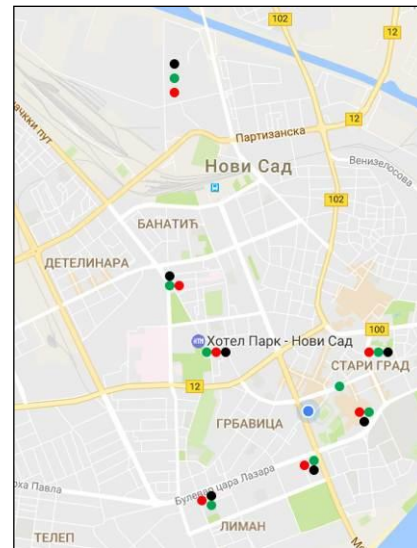
i – kamata na kredit [%]

t_a – vreme otplate kredita [godina]

p_a – prihod od iznajmljivanja punjača [EUR]

p_i – snaga punjača [kW]

m – cena električne energije [EUR/kWh]



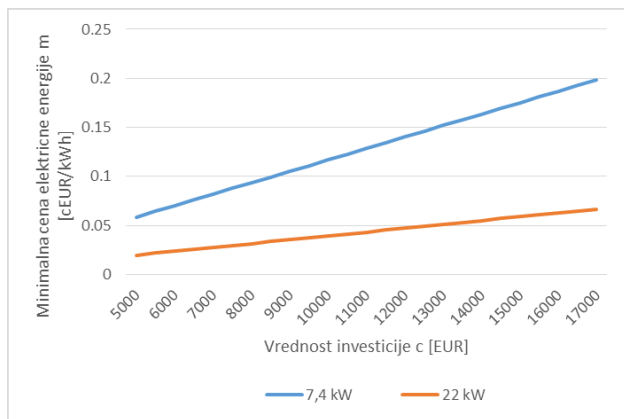
Slika 8. Prikaz punionica na području grada Novog Sada

Od interesa je da se odredi zavisnost minimalne cene električne energije m u zavisnosti od uložених sredstava c da bi ulaganje bilo isplativo.

$$m = \frac{c \cdot i}{t_d \cdot p_i \cdot 365} \cdot \frac{(1+i)^{t_a}}{(1+i)^{t_a} - 1} \quad (3)$$

Iz gornjeg izraza se vidi da je minimalna cena električne energije m direktno srazmerna uložеним sredstvima c i kamati i , a obrnuto srazmerna snazi punjača p_i i vremenu otplate uložених sredstava t_a . Na slici 6 prikazana je zavisnost minimalne cene električne energije m od uložених sredstava c , u slučaju sledećih zadatih ulaznih vrednosti: $i = 6\%$, $t_a = 4$ godine, $t_d = 10$ h/dan, $p_1 = 7,4$ kW, $p_2 = 22$ kW. Vidi se da je cena za snažniji punjač od 2 – 7 €EUR, dok je za punjač manje snage od 6-20 €EUR.

U tabeli 2 date su vrednosti investicije za punionice u Nemačkoj, na bazi analize iz literature [10]. Može se uočiti da se u narednom periodu očekuje pad vrednosti investicionih troškova za ove sisteme, pa samim time i niže cene „energenta“.



Slika 9. Grafikon proračuna vrednosti investicija u odnosu na minimalnu cenu električne energije

Tabela 2 - Troškovi punjača za 2015. i 2020. god. [10]

Charging technology	Smart charging box		Charging station		Charging station	
	AC		AC		DC	
Voltage type	AC		AC		DC	
Smart meter and energy management	Included		Included		Included	
Charging point	1		2		1	
charging capacity (kW)	> 3.7		11 or 22		50	
	2015	Forecast 2020	2015	Forecast 2020	2015	Forecast 2020
Complete hardware, incl. communication and smart meter	€1,200 ¹	€700	€5,000	€2,500	€25,000	€15,000
Grid connection costs	€0-2,000	€0-2,000	€2,000	€2,000	€5,000 ²	€5,000
Authorisation/planning/ location search	€500	€500	€1,000	€1,000	€1,500	€1,500
Installation/building costs/ signage	€500	€500	€2,000	€2,000	€3,500	€3,500
Total investment (CAPEX)	€2,200	€1,700	€10,000	€7,500	€35,000³	€24,000
Special usage	Example – call for bids in Berlin: €180					
Hotline, maintenance, disposal costs	Standard market maintenance contracts experience from charging station operation					
Communication costs	Standard market mobile telephony contracts experience from charging station operation					
Contract management/ billing	Assumption: ½ to 1 member of staff					
IT system	Based on internal outlay and/or market tender					
Running costs (€/a) OPEX	€1,000	€500	€1,500	€750	€3,000	€1,500

7. ZAKLJUČAK

U budućnosti može se očekivati puna elektrifikacija javnog i individualnog prevoza u cilju postizanja boljih uslova za život, naročito u velikim gradovima, kao i efikasnijeg korišćenja energije, te ublažavanja uzroka klimatskih promena. Da bi se to ostvarilo potrebna su dalja ulaganja u razvoj i širenje infrastrukture punionica za električna vozila, jer je Srbija u tom pogledu na dnu liste u Evropi. Ulaganjem u infrastrukturu punionica, ulaže se u budućnost, obezbeđuje osnov za razvoj privrede i turizma, ali i uslovi za kvalitetniji život.

8. LITERATURA

- [1] J. Larminie, J. Lowry, „Electric Vehicle Technology Explained”, Wiley, Chichester, U.K., 2015.
- [2] T. Denton, „Automobile Electrical and Electronic Systems”, Taylor & Francis, Oxford, U.K., 2004.
- [3] <http://electriccarsreport.com/2013/01/pike-forecasts-1-8m-evs-on-european-roads-by-2020/>
- [4] EEA, „Electric Vehicles in Europe”, EEA Report, Copenhagen, 2016.
- [5] <http://evobsession.com/best-selling-electric-car-europe-renault-zoe-2016-electric-car-sales/>
- [6] J. Wirges, „Planning the Charging Infrastructure for Electric Vehicles in Cities and Regions”, Ph.D. Thesis, Karlsruhe Institute for Technology, Karlsruhe, 2016.

- [7] A. Colmenar-Santos, C. de Palacio, D. Borge-Diez, O. Monzón-Alejandro, „Planning Minimum Interurban Fast Charging Infrastructure for Electric Vehicles: Methodology and Application to Spain”, *Energies*, No.7, 2014, pp.1207-1229.
- [8] O. Venerri (Editor), „Technologies and Applications for Smart Charging of Electric and Plug-in Hybrid Vehicles”, Springer Int.Publ., Switzerland, 2017.
- [9] J. Wirges, S. Linder, A. Kessler, „Modelling the Development of a Regional Charging Infrastructure for Electric Vehicles in Time and Space”. *European Journal on Transport and Infrastructure Research*, Issue 12, No.2, 2012, pp.391-416.
- [10] German National Platform for Electric Mobility (NPE), „Charging Infrastructure for Electric Vehicles in Germany”, German Federal Government, Berlin, 2015.
- [11] D. Gkatzoflias, Y. Drossinos, A. Zubaryeva, P. Zambelli, P. Dilara, C. Thiel, „Optimal allocation of electric vehicle charging infrastructure in cities and regions”, 2016.
- [12] M.C. Falvo, D. Sbordone, I.S. Bayram, M. Devetsikiotis, „EV Charging Stations and Modes: International Standards” *International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM)*, 18-20 June 2014, Ischia, Italy.
- [13] M. Vajagić, „Induktivni punjači za električne automobile”, Diplomski rad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2015.
- [14] Schneider Electric, „EVlink Electric Car Charging Stations“, Catalog 2800CT1001 R09/15, Andover, USA, 2015.
- [15] V.A. Katic, B.P. Dumnic, Z.J. Corba, M. Pecelj, “Electric and Hybrid Vehicles Battery Charger Cluster Locations in Urban Areas”, 17th European Conference on Power Electronics and Applications, EPE’15 ECCE Europe, Geneva, Switzerland, 8-10 Sept. 2015. Paper No.: 760, P1-P10,

Kratka biografija:



Miloš Vajagić rođen je u Zrenjaninu 1991. godine. Upisao je smer Energetika, Elektronika i Telekomunikacije na Fakultetu tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu 2010. godine. Diplomirao je 2015. godine i iste godine upisao master studije, takođe na Fakultetu tehničkih nauka.



Vladimir Katić rođen je 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 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.

**ЈЕДНО РЕШЕЊЕ ПРОГРАМСКОГ САКУПЉАЧА
СУВИШНИХ МЕМОРИЈСКИХ ОБЈЕКТА****ONE EXAMPLE OF GARBAGE COLLECTOR**

Бранислав Милић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Кратак садржај – У овом раду описани су алгоритми за аутоматско управљање меморијом. Представљене су њихове предности и мане. Имплементирано је решење у C програмском језику уз ослонац на *mark-sweep* алгоритам. Тестиране су перформансе решења за две различите организације меморијског простора и продискутовани су добијени резултати.

Abstract – *This paper describes algorithms used for automation of memory management. Their advantages and disadvantages are presented. Software solution was developed in C programming language and it's based on mark-sweep algorithm. It's performance was tested on two different memory space organizations. Test results were analyzed afterwards and they're presented in this paper.*

Кључне речи: управљање меморијом, алокација, деалокација, mark-sweep

1. УВОД

Врло битан задатак програмера представља управљање меморијом, која се користи у извршавању развијаног решења. Потребно је пажљиво и рационално руковати меморијом, и одређени део времена посветити овом проблему. Грешке као што су цурење меморије и изгубљени показивачи, могу се појавити након дужег времена експлоатације решења. Самим тим, теже их је упратити и открити, што доводи до додатних трошкова, пре свега у времену. Аутоматско управљање меморијом има за циљ да елиминише низ грешака, које могу настати уколико се меморијом управља ручно. Овакав приступ олакшава развој и одржавање програмског решења, изворни код постаје читљивији и лакши за разумевање. Ове погодности долазе уз одређену цену – програм ће посветити неко време, у току свог извршавања, за откривање делова меморије који више нису потребни, као и за њихово ослобађање.

Задатак овог рада је упознавање са различитим начинима управљања меморијом, избор адекватног алгоритма и развој решења који аутоматски сакупља сувишне меморијске објекте. У раду је описана имплементација *mark-sweep* алгоритма за аутоматско сакупљање сувишне меморије. Решење је развијено у C програмском језику. Ради тестирања и поређења перформанси, *Heap* меморија је организована на два различита начина.

НАПОМЕНА:

Овај рад је проистекао из мастер рада чији је ментор био др Бранислав Атлагић, доцент.

**2. АЛГОРИТМИ ЗА АУТОМАТСКО
УПРАВЉАЊЕ МЕМОРИЈОМ**

Први записи о аутоматском управљању меморијом, или *Garbage Collection (GC)*, записани су од стране *McCarthy*-а и *Collins*-а, 1960. године. Аутоматско управљање меморијом се први пут појављује у *Lisp* програмском језику. Педесет година касније аутоматско управљање меморијом представља есенцијалну компоненту модерних програмских језика. Предности оваквог приступа за развој софтвера су вишеструке. Пре свега, елиминише се читава серија програмских грешака (*bugs*), као што су покушаји да се испрате показивачи који показују на меморију која више не припада програму. Слично, спречава се могућност ослобађања меморије која је већ раније ослобођена. Овакав приступ значајно умањује шансе да програм изазове цурење меморије, мада је оно и даље могуће. Поједностављује се израда и коришћење конкурентних структура података. Поред свега наведеног, поједностављује се израда корисничког интерфејса, изворни код постаје читљивији, разумљивији и лакши за одржавање [1]

За разлику од ручног управљања меморијом, програмер не мора да брине о алокацији, а пре свега о деалокацији заузете меморије. Наравно, аутоматско управљање меморијом заузима одређено време у извршавању програма, некада га може и знатно успорити. Због тога је битно применити оптималан алгоритам за имплементацију овог механизма, како би његов утицај на извршавање програма био знатно умањен [1].

Постоје три основна алгоритма како се може имплементирати *GC* колектор. Пре приказа њихових кључних особина, неопходно је дефинисати два појма која се користе у опису алгоритма за аутоматско управљање меморијом:

- Мутатор – мутатор извршава код апликације који алоцира нове објекте, мења граф објеката (мењајући поља референци, тако да оне референцирају на друге објекте). Поља референци се могу наћи у објектима на *heap*-у, као и на другим местима, познатијим као корени,
- Колектор – колектор извршава код *GC*-а, који открива мртве објекте и ослобађа њихову меморију [1].

Циљ идеалног *GC*-а је да ослободи простор, који је користио сваки објекат, и који се више не користи од стране програма. Сваки систем за аутоматско управљање меморијом има три задатка:

- Алоцирање простора у меморији за нове објекте,

- Препознавање живих објеката,
- Повраћај простора заузетог од стране мртвих објеката [1].

2.1. *Mark-sweep* колекција

Код *mark-sweep* алгоритма колектовање се врши у две фазе. У првој фази, фази прецртавања, колектор прелази преко графа објеката, почевши од корена (регистри, стекови програмских нити, глобалне променљиве) кроз које програм може одмах да приступи објектима, и даље кроз праћење показивача, обележи сваки објекат који пронађе. У другој фази чишћења, колектор проверава сваки објекат на *heap*-у. Објекти који нису обележени се сматрају отпадом, и меморија коју они заузимају је враћена и могуће је даље користити за друге алокације [1].

Mark-sweep представља индиректни колекциони алгоритам. Не открива објекте који су смеће директно, већ само живе објекте. Откривањем живих објеката, закључује се да сви остали морају бити смеће. Интерфејс мутатора за овај алгоритам је прилично једноставан. Уколико нит не успе да алоцира објекат, позива се колектор и захтев за алоцирање се понавља. У случају да је захтев за алокацију и даље неуспешан, то значи да је меморија истрошена и да нема довољно места на *heap*-у [1].

Пре преласка преко графа објеката, колектор прво мора припремити радну листу за фазу маркирања, која садржи почетне тачке, од којих почиње обележавање живих објеката. Сваки коренски објекат се обележава и додаје у радну листу. Објекти се могу обележити постављајући вредност неког бита (или бајта) у заглављу објекта, или у табели са стране [1].

Маркирање графа живих објеката је једноставно. Прелази се преко радне листе и проверавају се референце и њихова одредишта. Уколико референца указује на неки објекат на *heap*-у, он се обележава и додаје у радну листу, осим у случају да је тај објекат већ обележен. Обележавање се врши све док постоје референце на неке алоциране објекте. Када се испразни радна листа, фаза маркирања је завршена. На овај начин су обележени сви објекти који се и даље користе у извршавању програма, тј. живи објекти.

Фаза уклањања враћа објекте, који нису обележени у фази маркирања, алокатору. Колектор најчешће уклања објекте са *heap*-а линеарно, почевши од дна, где се уклањају сви необележени објекти. Обележеним објектима се ресетује вредност за маркирање, у циљу поновног обележавања овог бита у наредном циклусу колекције [1].

Mark-sweep има две предности у односу на бројање референци, које су довеле до тога да неки системи прихвате овај алгоритам за аутоматско управљање меморијом. Прво, циркуларне референце се колектују успешно, без додатних мера предострожности. Друга предност је да нема додатних трошкова, за потребе манипулисања референци. Са друге стране, *mark-sweep* је *stop/start* алгоритам; извршавање програма се зауставља када се започне колектовање. Паузе које ствара овај алгоритам могу бити врло значајне у извршавању програма. У случају да брзина одговора

није битна, овај алгоритам пружа боље перформансе у односу на инкременталне алгоритме, као што је, на пример, бројање референци. Једноставан *mark-sweep* алгоритам има тенденцију да фрагментира *heap*, што је још једна мана овог алгоритма [3].

Све наведене мане се могу уклонити или умањити одређеним надоградњама и побољшањима основног алгоритма, и тиме добити солидан и поуздан механизам за аутоматско управљање меморијом. Једна од верзија овог алгоритма је *mark-compact* алгоритам, који елиминира појаву фрагментације *heap*-а.

2.2. Копирајућа колекција

Други начин колектовања мртвих објеката је копирајући алгоритам. Копирајући алгоритам компактује *heap*, омогућује брзу алокацију објеката, и захтева један прелаз преко живих објеката како би одредио који објекти треба да преживе колекцију. Главни недостатак овог приступа за колекцију је тај што смањује количину расположиве меморије за пола. Основни копирајући колектори врше поделу *heap*-а, на два једнака дела. Нови објекти се алоцирају у половину у коју се смештају нови објекти, повећавајући вредност показивача, који показује на слободну меморију (уколико има довољно места за смештање тог објекта). У случају да нема довољно места за смештање новог објекта у делу за нове објекте, започиње се фаза тражења живих објеката (ова фаза је уједно и прва фаза у колектовању мртвих објеката за овај алгоритам). Живи објекти се копирају у другу половину *heap*-а, а мртви објекти остају у првој половини. Након копирања живих објеката у другу половину, прва половина се чисти и мењају се улоге ова два простора (половине *heap*-а).

Природна и корисна страна овог алгоритма је та да се сви алоцирани објекти налазе на почетку дела меморијског простора за смештање објеката. Копирајући колектори могу објекте алоцирати много ефикасније и брже, за разлику од колектора код којих долази до фрагментације *heap*-а. Као и *mark-sweep*, копирајући алгоритам не захтева додатне операције на мутатору, као што су операције ажурирања показивача [3].

Предности копирајућег алгоритма, у односу на алгоритме бројања референци и *mark-sweep*, довеле су до широке примене овог алгоритма. Цена алоцирања је екстремно ниска, нова меморија се додељује једноставним повећањем показивача који показује на слободан простор. Фрагментација меморијског простора елиминисана је чињеницом да су сви активни подаци компактовани и смештени на почетак меморијског простора. Прва и главна мана копирајућег алгоритма је коришћење два полупростора; адресни простор потребан за коришћење је дуплиран, у односу на некопирајуће алгоритме [3].

2.3. Бројање референци

За разлику од осталих, бројање референци представља директан алгоритам који се врши над објектима приликом њиховог референцирања и дереференцирања. Бројање референци одржава једноставну инвари-

јанту: објекат се сматра живим ако и само ако је број референци које указују на тај објекат већи од нуле. Овај приступ уводи вредност – број референци, за сваки објекат чијом се меморијом управља. Најчешће се ова вредност додаје у заглавље објекта. У најосновнијем примеру, бројач референци се повећава или смањује за објекат када се референца на тај објекат дода или уклони [1].

Постоји више разлога зашто бројање референци може представљати атрактиван избор за аутоматско управљање меморијом. Потенцијално, бројање референци може деалоцирати заузету меморију одмах чим објекат постане смеће. Стога, може наставити да се извршава задовољавајуће, чак и када је *heap* скоро пун. Бројање референци може бити имплементирано без подршке, или познавања извршаваног програмског система. У суштини, није потребно познавати корене програма [1].

Нажалост, овакав приступ има и бројне недостатке, због којих су многи имплементатори одустали од овог решења за управљање меморијом. Најозбиљнија мана овог приступа је висока цена процесирања, што се може приписати потреби ажурирања вредности инваријанте, која чува број референцирања објекта. Техника бројања референци заузима додатан простор у меморији чувањем бројача референци, који може представљати проблем у смислу да овај простор није довољан да се смести довољно велик број у предвиђени простор [3].

Немогућност овог алгорита да успешно почисти кружне референце, сматра се његовим главним недостатком. Кружна референца настаје када су објекти међусобно повезани референцама у оба смера, правећи притом затворену петљу [4].

2.4. Напредни алгоритаи

Поред основних алгоритаа, постоје и напредније верзије ових алгоритаа. Напредни алгоритаи имају за циљ да уклоне одређене недостатке основних алгоритаа, или њихово побољшање у смислу перформанси. Побољшање перформанси се постиже упошљавањем више програмских нити за потребе *GC*-а (конкурентни и паралелни), партиционисањем *heap*-а на основу животног века објекта (генерацијски). Такође, постоје различити начини и критеријуми, који се могу узети у обзир приликом партиционисања *heap*-а (по типу објекта, величини, програмским нитима, итд).

2.4.1. Генерацијски

Генерацијски алгоритаи раздвајају објекте по старости у тзв. генерације, типично раздвајајући делове *heap*-а. Објекти у млађој генерацији, у односу на старије, се обично учесталије обрађују од стране колектора, а објекти који довољно дуго преживе колектовање се промовишу у старију генерацију [1].

Генерацијски колектор, највећи део *GC* напора троши на колектовање младих објеката. Главни разлог примене, који стоји иза оваквог приступа, је схватање да објекти имају тенденцију да живе кратко [5].

2.4.2. Конкурентни и паралелни

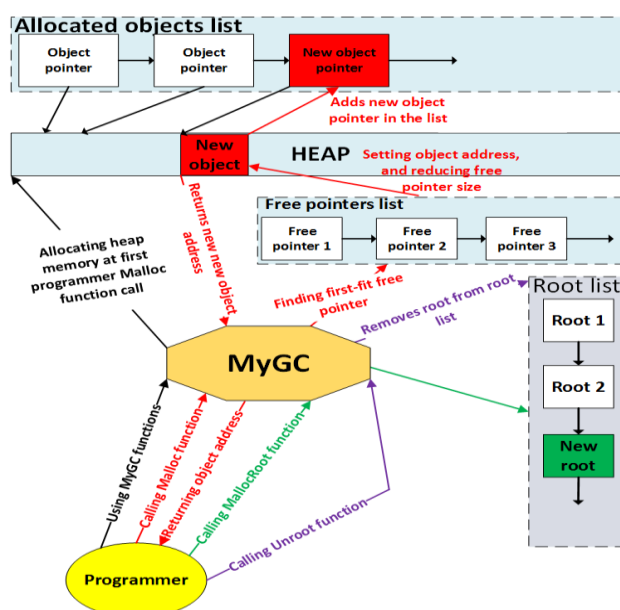
Конкурентни и паралелни алгоритаи покушавају да оптимизују, односно да смање временске паузе у раду

програмске апликације, које ствара алгорита за аутоматско управљање меморијом. Ови алгоритаи упошљавају више програмских нити за обављање послова који се тичу алоцирања и колектовања објеката.

Конкурентни колектори имају дугу историју. Развијање конкурентног алгорита, који је у исто време ефикасан и тачан, се показало као тежак посао. За *mark-sweep* алгоритае, уклањање, у поређењу са маркирањем, је једноставно за извршавање у конкурентном режиму са апликацијом. Већина истраживања се фокусира да направи конкурентну фазу маркирања. Већи број ових алгоритаа су развијени као инкрементални алгоритаи, у циљу смањења временских пауза на једно-процесорским платформама. Ови алгоритаи обично могу бити и имплементирани у потпуности конкурентно, на платформама где постоји више процесора [6].

3. ОПИС РЕШЕЊА ПРОБЛЕМА

Решење проблема треба да омогући програмеру да смањи бригу о ослобођању меморије коју је заузео његов програм. Потребно је направити *GC* библиотеку, која ће бити коришћена у те сврхе. На основу задатка овог рада предложен је дизајн решења који је приказан на слици 1.



Слика 1. Предложени дизајн решења

Централну компоненту овог решења представља *MyGC* библиотека. Ова библиотека треба да омогући *C* програмеру коришћење функција за алокацију нових објеката на *heap*, алокацију и деалокацију коренских објеката. Поред ових функција, библиотека има и додатне функције за манипулацију и управљање структурама, које се користе у оквиру овог решења. У овом решењу постоје два начина организације меморијског простора за смештање алоцираних објеката. У првом, *heap* представља један низ бајтова, у који се смештају објекти свих величина. У другом начину, *heap* је раздвојен на више делова и сваки део је подељен на блокове у које се смештају објекти до неке задате величине.

3.1. Тестирање решења

За јединично тестирање имплементације решења и написаног кода, коришћен је *CuTest framework*. Циљ оваквог тестирања је да се провери исправност написаног кода, и функционално тестирање решења. Формирана је група од девет тестова која тестира све функције имплементираних библиотека. Свих девет тестова је извршено успешно и без пријављених грешака.

3.1.2. Упоредно тестирање перформанси

За потребе мерења, написан је посебан тест случај, који алоцира већи број различитих објеката, различите величине. У табели 1. се налазе добијени резултати за *heap* као континуални низ бајтова, величине 20 килобајта.

Табела 1. Перформансе решења за *heap* величине 20 килобајта

Allocated live objects	Allocated garbage objects	GC Cycles	Average time in GC [s]	Total time [s]	Total time in GC [s]
100	1900	17	0,078	8,015	1,326
500	1500	20	0,125	8,56	2,5
1000	1000	35	0,234	12,4	8,19

На основу ових резултата, може се закључити да објекти који преживљавају циклус колекције итекако утичу на перформансе *mark-sweep* алгоритма за аутоматско управљање меморијом. Број *GC* циклуса расте са порастом броја живих објеката на *heap*-у. Ово се може приписати чињеници да са већим бројем живих објеката остаје мање простора на *heap*-у за смештање нових објеката, а самим тим је потребно чешће позивати *GC*. Сличан случај је и са осталим колонама (просечно време у *GC*-у, укупно време извршавања и укупно време у *GC*-у). Перформансе су мерене и у случају блоковске организације *heap*-а. У табели 2. се налазе резултати мерења перформанси за блоковску организацију *heap*-а, величине 40 килобајта.

Табела 2. Перформансе решења за блокирани *heap* величине 40 килобајта

Allocated live objects	Allocated garbage objects	GC Cycles	Average time in GC [s]	Total time [s]	Total time in GC [s]
100	1900	17	0,078	8,015	1,326
500	1500	20	0,125	8,56	2,5
1000	1000	35	0,234	12,4	8,19

Резултати мерења показују сличне резултате у односу на мерења за *heap* као континуални низ бајтова. Мање време извршења тест случаја се може приписати томе да се са блоковском организацијом смањује фрагментација и да је проналазак слободног простора бржи у односу на прво решење организације *heap*-а.

4. ЗАКЉУЧАК

У овом раду представљени су алгоритми за аутоматско управљање меморијом. Описане су њихове особине, као и предности, и мане истих. Предложено је решење задатка уз ослонац на *mark-sweep* алгоритам. Решење је имплементирано у *C* програмском језику у облику библиотеке, која је намењена свим програмерима који желе да користе предности аутоматски управљане меморије. Израђена су два решења са различитим организацијама меморијског простора за смештање алоцираних објеката. Тестиране су њихове перфор-

мансе и утврђено је да решење са блоковском организацијом заузима више меморијског простора за исти број алоцираних објеката, али је алокација и деалокација објеката бржа у односу на решење са континуалним низом бајтова. Решење са континуалним низом бајтова значајно фрагментује меморијски простор, и може довести до прекида рада програма у случају дуге експлоатације решења.

Даљи развој овог решења подразумева потпуну аутоматизацију процеса сакупљања сувишних меморијских објеката. Пре свега се мисли на процес откривања коренских објеката без асистенције програмера. На тај начин, изгубила би се потреба да програмер сам проглашава објекте коренским, већ би тај посао програм обављао уместо њега. Такође, било би добро надоградити постојећи алгоритам са неким од напредних алгоритама, за бољу ефикасност решења.

Потенцијална побољшања имплементираних решења могу бити: могућност проширења меморијског простора за смештање алоцираних објеката у току рада програма, подршка за рад у програмима са више програмских нити и додатне реорганизације меморијског простора у зависности од величине, типа и старости алоцираних објеката.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Richard Jones, Anthony Hosking, Eliot Moss, The Garbage Collection Handbook: The Art of Automatic Memory Management, 2012, CRC PRESS
- [2] Brian W. Kernighan, Dennis M. Ritchie, The C Programming Language, 1988, Prentice Hall, Second edition
- [3] Richard Jones, Raphael Lins, Garbage Collection: Algorithms for Automatic Dynamic Memory Management, 1996, John Wiley & Sons Ltd, First edition
- [4] Ting-Wei Hou, Chin-Yang Lin, Tien-Yan Ma, A Single-Trace Cycle Collection for Reference Counting Systems, 2009, Pervasive Systems, Algorithms, and Networks (ISPAN), 2009 10th International Symposium
- [5] Luke Dykstra, Witawas Srisa-an, J. Morris Chang, An Analysis of the Garbage Collection Performance in Sun's HotSpot™ Java Virtual Machine, 2002, IEEE
- [6] Java Garbage Collection Basics, <http://www.oracle.com/webfolder/technetwork/tutorials/obe/java/gc01/index.html>, Учитано 03.04.2017.
- [7] Timothy H. Heil, James E. Smith, Concurrent Garbage Collection Using Hardware-assisted Profiling, 2000, ACM, ISMM - International Symposium on Memory Management
- [8] Dr. Fridtjof Siebert, Concurrent, Parallel, Real-Time Garbage-Collection, 2010, ISMM'10, ACM

Кратка биографија:



Бранислав Милић је рођен 25.07.1992. године у Новом Саду. Завршио је средњу школу Гимназија „Светозар Марковић“ у Новом Саду 2011. године. Основне академске студије на Факултету техничких наука у Новом Саду је уписао 2011. године, смер Рачунарство и аутоматика. На истом факултету је 2016. уписао је Мастер академске студије, смер Примењено софтверско инжењерство.

ADAPTIVNA ZAŠTITA U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA SA DISTRIBUIRANIM GENERATORIMA**ADAPTIVE PROTECTION IN DISTRIBUTION NETWORKS WITH DISTRIBUTED GENERATORS**

Đorđe Munižaba, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratik sadržaj – U ovom radu je opisan uticaj distribuiranih generatora (DG) na struju kratkog spoja u distributivnim mrežama (DM), kao i na korektno delovanje zaštite. Integracija DG sa postojećim mrežama je stvorila nekoliko tehničkih, ekonomskih i regulatornih izazova. Nekadašnje čisto radijalne strukture su postale upetljane, pa je stoga i inicijalno dizajnirana relejna zaštita postala neadekvatna. Obradeni su karakteristični problemi koji se unose uvođenjem DG, kao i moguća rešenja za prevazilaženje navedenih slučajeva. Predstavljen je koncept adaptivne relejne zaštite u pametnim mrežama, pomoću koje je moguće prevazići nedostatke tradicionalne zaštite.

Abstract – This paper presents influence of distribution generators (DG) on fault current in distribution networks as well as correct operation of protection. DG integration with existing networks introduced several technical, economical and regulatory challenges. Former pure radial structures begin to be meshed, so initially designed relay protection becomes inadequate. Characteristic problems, which occur by introducing DG, are processed, as well as possible solutions for overcoming these issues. Concept of adaptive relay protection in Smart Grids is presented, by which is possible to overcome shortcomings of traditional protection.

Cljučne reči: distribuirani generatori, adaptivna zaštita, pametne mreže.

1. UVOD

Jedna od najvećih promena u distributivnim mrežama (DM) predstavlja uvođenje distribuirane proizvodnje. Razvoj tehnologije i industrije je uticao na sve veću potražnju za električnom energijom, što je kao rezultat dovelo do uvođenja novih izvora energije. Instalacija distribuiranih generatora (DG) donosi puno pogodnosti, ali i problema. Neki od problema se odnose na obrnute tokove snaga, greške u koordinaciji zaštite, tzv. pogrešno delovanje releja i zaslepljenje releja, neželjen ostrvski pogon itd. Kako bi se održao adekvatan nivo zaštite, potrebno je bilo uvesti novi način za detekciju i izolaciju kvarova, čiji teorijski opis predstavlja zadatak ovog rada. U drugom delu rada je obraden koncept pametnih mreža, dok su u trećem obrađuju prednosti i mane distribuirane proizvodnje. Četvrti deo je posvećen zaštiti u DM, peti uticaju DG na detekciju i izolaciju kvarova, dok je u

NAPOMENA:

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

šestom objašnjena adaptivna zaštita kao rešenje. Poslednja dva dela su zaključak i literatura.

2. KONCEPT PAMETNIH MREŽA

Tradicionalna električna mreža je napravljena za jednosmeran tok snage, gde električna energija teče iz proizvodnih postrojenja ka krajnjim korisnicima. Većina današnjih mreža ima značajne nedostatke, kao što je ručno otkrivanje kvara, nezavisna regulacija napona, neoptimizovani tokovi snaga i ograničeno upravljanje snagama. Sledeća generacija EES, poznatija i kao pametna mreža, je obećavajuće rešenje za dugoročnu evoluciju industrije.

Od pametnih mreža se očekuje da će promeniti način proizvodnje električne energije, prenos i distribuciju, dopuštajući dvosmerni protok i za električnu energiju i za informacije. Sa svrhom otkrivanja mogućih kvarova i nalaženje brzog rešenja, potreban je pouzdan komunikacioni sistem koji bi bio dostupan konceptu pametnih mreža i podrška za prikupljanje podataka, zaštitu i automatsko upravljanje mrežom.

Važan benefit pametnih mreža je efikasno rešavanje pitanja selektivnosti u trenucima kada se dogodi kvar. Nakon izolacije kvara iz mreže (manipulacijom odgovarajućih prekidača), potrošači koji su ostali bez napajanja (sa glavne mreže), bi bili napajani iz drugih izvora [1]. Mikro mreže, kojima je omogućen autonoman rad (mogu da se odvoje od tradicionalne mreže), mogu da imaju značajnu ulogu u smanjenju poremećaja u mreži i jačanju njene fleksibilnosti. Pomoć se ogleda u tome što mikro mreže mogu da nastave da rade u ostrvskom režimu rada nezavisno od glavne mreže, i takođe mogu imati funkciju izvora energije kada je potrebno oporaviti sistem nakon eliminacije kvara.

3. PREDNOSTI I MANE DISTRIBUIRANE PROIZVODNJE

Termin distribuirane proizvodnje se često koristi za opis generisanja energije malih razmera. U prethodnoj deceniji, koncept više manjih izvora energije u različitim delovima DM, stiče sve veće interesovanje. Glavni okidač uvođenja ovakvog načina proizvodnje su bili pre svega, tehnološke inovacije, promenjene ekonomske prilike u državama, kao i zaštita životne sredine [2].

3.1. Benefiti koji se ostvaruju

Značajan aspekt distribuirane proizvodnje predstavlja fleksibilnost, veličina i moguće proširenje generatorskih jedinica.

Problemi pouzdanosti se odnose na učestale prekide u snabdevanju električnom energijom. Zbog manjka sredstava može doći do opadanja nivoa pouzdanosti mreže, pa se industrije kojima je potreban neprekidan izvor napajanja mogu okrenuti snabdevanjem iz distribuirane proizvodnje.

Pozitivan uticaj na naponske prilike i kvalitet električne energije.

Mnogi DG se baziraju na tehnologijama koje se smatraju ekološkim i na taj način se izbegava dodatna emisija štetnih gasova.

Distribuirana proizvodnja može da utiče na odlaganje troškova ulaganja za povećanje kapaciteta elektrana i prenosnih mreža.

3.2. Poteškoće sa proizvodnjom iz distribuiranih generatora

- Jedan od glavnih problema ka globalnom uspehu distribuirane proizvodnje su relativno visoki kapitalni troškovi po kW instalirane snage u poređenju sa velikim klasičnim postrojenjima.
- Potrebno je pažljivo proceniti i isplanirati priključenje velikog broja DG.
- Uvođenjem DG tok električne energije postaje dvosmeran, što dovodi do pitanja adekvatne zaštite u mreži na srednjem i niskom naponu.
- Proizvodnja iz obnovljivih izvora, može imati poteškoća sa održavanjem izlazne snage na nivou koji zahteva potrošnja, zbog varijacije pogonske energije.
- Fleksibilnost koju nudi uvođenje DG, ujedno usložnjava model mreže i traži dodatne operacije u radu na mreži.

4. ZAŠTITA U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA

Osnovni cilj primene relejne zaštite je najbrže moguće isključenje elementa, odnosno dela EES sa kvarom, uz očuvanje funkcionalnosti i održanje stabilnosti ostalog dela sistema.

Zarad kvalitetnog delovanja relejne zaštite potrebno je ispuniti nekoliko opštih zahteva. Tu spadaju: selektivnost, osetljivost, brzina reagovanja, ekonomičnost, pouzdanost i sigurnost [3]. Relejna zaštita može biti klasifikovana u skladu sa načinom na koji obavlja svoju funkciju.

4.1. Prekostrujna zaštita

Prekostrujna zaštita generalno predstavlja najčešći oblik zaštite koja se koristi za eliminisanje kvarova u mreži, detektovanjem velikih vrednosti struja kvara. Prekostrujni releji su najrasprostranjenija vrsta zaštite zbog relativno niske cene i širokog opsega struje kvara koje mogu detektovati.

Na osnovu radne karakteristike releja, postoji podela na tri glavne grupe: trenutni prekostrujni releji, releji sa strujno nezavisnom vremenskom karakteristikom, releji sa strujno zavisnom vremenskom karakteristikom.

Takođe u prekostrujnu zaštitu koja se najčešće viđa u DM, spadaju i osigurači i rekloseri.

4.2. Distantni releji

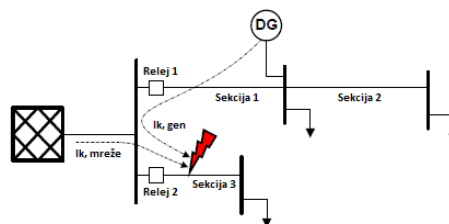
Distantni releji se mogu koristiti kada prekostujni releji ne mogu da ispune osnovne zahteve za zaštitom, kao što su osetljivost i selektivnost. Distantnim relejima se meri impedansa voda do određene tačke (koja je određena zonom zaštite) i dizajnirani su da deluju samo za kvarove koji se dese u tom području. Selektivnost distantnih releja je obezbeđena korišćenjem različitih impedantnih dosegova u konjukciji sa različitim vremenskim zatezanjem. Cilj je da se pri merenju impedanse za različite vrste kvara (kratkih spojeva) relejom meri impedansa za direktni režim. Odnosno, da se releju dovode takvi naponi i struje iz čijeg će se količnika određivati impedansa direktnog režima.

5. UTICAJ DISTRIBUTIVNIH GENERATORA NA DETEKCIJU I IZOLACIJU KVAROVA

Tradicionalne metode koje se primenjuju za kontrolu DM se zasnivaju na pretpostavkama jednosmernog toka snage. Ova pretpostavka omogućava relativno jednostavnu zaštitnu šemu, kako bi se postiglo brzo i selektivno delovanje zaštite. Međutim, integracija DG u DM radikalno menja ovu tezu. Tok snage kao i struje kvara sada mogu imati „uzvodni“ smer i stoga DG može omesti rad zaštite. Problemi sa kojima se danas suočavamo sa primenjenom šemom zaštite, diktiraju izmene u budućnosti u određivanju logike zaštitnih uređaja. Postoji nekoliko karakterističnih problema sa zaštitom koji se javljaju u srednje naponskim DM.

5.1. Pogrešno okidanje releja

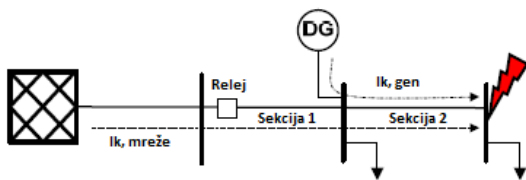
Neželjeno isključenje „zdravog“ izvoda se može desiti usled uticaja DG u struji kvara na susednom izvodu koji je priključen na istu transformatorsku stanicu kao što je prikazano na slici 1. Uticaj DG može uzrokovati prekoračenje struje kvara iznad podešenja releja 1, i stoga bi on mogao delovati na isključenje zdravog izvoda, pre nego što deluje relej 2 na izvodu sa kvarom.



Slika 1 – Primer pogrešnog delovanja releja

5.2. Zaslepljenje releja

Kada se DG priključi u tački između napojne transformatorske stanice i mesta kvara, ukupna struja kvara se poveća u mreži, usled uticaja koji potiče od DG – slika 2. Međutim, struja kvara koju „vidi“ relej (za isti kvar) je manja, usled podele struje kvara između izvora napajanja. Efekat zaslepljenja može imati za posledicu odloženo delovanje releja, odnosno može doći do nereagovanja releja (u zavisnosti od tipa prekostrujnog releja) [4].



Slika 2 – Princip zaslepljenja releja

5.3. Automatsko ponovno uključenje

U srednje naponskim DM sa nadzemnim vodovima, oko 80% svih kvarova čine prolazni, koji se obično uklanjaju pomoću automatskog ponovnog uključjenja (APU). Električni luk nestaje u toku beznaponske pauze (kada je prekidač isključen). DG ima negativan uticaj na korišćenje APU. Naime, DG u toku beznaponske pauze sprečavaju dejonizaciju luka (održavaju električni luk) i potencijalni prolazni kvar postaje trajan [5].

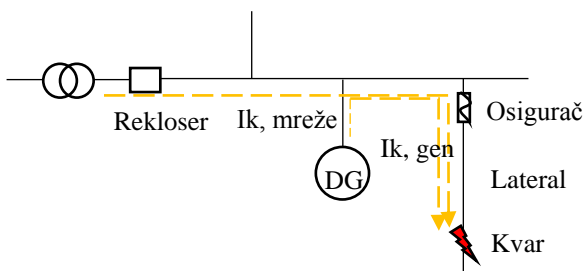
5.4. Neželjen ostrvski pogon

Kritične situacije se mogu pojaviti kada, izolovan deo mreže od ostatka sistema ostane u ostrvskom pogonu sa priključenim DG. Distribuirani generatori obično nisu namenjeni za samostalno napajanje lokalne mreže i u većini slučajeva ostrvski pogon je nepoželjan iz sledećih razloga:

- kvalitet električne energije ne može biti garantovan u ostrvskom pogonu. Mogu se pojaviti odstupanja kod napona i frekvencije.
- ponovno priključenje ostrva je problematično, zbog sinhronizacije sa glavnom mrežom.
- u slučaju kada su u mreži prisutni rekloseri, postoje poteškoće sa čišćenjem električnog luka s obzirom da ih održavaju DG.

5.5. Gubitak koordinacije između reklosera i osigurača

U slučaju prolaznih kvarova, rekloser mora izolovati deo mreže sa kvarom pre nego što osigurač stigne da odreaguje (brza karakteristika reklosera), i tako omogućiti vreme za čišćenje kvara. Kao rezultat, osigurač neće pregoreti za prolazne kvarove, i spora karakteristika reklosera će ostati kao rezervna zaštita osiguraču. DG umetnut između zaštitnih uređaja, utiče na struje kvara koje vidi rekloser, odnosno osigurač (struja kroz osigurač je povećana, dok je struja kroz rekloser smanjena). Te promene u struji, dovode do smanjenja sigurnosne margine kojom se obezbeđuje koordinacija, što može dovesti do bržeg reagovanja osigurača i izolaciju dela mreže za prolazne kvarove.



Slika 3 – Primer narušene koordinacije između reklosera i osigurača

6. ADAPTIVNA ZAŠTITA KAO REŠENJE

Za rešavanje problema koji se dobijaju uvođenjem DG, počeo je da se koristi adaptivni algoritam za zaštitu. Zbog toga što je adaptivna zaštita opremljena sa mikrokontrolerom i memorijom, moguće je zaštitnu šemu programirati u realnom vremenu i skladištiti potrebne podatke. U skladu sa pomenutim problemima koji nastaju, razmotrena su rešenja.

6.1. Rešenje problema sa pogrešnim delovanjem releja

Generalno gledano, da bi se postigla željena funkcionalnost zaštitnih uređaja utvrđeno je da se mora vršiti komunikacija između inteligentnih uređaja elektronike. (eng. *Intelligent Electronic Devices* – IEDs). Prekidači moraju biti opremljeni sa IEDs koji će sadržati sve potrebne relejne funkcije. Osnovna funkcionalnost svakog IED se može podeliti na funkciju unapred i unazad (smer unapred podrazumeva da je mesto kvara ispred posmatranog IED, dok je smer unazad prema glavnom izvoru napajanja). Problem sa pogrešnim delovanjem releja se ne bi pojavljivao kada bi releji imali usmereni član. Usmereni član bi zahtevao naponski transformator što je često retkost u mnogim sadašnjim DM. S obzirom da bi IEDs, sa uvođenjem koncepta pametnih mreža, sadržao u sebi merne članove za merenje napona, problem sa delovanjem releja usled uzvodnih tokova struje kvara koje potiču od DG, bi bio rešen.

6.2. Rešenje problema sa zaslepljenjem releja

Sistem zaštite će uvođenjem pametnih mreža imati mogućnost stalnog adaptiranja novom stanju u mreži. Gledano iz perspektive sistema zaštite, postoje dve osnovne stvari koje treba da se znaju o stanju u DM:

- konfiguracija mreže (lokacija otvorenih prekidača).
- statusi uključjenja generatorskih jedinica.

Na osnovu ta dva parametra i mehanizma, koji je ugrađen u svaki IEDs, sistem zaštite će imati stalnu sposobnost adaptiranja podešenja postojećem stanju. Na ovaj način je podešenje releja adekvatno u svakom trenutku, tako da u slučaju kvara sa uključenim DG, neće doći do zaslepljenja releja.

6.3. Zaštita za detekciju ostrvskog pogona

Da bi distributivni sistemi imali mogućnost detekcije ostrvskog pogona, obično je obavezna tzv. *loss-of-mains* LoM zaštita. Postoji nekoliko slučajeva, kada se zahteva isključenje DG iz ostrvskog pogona:

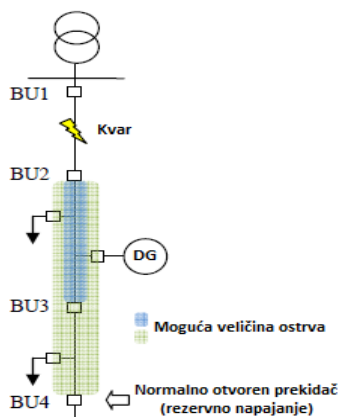
- U slučaju odstupanja napona i frekvencije, DG bi trebalo isključiti sa mreže.
- U slučaju korišćenja APU, DG se mora isključiti sa mreže pre nego što se prekidač ponovo zatvori.
- Ukoliko je jedna ili više faza prekinuta, generatorske jedinice se moraju brzo isključiti.

LoM zaštita se zasniva na sledećoj ideji. Predajnik šalje signal preko mreže do prijemnika, kojima su opremljeni generatori. Sve dok prijemnici detektuju signal, ostaće priključeni na glavnu mrežu. Signal ne mora da nosi

nikakvu informaciju i nestajanje signala ukazuje na ostrvski rad.

6.4. Rešenje za APU

Deo mreže na kojoj se demonstrira primer je prikazan na slici 4.



Slika 4 – Test mreža

Duž izvoda se nalaze prekidači sa njima asociranim IEDs, koji zajedno čine osnovnu jedinicu (eng. *Basic Unit* - BU). Kako bi se ispunio zahtev za APU, pri lokaciji kvara između BU1 i BU2, šalje se signal za isključenje DG pomoću komunikacione mreže. Kada se nakon beznaponske pauze (u slučaju prolaznog kvara) kvar spontano eliminiše, šalje se sekvenca za ponovno zatvaranje BU1. U slučaju da kvar i dalje postoji, prekidač BU1 se ponovo otvara. Ova interakcija je omogućena odgovarajućom opremom koja je prisutna u pametnim mrežama.

6.5. Rešenje problema za narušenu koordinaciju između reklosera i osigurača

Da bi se rešili problemi vezani za koordinaciju između reklosera i osigurača, koristi se adaptivna zaštita, koja skladišti karakteristike oba uređaja. Postupak se zasniva na proračunu odnosa struja kroz rekloser i osigurač, za svaku fazu posebno.

U zavisnosti da li je DG priključen na mrežu ili ne (kao i od lokacije priključenja), taj odnos može biti veći, odnosno manji od jedinice. Brza karakteristika reklosera, koja je opisana i vremenskim podešenjem, se koriguje množenjem vremenskog podešenja sa datim odnosom struje kroz rekloser i osigurač. Na taj način će rekloser delovati brže nego u prethodnom stanju, čime će se obezbediti koordinacija sa osiguračem [6].

7. ZAKLJUČAK

U radu su prikazane strategije vezane za rešavanje problema sa zaštitom u mreži sa integrisanim DG. Predložen je novi tip zaštite u pametnim mrežama baziranim na tehnologiji sa razmenom podataka, gde je osnovna odlika predloženog koncepta prilagodljivost sistema zaštite. Prikazani koncept se temelji na distribuiranoj inteligenciji, ali se adaptivnost može postići i pomoću centralizovane inteligencije. Adaptivnost se postiže automatskim podešavanjem releja usled bilo kakve promene u konfiguraciji ili stanja u mreži. Generalni stav je da se od distributivne proizvodnje očekuje da odigra važnu ulogu u budućim energetske sistemima. Stoga će stabilnost na distributivnom nivou predstavljati važnu temu, zbog očekivanog porasta zastupljenosti DG u DM.

8. LITERATURA

- [1] Mehmet Tan Turan, Erdin Gokalp: *Relay coordination analysis and protection solutions for smart grid distribution systems*, Department of Electrical Engineering, Yildiz Technical University, Istanbul, Turkey, 2016.
- [2] K. Purchala, R. Belmans, KULeuven, L. Exarchakos, A.D. Hawkes: *Distributed generation and the grid integration issues*, Imperial College London, 2007.
- [3] Duško Bekut: *Relejna zaštita*, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, Novi Sad, 2009.
- [4] Zhiqi Han: *Protection Coordination in Networks with Renewable Energy Sources*, University of Manchester, 2014.
- [5] Ioanna Xyngi: *An Intelligent Algorithm for Smart Grid Protection Applications*, Delft University of Technology, Delft, Netherlands, 2011. ISBN, 9461860145.
- [6] Kimmo Kauhaniemi, Sampo Voima: *Adaptive Relay Protection Concept for Smart Grids*, University of Vaasa, Finland, 2012.

Kratka biografija:



Dorđe Munižaba rođen je 1992. godine u Novom Sadu. Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu upisao je školske 2011/2012, odsek energetika, elektronika i telekomunikacije. Na osnovnim studijama diplomirao je 2015. godine, smer elektroenergetski sistemi.

MODELOVANJE ZAŠTITNE ELEKTROENERGETSKE OPREME KAO NEZAVISNIH OBJEKATA SA AUTOMATSKIM ODZIVOM**MODELING OF PROTECTIVE EQUIPMENT IN THE POWER SYSTEM AS INDEPENDENT OBJECTS WITH AN AUTOMATIC RESPONSE**

Nenad Rađenović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu je prikazana implementacija zaštitne elektroenergetske opreme kao nezavisnih objekata sa automatskim odzivom, koji se koriste u simulaciji elektroenergetske distributivne mreže. Opisana je implementacija rešenja i ispitana je efikasnost prosleđivanja podataka nezavisnim objektima.

Abstract – This thesis describes the implementation of protective equipment, as independent objects with automatic response, that are used in the simulation of the electricity distribution network. The implementation of the solution is described, along with efficiency analysis of forwarding data to independent objects.

Cljučne reči: Zaštitna elektroenergetska oprema, simulacija, automatski uređaji.

1. UVOD

Ovaj rad se bavi refaktorisanjem na softveru za simulaciju rada zaštitne elektroenergetske opreme, radi uvođenja nezavisnih objekata, koji će da modeliraju pojedine tipove zaštitne opreme. Ispitana je i efikasnost prosleđivanja podataka ka tim objektima. U drugom poglavlju je dat opis refaktorisanja, pregled slučajeva u kojima je refaktorisanje preporučljivo i opisana je uloga zaštitne elektroenergetske opreme. Nakon toga sledi upoznavanje sa zaštitnom opremom elektroenergetskog sistema. U trećem poglavlju je opisano rešenje problema, a četvrto poglavlje sadrži osvrt na ono što je urađeno.

2. REFAKTORISANJE

U softveru za simuliranje rada zaštitne elektroenergetske opreme, koristi se jedna komponenta za predstavljanje ponašanja svih simuliranih tipova zaštitne opreme. Ovakav pristup otežava izmenu postojećih funkcionalnosti, ali i dodavanje novih tipova opreme i neophodno ga je refaktorisati.

Refaktorisanje koda (*refactoring*) je proces restrukturiranja postojećeg programskog koda kojim se menja njegova unutrašnja struktura, a ne menja njegovo ponašanje [1]. Refaktorisanje poboljšava nefunkcionalne attribute sofvera. Ono doprinosi poboljšanoj čitljivosti koda i smanjenju njegove kompleksnosti. Na ovaj način se može poboljšati održivost koda i napraviti bolja unutrašnja arhitektura, radi lakšeg proširenja [1].

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Miroslav Hajduković, redovni profesor.

Ako se uradi izuzetno dobro, refaktorisanje koda može da otkloni skrivene ili još neotkrivene greške ili slabosti u sistemu, tako što se pojednostavljuje logika i eliminiše nepotreban nivo složenosti. Ukoliko se refaktorisanje uradi loše, može doći do promene spoljašnjeg ponašanja, kao i do pojave novih grešaka.

Dve prednosti koje se dobijaju refaktorisanjem su:

- Održivost. Lakše je ispraviti greške, ako je izvorni kod postao lak za čitanje. Ovo se postiže modularizacijom velikih delova koda, premeštanjem metoda u primerenije klase ili uklanjanjem pogrešnih komentara.
- Proširivost. Lakše je proširiti mogućnosti aplikacije i obezbediti veću fleksibilnost.

Bez refaktoringa, dizajn programa tokom svog životnog ciklusa će se kvariti. Kako programeri vremenom menjaju kod, radi ostvarenja kratkoročnih ciljeva, bez potpunog razumevanja programskog dizajna, kod gubi svoju prvobitnu strukturu i postaje težak za čitanje [1]. Gubitak strukture koda ima kumulativni efekat, jer postaje sve teže da se uoči dizajn u kodu i da se njegova struktura sačuva i zbog toga je redovno refaktorisanje neophodno.

Loše dizajniran softver obično zahteva multipliciranje koda da bi se uradila ista stvar, često zbog toga što se obavlja ista funkcija na više mesta. Prema tome, važan aspekt unapređenja dizajna je eliminacija dupliranog koda [1]. Značaj ovoga leži u budućim izmenama programa, koje će biti jednostavnije uraditi, jer je kraći kod lakše korektno menjati [1]. Ako programer promeni samo deo koda, sistem neće raditi onako kako je očekivano, jer duplirani deo koda, koji radi istu stvar u malo drugačijem kontekstu, nije promenjen. Eliminisanjem duplikata omogućava se da funkcionalnost, bude na samo jednom mestu, što je suština dobrog dizajna.

Refaktorisanje čini softver lakšim za razumevanje. Programeri obično proširuju funkcionalnosti programa ili dodaju nove ne razmišljajući o potrebama budućih programera [1]. Programski kod se vremenom komplikuje i nastaje problem kada je potrebno ispraviti greške, jer je kod težak za razumevanje. Tada refaktorisanje može pomoći u cilju pojednostavljenja programa, kako bi on bio jednostavniji za razumevanje. Pored toga, refaktorisanje pomaže u bržem razvoju programa, jer je poboljšava dizajn, smanjuje kompleksnost, smanjuje pojavu grešaka, a to sve utiče na bolji kvalitet. Dobar dizajn je osnova za brz razvoj softvera [1]. Bez dobrog dizajna se može brzo programirati određeno vreme, ali ubrzo loš dizajn dovodi do usporavanja programiranja [1] i programeri sve više vremena troše na pronalazak i

ispravljavanje grešaka. Refaktorisanje u tome pomaže tako što otklanja promašaje u dizajnu sistema.

2.1 Kada refaktorisati

Refaktorisanje je najbolje izvršiti ukoliko se u programskom kodu prepoznaju neki od sledećih simptoma:

Dupliranje koda: isti kod se nalazi na više različitih mesta i radi istu stvar [1]. Najjednostavniji primer dupliranog koda je kada postoji isti deo koda u dve metode iste klase. Tada se primenjuje tehnika *Extract Method*, gde se taj deo izdvaja u novu metodu, a stari deo se zameni pozivom metode.

Dugačke metode: Lakše je održavati program ukoliko su metode kraće, ali se u praksi ipak dešava da programeri često prave dugačke metode [1]. Ove metode ne samo da su teže za održavanje već su teže i za tumačenje. Treba ih zameniti sa metodama koje imaju kraće telo [2].

Velika klasa: Kada klasa obavlja mnogo posla, obično poseduje i mnogo koda. To se dešava, jer je programerima lakše da dodaju nove funkcionalnosti u postojeću klasu, nego da kreiraju novu klasu za novu funkcionalnost. Efikasan način rešavanja ovoga problema je da se uradi revizija koda, i kreiraju manje metode, koje će da pregrupušu funkcionalnosti. Ukoliko klasa poseduje uslov za obavljanje specifične logike u zavisnosti od tipa objekta ili svojstava, može se dekomponovati na podklase. Ovo je poznato kao *Replace Conditional with Polymorphism* [2].

Velika lista parametara: Velika lista parametara može se desiti nakon što se nekoliko tipova algoritama spoje u jednu metodu. Velika lista parametara može biti i rezultat napora da se klase naprave tako da budu nezavisne jedna od druge [2]. Umesto velike liste parametara, metoda može koristiti podatke svog objekta. Ako trenutni objekat ne sadrži sve potrebne podatke, drugi objekat se može proslediti kao parametar metodi. On će isporučiti potrebne podatke.

Česta izmena klase iz pogrešnog razloga: ovaj simptom se javlja kada u klasi postoje metode koje se menjaju ako se nešto drugo promeni [1]. Ovo se rešava kreiranjem nove klase i izdvajanjem onih grupa metoda koje će se menjati.

Neka izmena prouzrokuje puno sitnih izmena: javlja se kada nakon neke izmene u kodu treba napraviti puno sitnih izmena u različitim klasama (metodama) [1]. I u ovom slučaju potrebno je kreirati posebnu klasu i u nju prebaciti metode koje se menjaju.

2.2 Proširivost

Proširivost je svojstvo dizajna sistema da olakšava buduću rast softvera [3]. Termin proširivost se može posmatrati kao sistemska mera sposobnosti da se proširi sistem i nivoa zalaganja potrebnog za sprovođenje proširenja. Proširenje može biti dodavanje novih funkcionalnosti ili modifikacija postojećih. Glavni cilj je da se obezbedi unošenje promena, najčešće poboljšanja, uz minimiziranje uticaja na postojeće funkcije sistema.

Sistem je proširiv ukoliko dodavanje nove ili promena postojeće funkcionalnosti ne utiče ili ima minimalan

uticaj na njegovu unutrašnju strukturu i tok podataka.[3]. Ako je na početku poznato da će se sistem menjati u budućnosti ili će se možda ponovo koristiti od strane drugih korisnika, isplati se uložiti dodatno vreme i sredstva na razmatranje proširenja.

Da bi se refaktorisanjem poboljšao dizajn softvera za simuliranje rada zaštitne elektroenergetske opreme i na taj način programski kod postao jednostavniji za razumevanje i lakši za unos izmena, ali za proširenje, neophodno je proučiti zaštitnu opremu, radi što realnije reprezentacije određenih tipova opreme u računarskoj simulaciji.

2.3 Zaštitna oprema

Elektroenergetski sistem je jedan od najvećih i najkompleksnijih inženjerskih sistema. Poslednjih godina, potrošnja električne energije u Srbiji se povećavala brzo, a zahtevi potrošača i kvalitet usluge su značajno povećani. Kako je električna energija bitan deo svakodnevnog života, pouzdano i ekonomično snabdevanje predstavlja glavnu odrednicu za dalji industrijski razvoj i povećanje životnog standarda. Neizostavan deo takvog elektroenergetskog sistema je svakako zaštitna oprema. Glavna uloga zaštitne opreme je da se elektroenergetski sistem održi stabilnim, izolacijom delova mreže gde se desilo preopterećenje, ostavljajući što veći deo mreže u funkciji.

Osnovne komponente za zaštitu elektroenergetskih sistema su: strujni i naponski merni transformatori, osigurači, zaštitni releji, prekidači i baterije jednosmerne struje.

2.3.1 Zaštitni releji

Podsistem relejne zaštite, po definiciji, mora biti najpouzdaniji i najsigurniji podsistem u čitavom elektroenergetskom sistemu, jer se njegov rad očekuje samo u pojedinim trenucima vremena (kvarovi, abnormalna stanja, itd.).

Glavna uloga zaštitnih releja je da se održi stabilnost elektroenergetskog sistema, rukovanjem odgovarajućim prekidačima, kako bi od ostatka sistema odvojili samo sekciju na kojoj se desio kvar. Odgovor releja mora biti automatski, brz i trebalo bi da izazove minimalne poremećaje u elektroenergetskom sistemu.

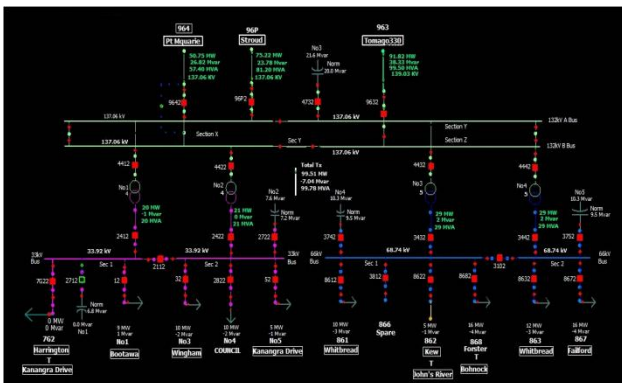
Da bi relejna zaštita uspešno izvršila svoje zadatke mora biti [4]:

- Pouzdana - od njenog rada zavisi pouzdanost celog elektroenergetskog sistema.
- Brza - kvarove u elektroenergetskom sistemu treba eliminisati što brže.
- Selektivna - sposobnost releja da ispravno detektuje kvar i da izoluje samo pogođeni element.
- Jednostavna - minimalna upotreba zaštitne opreme, kako bi se zadovoljili ciljevi zaštite.
- Osetljiva - mora detektovati sve kvarove unutar svoje podešene zone delovanja.
- Ekonomski isplativa – maksimalna zaštita uz minimalne ukupne troškove.

2.3.2 Simulacija sistema

Prvobitne simulacije su modelovale elektroenergetski sistem preko velikog broja analognih računara, koji su bili međusobno povezani i predstavljali su umanjenu verziju sistema. Kako su elektroenergetski sistemi rasli u veličini i složenosti, nisu mogli da budu adekvatno reprezentovani na ovakav način.

Razvoj digitalnih računara omogućio je pojavu softvera koji se koriste za upravljanje distribucijom električne energije. Kako takav softver treba da obezbedi pouzdano i efikasno snabdevanje električnom energijom, potrebno ga je testirati, pa su računarske simulacije došle do izražaja. Postojanje odgovarajuće simulacije neophodno je i kako bi se operateri, koji kontrolišu rad elektroenergetskog sistema, bolje obučili. Slika 1. predstavlja primer simulacije podstanice koji se može videti u praksi.



Slika 1- Simulacija podstanice

Obuka operatera je odavno postala praksa u cilju poboljšanja kvaliteta isporuke električne energije [5]. Stoga simulator, koji se koristi za obuku, mora pažljivo da reprezentuje ponašanje elektroenergetskog sistema u svakom trenutku.

Simulator za obuku operatera je računarski sistem za obuku operatera elektroenergetske mreže koji obavlja ovu ulogu simuliranjem ponašanja električne mreže u različitim radnim uslovima [5]. On što je moguće realnije modeluje distributivnu mrežu i komunicira sa obučanim operaterima, simuliranjem događaja u kontrolnom centru. Simulatorom upravlja instruktor, tako što bira odgovarajući scenario, a zatim prati aktivnosti polaznika. Svaki scenario predstavlja skup događaja. Polaznik reaguje na simulirane događaje, koje se generišu automatski od strane simulatora, i njegovi postupci se testiraju, procenjuju, i potencijalno poboljšavaju.

3. OPIS REŠENJA PROBLEMA

Softver za simuliranje rada zaštitne elektroenergetske opreme je koristio jednu komponentu za simulaciju rada zaštitne elektroenergetske opreme. Ona je izvršavala logiku za sve postojeće tipove opreme i vremenom je, sa proširenjem funkcionalnosti, postala veoma kompleksna. Za rešavanje ovog problema je osmišljena struktura, zasnovana na nasleđivanju, gde je složena komponenta razložena na manje delove, a zatim su primenom određenih refaktoring tehnika rešeni problemi kompleksnog koda i deo funkcionalnosti prebačen u nove manje delove. Na ovaj način je jedna klasa zamenjena

nezavisnim klasama, gde svaka od nezavisnih klasa poseduje odgovarajuću logiku, koja je specifična za određeni tip zaštitne opreme. Tako je kreirana arhitektura sistema koja nudi lakše održavanje i proširenje novim tipovima opreme.

3.1 Arhitektura rešenja

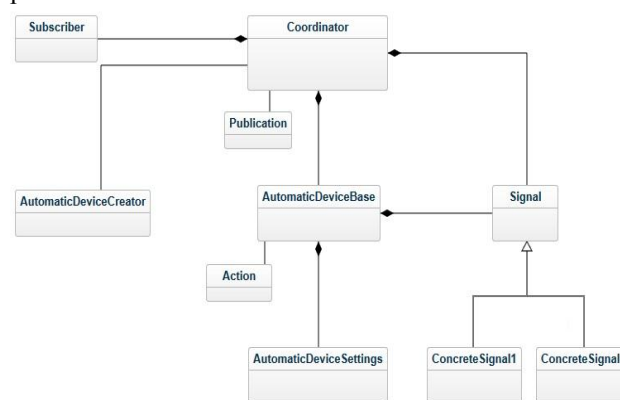
Implementirano rešenje se zasniva na hijerarhiji nasleđivanja, gde postoje dva nivoa apstraktnih klasa i sloj konkretnih automatskih uređaja.

Na vrhu hijerarhije se nalazi klasa pod nazivom *AutomaticDeviceBase* i ona predstavlja baznu klasu. Sadrži skup funkcija i atributa, koji su zajednički za sve automatske uređaje. Apstraktne klase na drugom nivou hijerarhije omogućavaju grupisanje automatskih uređaja prema nameni koju vrše, odnosno na podnaponske, podfrekventne i prekostrujne automatske uređaje. U ovim klasama su kreirane zajedničke metode za uređaje sa sličnom logikom i iskorišćen je deo funkcionalnosti iz *AutomaticDeviceBase* klase redefinisanjem određenih metoda po potrebi, radi njihovog prilagođenja specifičnim uređajima. Ovo je postignuto proglašavanjem određenih metoda za virtuelne. Na ovaj način se omogućava osnovna implementacija metoda, pri čemu klase naslednice mogu da koriste postojeću implementaciju ili da reimplementiraju neke od metoda. Drugi nivo obezbeđuje da se sistem lako može proširiti novim tipovima automatskih uređaja.

Sloj konkretnih klasa predstavlja glavni deo hijerarhije i modeluje automatske uređaje tako da svaka klasa poseduje logiku koja je jedinstvena samo za taj uređaj. Konkretno klase obezbeđuju svoju implementaciju apstraktnih metoda.

Da bi automatski uređaj obavljao svoju namenu on mora da proveri da li su ispunjeni svi uslovi za njegovu reakciju, odnosno da li vrednost kontrolisane veličine narušava limit. Ako je limit narušen automatski uređaj generiše odgovarajuće akcije.

Glavna komponenta, koja je zadužena za prosleđivanje obaveštenja automatskim uređajima o promenama stanja signala je koordinator. Koordinator sadrži *Subscriber*-e, koji su pretplaćeni na odgovarajuće servise i od kojih periodično dobijaju informacije (*Publication*) o promenama u mreži.



Slika 2 – Klasni dijagram sistema

Te informacije se prosleđuju do koordinatora, koji ih obrađuje i zatim obaveštava sve automatske uređaje. Koordinator komunicira sa automatskim uređajima preko apstraktne klase (*AutomaticDeviceBase*).

Dijagram klasa na kome je prikazana veza između koordinatora, automatskog uređaja i drugih klasa postojećeg sistema je prikazana na slici 2.

Prilikom inicijalizacije automatskih uređaja, koordinatorski koristi usluge klase *AutomaticDeviceCreator*, koja je zadužena za kreiranje odgovarajućeg tipa uređaja, u zavisnosti od zahteva koordinatora.

Svaki automatski uređaj može imati više podešavanja (*AutomaticDeviceSettings*), koja sadrže limit, kašnjenje prilikom reagovanja (*delay*) i druge parametre. U jednom trenutku samo je jedan *Setting* aktivan i njegovi parametri se uzimaju u obzir prilikom provere uslova i kreiranja akcija. Preko odgovarajućeg signala automatskog uređaja, može se izmeniti aktivno podešavanje ukoliko uređaj ima više podešavanja.

Deo automatskog uređaja, koji je veoma važan za obavljanje funkcije na pravi način, su njegovi signali. Signali predstavljaju fizičke veličine u elektroenergetskoj mreži. Svaki signal poseduje tip i trenutno stanje posmatrane vrednosti.

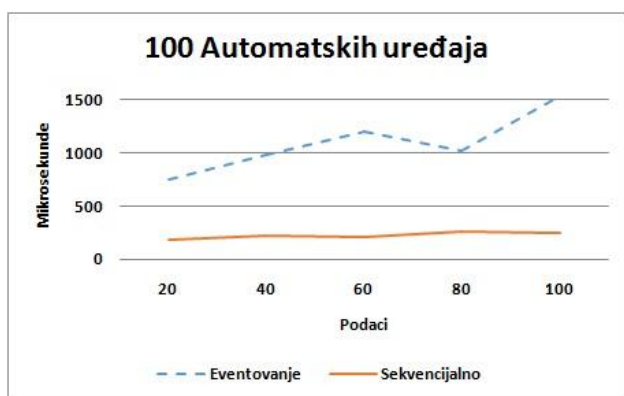
Kada koordinatorski pošalje obaveštenje automatskom uređaju da je došlo do promene jednog od njegovih signala, uređaj će ažurirati njegovu vrednost i po potrebi generisati akcije.

3.2 Performanse

Slanje obaveštenja o promenama u elektroenergetskoj mreži ka svim zainteresovanim objektima predstavlja važan deo za pravovremenu reakciju automatskih uređaja. Zbog toga je ovaj deo sistema označen kao važan sa stanovišta performansi. Koordinatorski poseduje informacije o tome koji signali su od interesa kojim automatskim uređajima i obrađuje pristigle podatke od različitih servisa. Ta obrada obuhvata filtriranje signala po tipu i sekvencijalno slanje podataka odgovarajućim uređajima.

Jedno od rešenja za slanje obaveštenja, kada se desi neki događaj od značaja, jeste *Event*. Ovakvim obaveštavanjem, deo koji je odgovoran za slanje podataka (*publisher*), nema nikakvu informaciju o tome koji su objekti zainteresovani (*subscribers*). Objekti se sami pretplate na željene *Event*-e.

Kako bi se utvrdilo da li upotreba *Event*-a pruža određene prednosti u odnosu na postojeće rešenje, bilo je neophodno izmeriti performanse oba načina slanja podataka ka automatskim uređajima. Za merenje se koristila odgovarajuća demo aplikacija. Ona je simulirala prikupljanje podataka i njihovo slanje ka zainteresovanim uređajima, koji bi onda izvršili trivijalnu operaciju.



Slika 3 – Obrada podataka

Merenja su obuhvatala vreme koje je potrebno da se obradi odgovarajući broj podataka, kada je instancirano sto, hiljadu ili više automatskih uređaja.

Sa grafika na slici 3. se može zaključiti, da sa porastom broja publikacija vreme obrade prilikom upotrebe *Event*-ovanja naglo raste, u odnosu na stari način. Kada je instancirano hiljadu automatskih uređaja, sekvencijalni način slanja publikacija je neuporedivo bolji. Njemu je potrebno 450 mikrosekundi za obradu hiljadu publikacija naspram 69000 kod *Event*-ovanja. Sa porastom broja automatskih uređaja, rezultati su i dalje bolji kod sekvencijalnog obaveštavanja.

4. ZAKLJUČAK

Osnovni cilj ovog rada bio je da se postojeće komercijalno rešenje za simulaciju zaštitne opreme rastavi na manje delove, tako da svaki novi deo modelira odgovarajući tip zaštitne opreme. Primenjene su tehnike za refaktorisanje koda, kao i tehnologije i alati koje je bilo neophodno koristiti za realizaciju rešenja i ispitana je efikasnost prosleđivanja podataka ka modelovanim objektima.

Prednosti koje su dobijene implementacijom ovakvog rešenja su pre svega bolja unutrašnja arhitektura sistema, poboljšana čitljivost koda i smanjen nivo kompleksnosti. Sa pojednostavljenjem logike olakšana je modifikacija postojećih tipova zaštitne opreme, kao i dodavanje novih, bez negativnih uticaja na postojeće funkcije sistema. Stari metod prosleđivanja podataka je pokazao zadovoljavajuće performanse. Njegovim korišćenjem se postiže brzo obaveštavanje nezavisnih objekata, ali na štetu složenosti koordinatora.

U budućnosti bi se mogla razmotriti refaktorizacija dela koordinatora, zaduženog za vođenje evidencije o signalima, koji su od interesa automatskom uređaju, tako da se on izdvoji u zasebnu komponentu. Time bi se poboljšao dizajn koordinatora i on postao jednostavniji za razumevanje.

5. LITERATURA

- [1] Martin Fowler, "Refactoring: Improving the Design of Existing Code", 1999
- [2] Sourcemaking, "Refactoring", <https://sourcemaking.com/refactoring>
- [3] Matthias Zenger, "Programming Language Abstractions for Extensible Software Components", EPFL, Switzerland, 2004
- [4] J. Lewis Blackburn, Thomas J. Domin, "Protective Relaying: Principles and Applications", Fourth Edition, CRC Press, 2014
- [5] JRichard C. Dorf, "The Electrical Engineering Handbook" "Second Edition, CRC Press, 1997.

Kratka biografija:



Nenad Rađenović je rođen 1991. godine u Bihaću. Osnovne akademske studije na Fakultetu tehničkih nauka, smer „Računarstvo i automatika“, završio je 2015. godine. Na istom fakultetu upisuje Master akademske studije 2015. godine.

ГРАФИЧКИ ЕДИТОР КОНФИГУРАЦИОНИХ XML ДОКУМЕНАТА**XML CONFIGURATION DOCUMENT GRAPHIC EDITOR**

Милан Мутић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

Кратак садржај – Овај рад описује графички едитор за визуелизацију и измену конфигурационих XML докумената. За сваки анализирани тип XML документа едитор нуди одговарајући скуп карактеристичних функционалности. Употреба едитора скоро у потпуности елиминира потребу за ручним одржавањем тих докумената. Апликација је развијена уз ослонац на C#, WPF, MVVM и .NET библиотеке QuickGraph и GraphX.

Abstract – This thesis describes graphic editor for visualization and change of configuration XML files. For each type of XML documents the editor provides appropriate set of specific functionalities. Use of the editor almost completely eliminates need for manual handling of these documents. The application has been developed by using C#, WPF, MVVM and .NET libraries such as QuickGraph and GraphX.

Кључне речи: графички едитор, XML, конфигурациони документи

1. УВОД

У овом раду описан је графички едитор за измену XML (*eXtensible Markup Language*) конфигурационих докумената. У другом поглављу су детаљно анализирана 2 типа конфигурационих докумената како би се установиле специфичне особине тих докумената. Таквом анализом је прецизирана и употребна вредност конфигурационих докумената у софтверу који користи те документе.

У оквиру трећег поглавља описан је графички едитор који представља крајње решење за проблем анализиран у другом поглављу. Детаљно су описани режими рада едитора за оба типа конфигурационих докумената. Сваки режим рада едитора нуди скуп функционалности (који је специфичан за тип конфигурационог документа који одржава) што кориснику значајно олакшава рад са тим документима.

Четврто поглавље нуди осврт на решење приказано у трећем поглављу анализирајући добре и лоше стране таквог решења. Такође, предложени су и правци даљег истраживања и могућности за унапређивање описаног графичког едитора.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Мирослав Хајдуковић, р. проф.

2. ОПИС РЕШАВАНОГ ПРОБЛЕМА**2.1. Апликација за управљање радним налозима**

Управљање електродистрибутивном мрежом значајно је олакшано увођењем одговарајућег софтвера. Управо део таквог софтвера, задужен за управљање радним налозима, представља предмет анализе овог рада. Под радним налогом се подразумева документ који се издаје као упутство за извршавање одређене акције у пољу електродистрибутивне мреже, односно на терену. С обзиром на комплексност шаблона тих радних налога, за њихово описивање се, као једно од најфикаснијих решења, намеће употреба конфигурационих докумената.

У овом случају за серијализацију поменутих конфигурационих докумената изабран је XML. *Extensible Markup Language* [1] (скраћено XML) је језик за дефинисање *markup* језика, тј. метајезик. Програми за обраду XML докумената се пишу лако, јер је омогућена једнозначност тих докумената. Поред тога, XML документи су читки и резонски јасни [2] па човеку не представља проблем да у појединим случајевима и ручно одржава такве документе. Међутим, XML конфигурациони документи анализирани у овом раду могу садржати и по неколико хиљада линија, што значајно отежава њихово ручно одржавање. Из тог разлога је развијен едитор који графичким приказом садржаја споменутих XML конфигурационих докумената и увођењем додатних функционалности чини њихово одржавање лакшим.

2.2. Конфигурациони документи**2.2.1. Lifecycle конфигурација**

Lifecycle конфигурација описује животни век свих могућих шаблона радних налога. У овој конфигурацији се налази више типова ентитета из којих треба издвојити типове **стање**, **транзиција** и **питање**. Управо велики број и сложеност инстанци ових типова представљају основни разлог за развој апликације која је предмет овог рада.

Свако стање радног налога описано је одговарајућим именом, типом, али и листом својстава (*property*) као што су *semantic*, *deny modifying fields*, *hide fields*, *mandatory fields*, *revision fields*, *permissions*,... На тај начин је описано која поља су обавезна за унос, која су забрањена за измену, које су дозволе за то стање и слично (погледати слику 2.1). Вредности поменутих поља су еnumerације, што ручно одржавање *Lifecycle* конфигурационих докумената чини знатно тежим, јер захтева прецизно уписивање тих вредности. Битно је истаћи и да се семантике стања могу серијализовати

на два различита начина, у зависности од наведеног типа те семантике.

```

<ResourceDescription entityId="6">
  <Property modelCode="SM_LIFECYCLE_NAME">
  </Property>
  <Property modelCode="SM_LIFECYCLE_DISPLAY_NAME">
  </Property>
  <Property modelCode="SM_LIFECYCLE_ENTITY_TYPE">
  </Property>
  <Property modelCode="SM_STATE_SEMANTIC">
    <EnumValue>SaveEnabled | Rejected | Final</EnumValue>
  </Property>
  <Property modelCode="SM_STATE_TRANSITIONS">
    <GidValue type="775" entityId="19" />
  </Property>
  <Property modelCode="SM_STATE_DENY_MODIFYING_FIELDS">
    <EnumValue>SM_SAFETY_DOCUMENT_STATUS</EnumValue>
    <EnumValue>SM_SAFETY_DOCUMENT_TYPE_REF</EnumValue>
    <EnumValue>SM_SAFETY_DOCUMENT_ISSUED_BY</EnumValue>
    <EnumValue>SM_SAFETY_DOCUMENT_ISSUED_DATE_TIME</EnumValue>
  </Property>
  <Property modelCode="SM_STATE_HIDE_FIELDS">
  </Property>
  <Property modelCode="SM_STATE_MANDATORY_FIELDS">
  </Property>
  <Property modelCode="SM_STATE_REVISION_FIELDS" />
  <Property modelCode="SM_LIFECYCLE_USERS_OR_GROUPS" />
</ResourceDescription>

```

Слика 2.1. Пример стања Lifecycle конфигурационог документа

Прелазак из једног у друго стање радног налога описује се одговарајућим транзицијама. Свака транзиција се, поред поменутих дозвола и стања за прелазак након успешно или неуспешно извршене транзиције, описује и командама које је неопходно извршити на сервису софтвера приликом извршавања те транзиције. Чињеница да су стања и транзиције повезани само помоћу референци (употребом њихових ID вредности) чини Lifecycle документ веома непрегледним.

Питање као ентитет у овој конфигурацији описује прозор (дијалог), који се кориснику електродистрибутивног софтвера отвара приликом извршавања одговарајуће акције. Овај тип ентитета нуди могућност конфигурисања понуђених одговора као и боју за обележавање тих одговора.

2.2.2. Generic Jobs конфигурација

Generic Jobs конфигурација на универзалан начин описује документе који се користе као упутство за извршавање одређених активности на терену електродистрибутивне мреже. Парсирањем ове конфигурације добијају се информације неопходне за визуелизацију поменутих докумената у електродистрибутивном софтверу. Конфигурацијом је описан део менија софтвера, али и сам изглед форми (layout) за попуњавање докумената (погледати слику 2.2). Конфигурисани део менија као ставке садржи Generic Jobs документе и теоретски може имати бесконачну хијерархију.

```

1 <UIConfiguration>
2   <MenuItems>
3     <MenuItem name="Meter related work">
4       <MenuItems>
5         <MenuItem name="Meter reading" />
6         <MenuItem name="Meter installation" />
7       </MenuItems>
8     </MenuItem>
9     <MenuItem name="Vegetation management" />
10  </MenuItems>
11  <Layouts>
12    <Layout name="Meter reading">
13      <Expanders>
14        <Expander name="Header">
15          <Fields>
36        </Expander>
37        <Expander name="Meter data">
40      </Expanders>
41    </Layout>
42    <Layout name="Meter installation">
80    <Layout name="Vegetation management">
118  </Layouts>
119 </UIConfiguration>

```

Слика 2.2. Пример Generic Jobs конфигурационог документа

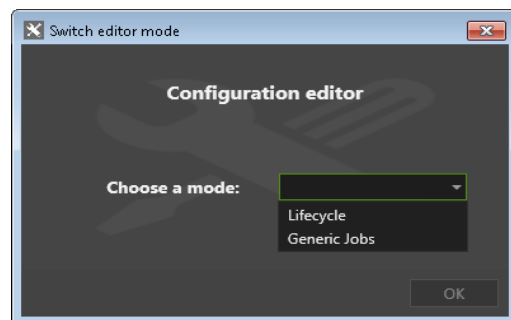
Као што се може видети на слици 2.2, форма за попуњавање документа се састоји из једног или више експандера, док један експандер може садржати више поља за унос података. Свако поље је описано са 2 групе података: подаци потребни за визуелизацију поља (type, label) и његову позицију на форми (row, rowspan, col, colspan). Атрибут type описује која компонента се користи за визуелизацију тог поља, док опциони атрибут label садржи додатну информацију, која се такође може искористити за визуелизацију поља. Форма Generic Jobs документа је замишљена као мрежа његових поља. Из тог разлога атрибути row, rowspan, col, colspan се користе за одређивање у ком реду и колони се налази и колико редова и колона одређено поље заузима.

3. ОПИС РЕШЕЊА ПРОБЛЕМА

3.1. Configuration editor

Апликација која представља крајњи циљ овог рада и која ће бити детаљније описана у овом поглављу се назива Configuration editor. Основни задатак тог едитора је учитавање, измена и графички приказ 2 типа xml конфигурационих докумената: Lifecycle и Generic Jobs.

С обзиром да сваки тип наведених докумената захтева карактеристичне функционалности за рад са њим, јавља се потреба за раздвајањем едитора на 2 засебне целине. Приликом покретања апликације неопходно је да корисник изабере тип xml документа са којим ће радити (дијалог за избор типа документа приказан је на слици 3.1). У току рада кориснику је омогућено да прелази са једног на други режим рада избором типа xml документа из падајуће листе у менију.



Слика 3.1. Избор режима рада едитора

Едитор је развијан уз ослонац на C# [3] и WPF [4] (Windows Presentation Foundation), док је као архитектонски шаблон коришћен MVVM (Model-View-ViewModel) [5]. Оба режима рада едитора учитавају информације из конфигурационих докумената и креирају одговарајуће графове. .NET библиотеке које су коришћене за развој и одржавање таквих графова су QuickGraph [6] и GraphX [7].

3.2. Lifecycle режим рада едитора

Приликом учитавања једног Lifecycle документа едитор генерише усмерени граф на којем су стања приказана као темена, а транзиције као стрелице између њих. Питања су приказана као обична темена без икаквих веза (стрелица) међу њима. Двоклик на било који од ентитета приказаних на графу отвара дијалог за измену тог ентитета. Битно је напоменути

да се у дијалогу за измену стања излиставају само транзиције којима је изворишно стање управо стање које је отворено. Клик на *checkbox* поред тих транзиција везује/развезује транзицију са тог стања. Приликом развезивања транзиција се не брише из документа, али неће бити искоришћена у одговарајућем стању.

3.2.1. Валидација документа приликом учитавања

Приликом учитавања *xml* документа као основна валидација се извршава валидација по структури *xml* документа. Поред такве валидације извршава се и провера вишеструко наведених својстава у оквиру једног ентитета. Наиме, постоји могућност вишеструког постојања својстава која имају исту интерну ознаку. У том случају, едитор упозорава корисника на постојећи проблем, али му омогућује даљи рад над учитаним документом.

3.2.2. Упаривање 2 *Lifecycle* документа

Ова функционалност подразумева повезивање 2 *Lifecycle* документа у циљу њиховог паралелног одржавања. Отварањем дијалога за учитавање 2 документа за упаривање, постаје могуће поређење стања и питања тих документа. Поређење подразумева проналажење стања и питања чије *ID* вредности се не налазе у другом (упареном) документу. Уколико су разлике пронађене, могуће је копирати ентитете из једног у други документ. Иницијално се ентитети копирају тако што се преузму основне информације (*id, name, type...*) из оригиналног ентитета и пребаце у новокреирани ентитет у упареном документу (тзв. празна копија). Постоји могућност и потпуног копирања ентитета тако што се изабере опција *Copy all properties*. Када је ова опција означена, свако следеће копирање ће копирати сва својства ентитета из оригиналног у новокреирани.

3.2.3. Претрага *Lifecycle* документа

Граф *Lifecycle* документа је често превише замршен да би се могли лако уочити сви његови ентитети. Из тог разлога јавила се потреба за брзом претрагом графа, која је доступна преко *toolbar*-а. Ова акција подразумева отварање дијалога који омогућава параметризовану претрагу графа. Двоклик на неки од резултата претраге зумира граф и обележава тај ентитет, ако је реч о стању или питању. У случају да је изабрани резултат претраге транзиција, зумира се граф на изворишно стање те транзиције, обележава се то стање и отвара се дијалог за његову измену. Као што је објашњено на почетку поглавља 3.2, овај дијалог ће филтрирати транзиције и приказати само транзиције отвореног стања што значи да ће бити приказана и претражена транзиција.

3.2.4. Филтрирање стања по семантикама

Семантике представљају једно од најважнијих својстава стања. У складу са тим, кориснику је неопходно омогућити филтрирање свих стања која задовољавају одређене услове у смислу садржавања појединих семантика. Могуће је динамички креирати упит над семантикама стања, комбинујући аритметичке операције *AND/OR* и опције

containing/not containing. Битно је напоменути да операција *AND* нема предност над операцијом *OR*, иако је то иначе случај, већ се ставке упита примењују секвенцијално, тј. у редоследу у ком су записане.

3.2.5. Ручна валидација на захтев корисника

Поред валидације приликом учитавања документа постоји и ручна валидација која се врши на захтев корисника. Кориснику се пружа могућност 4 типа валидације:

- *валидација дуплих ID вредности*: проверава да ли постоје ентитети истог типа (стање, питање или транзиција) који садрже исту *ID* вредност

- *валидација неискоришћених транзиција*: проналази транзиције које се физички налазе у документу, али их не користи ниједно стање

- *валидација вишеструких вредности својстава*: проналази стања која у неком од својих својстава имају вишеструко појављивање неке вредности енумерације

- *валидација непостојећих транзиција у стањима*: проналази транзиције које су наведене у стањима, а у документу не постоји транзиција са таквом *ID* вредности.

3.2.6. Координате графа

GraphX библиотека нуди велики број алгоритама за прорачунавање позиција темена приликом учитавања *Lifecycle* документа. Алгоритми теже ка што мањем броју преклапања темена и стрелица између њих. Међутим, услед велике комплексности графа кориснику је често потребно и ручно подешавање позиција темена ради веће прегледности. Ручно подешавање позиција се врши једноставним превлачењем темена. Механизам за серијализацију позиције темена (стања и питања) реализован је коришћењем *xml* коментара који се смештају изнад одговарајућег ентитета у документу.

3.2.7. Филтрирање графа

Граф може да садржи велики број темена и самим тим граф може бити веома комплексан. У том случају може бити корисно филтрирање графа у циљу приказа темена само одређеног типа. Корисник може изабрати које типове стања жели да прикаже на графу као и да ли жели да питања буду приказана.

3.3. *Generic Jobs* режим рада едитора

Generic Jobs конфигурациони документ, чија је структура описана у 2. поглављу, се може поделити на 2 логичке целине: *menu items* и *layouts*. С обзиром да се прва целина односи на изглед менија електродистрибутивног софтвера (који користи овај тип конфигурационог документа), као оптимално решење за њен приказ изабрана је форма стабла. Поред једноставног мапирања ставки менија на елементе стабла, употребом *drag&drop* механизма омогућена је једноставна измена редоследа ставки менија. Друга целина је приказана као граф неповезаних *layout* елемената.

3.3.1. Menu items

Анализом *Generic Jobs* документа долази се до закључка да ставке менија могу имати своје подставке, што значи да мени може имати сложенију хијерархију до бесконачне дубине. Како би корисник имао прегледнију слику о хијерархији ставки менија, свака ставка садржи и одговарајући префикс. *SAT* префикс означава категорију, тј. ставку која садржи подставке, док *LAY* префикс представља везу ставке менија са истоименим *layout* елементом.

Превлачењем ставки менија излистаних у стаблу омогућава се промена њиховог редоследа. Овим механизмом је истовремено дозвољено и премештање ставки у категорије.

Десни клик на стабло које репрезентује мени нуди одговарајуће опције у зависности од тога да ли је селектована ставка менија и ако јесте, ког је типа (да ли садржи подставке). Ставками менија са префиксом *LAY* се не може додати подставка, јер би описана акција претворила ту ставку у категорију и уништила везу ставке са истоименим *layout* елементом.

3.3.2. Layouts

Основни задатак *layout* елемента је конфигуравање изгледа једног *Generic Job* документа. У ту сврху он садржи опис експандера и њихових поља, захваљујући чему је омогућена велика слобода у дизајнирању тих докумената. У оквиру дијалога за измену једног *layout* елемента сваки експандер *layout* елемента, али и свако поље у њему, приказан је као експандер приликом чијег отварања корисник има могућност измене садржаја тог елемента.

Инсистирање на употреби експандера за визуелизацију поменутих конфигурационих елемената нуди кориснику максималну прегледност приликом измене *layout* елемента. Такође, омогућује му увид у визуелни распоред поља у експандеру са посебним нагласком на атрибуте битне за позиционирање тих поља.

Посебан изазов приликом креирања дијалога за измену *layout* елемента лежи у томе што се сви подаци потребни за визуелизацију експандера учитавају из документа. Из тог разлога *XAML* документ је искоришћен само за креирање основног дизајна прозора, док се експандери креирају динамички, тј. у одговарајућој *ViewModel* класи.

Едитор додатно води рачуна и о измени позиције *field* елемента. Наиме, уколико би измена позиције *field* елемента од стране корисника довела до преклапања са другим елементима, едитор показује одговарајућу поруку упозорења. Поред тога, нуди и неколико аутоматских решења за разрешавање овог проблема. На тај начин се спречава преклапање *field* елемената, али се и одржава компактност њиховог позиционирања у оквиру експандера.

4. ЗАКЉУЧАК

У овом раду је описан графички едитор за одржавање *XML* конфигурационих докумената. Развоју те апликације претходила је детаљна анализа 2 типа конфигурационих докумената у циљу одређивања потребног скупа функционалности едитора.

Одржавање *Lifecycle* конфигурационих докумената помоћу едитора првенствено је омогућило јасну слику стања и транзиција међу њима употребом графа који репрезентује ентитете тог документа. Поред тога, омогућено је једноставно претраживање графа, одређени број валидација, као и скуп функционалности уско везаних за специфичности *Lifecycle* конфигурационих докумената.

Могући правац даљег развоја *Lifecycle* режима рада едитора био би његово повезивање са сервисима електродистрибутивног софтвера. Једно од решења за такво повезивање би било измештање пословне логике у засебни модул који би референцирали и едитор и поменути софтвер. Нпр. тај модул био да садржи одређене пословне процесе (као што су додатне валидације *Lifecycle* документа), док би једини задатак едитора и електродистрибутивног софтвера био да позивају методе модула и одреагују на одговор тих метода.

Generic Jobs режим рада садржи мањи број функционалности од *Lifecycle* режима, али и поред тога омогућава једноставно одржавање ставки менија и јасну визуелизацију изгледа форме за попуњавање једног *Generic Jobs* документа. За даљи развој овог режима рада едитора би требало установити да ли постоји реална потреба за задржавањем приказа *layout* елемената у форми графа.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Introduction to XML*, <https://www.w3schools.com/xml/xml>
- [2] *Markup jezici i XML, XML i web servisi*, <https://enastava.io/courses/224>
- [3] *C# in Depth [3rd Edition]*, Jon Skeet
- [4] *Windows Presentation Foundation*, <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms742119>
- [5] *The MVVM Pattern*, <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/hh848246>
- [6] *QuickGraph, Graph Data Structures And Algorithms for .NET*, <https://quickgraph.codeplex.com>
- [7] *GraphX for .NET*, <https://graphx.codeplex.com/>

Кратка биографија:



Милан Мутих је рођен 11. јула 1993. године у Новом Саду. Гимназију „Исидора Секулић“ у Новом Саду је завршио 2012. године. Основне академске студије на Факултету техничких наука у Новом Саду (смер Рачунарство и аутоматика) је завршио 2016. године са просечном оценом 9,95. Мастер академске студије на Факултету техничких наука у Новом Саду (студијски програм Примењено софтверско инжењерство) је уписао 2016. године. Испунио је све обавезе и положио све испите предвиђене студијским програмом. Тренутно је стипендиста Фонда за младе таленте Републике Србије (Доситеја) као и компаније *Schneider Electric DMS NS LLC Novi Sad*.

**PRISTUP REPLIKACIJI MICROSOFT SQL SERVER BAZA PODATAKA U
DISTRIBUIRANIM SISTEMIMA****AN APPROACH TO REPLICATION OF MICROSOFT SQL SERVER DATABASES IN
DISTRIBUTED SYSTEMS**

Nikolina Dobrić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu prezentovana su moguća rešenja za podršku replikaciji baza podataka u sistemu za upravljanje elektroenergetskom mrežom. Pored kratkog opisa postojećih Microsoft SQL Server rešenja, predstavljena je i implementacija rešenja za dati problem upotrebom Microsoft SQL Server Integration Services tehnologije. Takođe, prezentovani su rezultati testiranja i analiza primene implementiranog rešenja.

Abstract – In this work, possible solutions for database replication support in a power grid management system are presented. In addition to a brief description of the existing Microsoft SQL Server solutions, an implementation of a custom solution using Microsoft SQL Server Integration Services technology is introduced. Also, testing results and application analysis of the implemented solution are presented.

Cljučne reči: Replikacija baza podataka; SSIS; Sistem za upravljanje elektroenergetskom mrežom.

1 UVOD

Baza podataka predstavlja sistematski organizovanu kolekciju podataka strukturiranu na način da podrži što lakši pristup, ažuriranje i analizu tih podataka. Svi programi, pri obradi baze podataka, komuniciraju s bazom podataka putem standardizovanih softverskih rutina, koje pripadaju softveru za upravljanje bazom podataka (SUBP) [1].

Nad SUBP grade se informacioni sistemi projektovani tako da podrže prezentaciju i analizu, odnosno prevođenje sirovih podataka u informacije korisne za donošenje odluka u okviru konkretnog poslovnog sistema.

Informacioni sistem visokog nivoa kompleksnosti često je sastavljen od više različitih podsistema od kojih svaki poseduje određenu funkcionalnost. Tipični primeri sistema velikog obima i kompleksne arhitekture su sistemi sa kritičnom misijom koji podrazumevaju sisteme kojima se rukovodi operacijama i ključnim resursima bilo kog komercijalnog ili industrijskog sektora kao što su: distribucija energije, vodovodi, kanalizacija, železnička mreža i slično. To su sistemi čiji kvar ozbiljno pogađa poslovanje i zajednicu. Svaki podsistem sistema sa kritičnom misijom može koristiti sopstvene baze podataka. U slučaju takve arhitekture, potrebno je sinhronizovati podatke između baza podataka različitih podsistema.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Nikola Obrenović.

Tema kojom se bavi ovaj rad je replikacija baza podataka podsistema izabranog sistema za upravljanje elektrodistribucijom. Replikacija podrazumeva poravnavanje podataka potrebnih tabela, čiji su podaci podložni promenama, između SQL Server baza podataka. Ti podaci mogu predstavljati izmerene vrednosti određenih veličina fizičkih resursa u polju, model mreže i njegove verzije, razne događaje na mreži, alarme koji se generišu u slučaju da neka veličina izađe iz predviđenog opsega, itd.

Sadašnje rešenje za replikaciju baza podataka u posmatranom sistemu za upravljanje elektrodistribucijom podrazumeva postojanje pomoćnih objekata u bazi koja se replicira, namenjenih da omoguće beleženje i čitanje promena, kao i proces koji vrši replikaciju datih promena, a čiji se parametri podešavaju posebnim konfiguracionim UI alatom. U trenutnom rešenju, tokom njegove eksploatacije uočena su sledeća dva problema. Usled povećanja broja klijenata, održavanje sistema je postalo otežano. Takođe, javljaju se i zahtevi za sve većim obimom podataka koje trenutno rešenje ne može da podrži.

U ovom radu je predstavljena implementacija novog rešenja za podršku replikaciji baza podataka sistema za upravljanje elektrodistribucijom, u cilju prevazilaženja navedenih nedostataka. Rešenje je razvijano u programskom jeziku C#, uz korišćenje Microsoft-ovih SQL Server Data Tools i Integration Services [2] alata i podrazumeva dinamičko generisanje SSIS paketa (.dtsx fajla).

2 SQL SERVER INTEGRATION SERVICES

SQL Server Integration Services (SSIS) predstavljaju Microsoft-ovu platformu koja se koristi za implementiranje procesa ekstrakcije, transformacije i punjenja – Extract, Transform i Load (ETL) – nad podacima koji potiču iz i pune se u skladišta raznih tipova. SSIS omogućava definisanje izvršive specifikacije željenog ETL procesa, koja se u SSIS tehnologiji naziva paket. Paket se može definisati grafičkim i/ili programskim putem, a njegovim pokretanjem izvršava se definisani ETL proces.

2.1 Struktura Integration Services paketa

Paket predstavlja organizovanu kolekciju različitih vrsta elemenata koji su predstavljeni u nastavku sekcije.

Kontrolni tok (eng. Control Flow) predstavlja skup operacija koje će se izvršiti u okviru paketa i definiciju redosleda njihovog izvršavanja. Svaka operacija u SSIS-u naziva se zadatak.

Kontejner je poseban tip zadatka specifičan po tome što može da sadrži druge zadatke do proizvoljne dubine. Kontejner može predstavljati petlju koja omogućava da se svi unutrašnji elementi izvrše više puta, a može biti i sekvenca koja služi za grupaciju potrebnih elemenata.

Ključni tip zadatka za formiranje *ETL* procesa je *Data Flow*. Njime se enkapsulira transport podataka između izvornog i odredišnog skladišta podataka, kao i njihova transformacija, brisanje i modifikacija. Ovakav tok podataka sastoji se iz jedne, ali najčešće više povezanih *Data Flow* komponenti, a one mogu biti: izvori – komponente za ekstrakciju podataka, transformacije – komponente za modifikaciju – ili destinacije – komponente za punjenje podataka u skladište [2]. Između komponenti uspostavljaju se putanje kojima se omogućava protok podataka.

Po potrebi se mogu uvesti i promenljive i/ili parametri – elementi u kojima se tokom izvršavanja paketa mogu čuvati potrebne vrednosti odgovarajućeg tipa.

Paket najčešće sadrži barem jedan konekcion menadžer (eng. *Connection Manager*) putem kojeg se podešava vrednost konekcionog stringa i čime se definiše veza između paketa i nekog spoljnog izvora podataka.

U okviru paketa, moguća je implementacija *custom* logovanja u okviru obrade događaja, kao i uključivanje *SSIS* logovanja pri čemu se vrši odabir zadataka i tipova događaja za koje je potrebno vršiti logovanje.

3 MOGUĆNOSTI *SSIS*-A SPRAM POSTOJEĆIH *SQL SERVER* REŠENJA

U skladu sa zahtevima replikacije u posmatranom sistemu, analizirana su potencijalna rešenja koja nudi *SQL Server*. Rešenja uključuju *AlwaysOn Availability Groups*, *Database Mirroring*, *Log Shipping* i *Replication*.

Ono što je zajedničko za prva tri navedena rešenja, je da su ona namenjena za održavanje identičnih replika, odnosno, uključuju sve objekte koji se u bazi nalaze. Sa druge strane, postavljeni zahtev za ciljni sistem za replikaciju je da se omogući sinhronizovanje podataka samo određenih tabela. Stoga, kao potencijalno rešenje ostaje samo *Replication*.

Tip *SQL Server Replication* rešenja koji je od interesa za opisani problem je *Transactional Replication* [3]. On podrazumeva da se određene baze – Pretplatnici (eng. *Subscribers*) – „pretplaćuju“ na promene koje se događaju na bazi Izdavaču (eng. *Publisher*). *Log Reader Agent* nadgleda transakcioni log svakog Izdavača i transakcije obeležene za replikaciju propagira Pretplatnicima koje se zatim izvršavaju na njima. Transakciona replikacija pogodna je ako je potrebno propagirati inkrementalne promene nad odabranim objektima sa što manjim zakašnjenjem u odnosu na vreme kada su se dogodile, kao i u slučaju da je zahtevano da se na Pretplatniku nađu sva međustanja podataka kao na Izdavaču.

Iz navedenog se vidi da se *SQL Server Replication* rešenjem mogu zadovoljiti osnovni preduslovi da bi ono moglo biti uzeto u obzir. Ipak, kako je akcenat replikacije na konzistenciji podataka, *SQL Server* replikacija bi na odredišnoj bazi nepotrebno izvršavala svaku od promena nad jednim redom koja se desila na Izdavaču. Umesto toga, poželjnije bi bilo izolovati sve promene nad redom i od njih generisati jednu zbirnu promenu koja bi se replicirala i čijom primenom na Pretplatniku bi se posmatrani red doveo u konzistentno stanje. Na ovaj način, za tabele sa velikom frekvencijom promena, značajno bi smanjio broj operacija koje bi se morale preneti i izvršiti na Pretplatniku. Ovo se može postići korišćenjem *SSIS* tehnologije koja omogućava

implementaciju kompleksnije ekstrakcije podataka. Takođe, iako *SQL Server* replikacija predstavlja solidno, već testirano i često korišćeno rešenje, prednost posedovanja sopstvenog rešenja, koje je u potpunosti pod kontrolom vlasnika rešenja, nije zanemarljiva.

Osim toga, iako se u trenutnom rešenju ne vrši transformacija nad podacima između izvora i odredišta, veliki izbor *SSIS* komponenti za transformaciju omogućava da se u slučaju potrebe za tim u budućnosti, *SSIS* rešenje vrlo jednostavno nadogradi. Iz tih razloga, implementirano je rešenje opisano u narednim sekcijama.

4 STRUKTURA PREDLOŽENOG REŠENJA

Kod replikacije podataka između baza mogu se uočiti dve zasebne celine gde jedna predstavlja izolovanje novopristiglih podataka, to jest, promena koje se još nisu replicirale, a druga podrazumeva prenos tih promena.

Podrška za prvu celinu podrazumeva dodavanje pomoćnih objekata u okviru šeme baze za replikaciju, kao i konfiguracione baze sa ciljem da se omogući praćenje toka replikacije i izolovanje narednog seta promena za prenos.

Implementacija druge celine izvedena je upotrebom *SSIS* alata opisanih u poglavlju 2. *SSIS* paket, namenjen izvršavanju samog procesa replikacije, projektovan je tako da zavisi od objekata prve celine.

Kako bi se postigla generičnost rešenja, implementiran je softver u programskom jeziku C# koji generiše potrebne elemente rešenja za proizvoljnu bazu podataka.

4.1 Modifikacija šeme baze za replikaciju i šema konfiguracione baze za podršku replikaciji

Rešenje podrazumeva da za svaku od označenih tabela za replikaciju, postoji dodatna tabela – *CQ* tabela – u kojoj se čuvaju podaci o promenama koje se dešavaju nad glavnom tabelom. *CQ* tabela uključuje kolone koje odgovaraju ključu glavne tabele, kolonu *Operation* tipa *tinyint* za tip operacije promene, kolonu *VersionStamp* tipa *rowversion* za praćenje redosleda promena, i kolonu *Origin* tipa *smallint* koja sadrži *ID* sistema u kom je podatak nastao.

Kako je akcenat u sistemu na konzistenciji podataka, a ne obavezno i na istorijatu svih promena, ideja je da se više promena po istoj vrednosti ključa prevedu u jednu konačnu. Ispitivanjem mogućih slučajeva, a pod pretpostavkom da su promene upisane u redosledu u kom su se i desile, dolazi se do zaključka da je za određivanje konačne operacije nad određenim redom, dovoljno posmatrati prvu i poslednju promenu nad tim redom, a koja je zahvaćena željenim opsegom za repliciranje. Rezultati su uopšteni u pravila prikazana u tabeli 4.1.

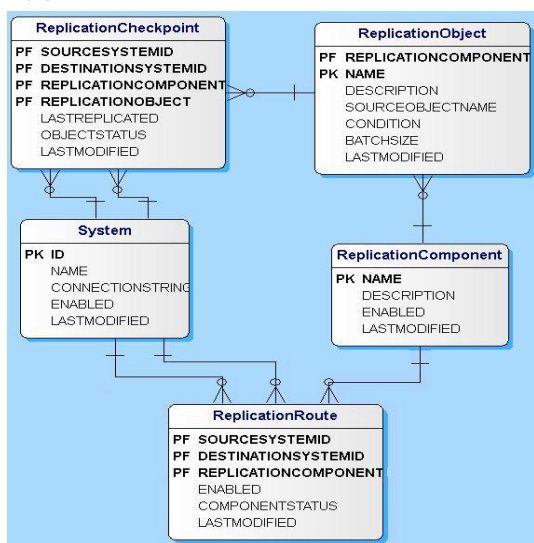
Tabela 4.1

Prva operacija	Poslednja operacija	Konačna operacija
Insert	Insert	Insert
Insert	Update	Insert
Insert	Delete	No Operation
Update	Insert	Update
Update	Update	Update
Update	Delete	Delete
Delete	Insert	Update
Delete	Update	Update
Delete	Delete	Delete

Kako bi se realizovala opisana ideja o sumiranju promena nad redom, uvedene su *NET_CHANGE* funkcije. Zadatak *NET_CHANGE* funkcije je da generiše i vrati tabelu čiji

sadržaj predstavlja skup konačnih promena koje je potrebno primeniti na određenu tabelu kako bi se ona dovela u odgovarajuće stanje. To se postiže tako što funkcija izoluje različite vrednosti ključeva glavne tabele, a koje se nalaze u *CQ* tabeli, spaja ih sa ostalim podacima iz glavne tabele i vraća ih zajedno sa izračunatim konačnim operacijama u skladu sa tabelom 4.1. Funkcija, takođe, u obzir uzima poreklo podatka – vrednost *Origin* kolone – upoređujući ga sa namenjenim odredištem. Potrebno je da ove vrednosti budu različite, a time se obezbeđuje da, u slučaju promene smera replikacije između sistema, ne pokušava da se upiše promena u sistem iz kog je i potekla.

Konfiguraciona baza osmišljena je da čuva podatke ključne za praćenje toka i uspešno izvršavanje replikacije, kao i da omogući konfigurisanje određenih parametara replikacije. Njena šema predstavljena je dijagramom na slici 4.1.



Slika 4.1. Šema konfiguracione baze

Tabele *ReplicationComponent* i *ReplicationObject* namenjene su skladištenju podataka o bazama i tabelama namenjenim za replikaciju. Kolona od posebnog interesa u okviru *ReplicationObject* tabele je kolona *BatchSize* čijom vrednošću se manipuliše veličinom setova u kojima će se prebacivati podaci za određenu tabelu.

System tabela čuva podatke o sistemima koji učestvuju u replikaciji. Odatle paket čita vrednost konekcionog stringa potrebnog sistema radi povezivanja sa njim.

ReplicationRoute služi da se zabeleže sve potrebne kombinacije izvornih i odredišnih baza uz mogućnost uključivanja i isključivanja replikacije na ruti izmenom vrednosti kolone *Enabled*.

ReplicationCheckpoint namenjena je da čuva informacije o statusu i toku repliciranja i ona se ažurira od strane *SSIS* paketa kada se, između ostalog, beleži vrednost *VersionStamp*-a poslednje replicirane promene za svaku tabelu u *LastReplicated* kolonu. Na taj način, sledeća iteracija replikacije počinje gde je prethodna završila.

4.2 Obrazac SSIS paketa

U ovoj sekciji ukratko su opisane najvažnije logičke celine implementiranog paketa.

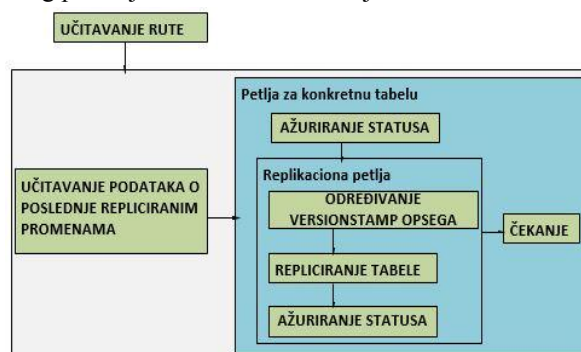
4.2.1 Konekciono menadžeri

U okviru paketa definisani su različiti konekciono menadžeri. Jedini neparаметrizovani je *OleDbConfig*

Connection menadžer namenjen za obezbeđivanje konekcije na konfiguracionu bazu. Ostali zavise od odabranog izvornog i odredišnog sistema i konekciono stringovi za njih se čitaju upravo iz konfiguracione baze.

4.2.2 Učitavanje rute repliciranja

Na slici 4.2. dat je uprošćen prikaz strukture paketa radi lakšeg praćenja ove i narednih sekcija.



Slika 4.2. Struktura paketa

Prvi zadatak koji se izvršava u paketu namenjen je za učitavanje konekcionog stringa servera izvornog i odredišnog skladišta podataka. Učitane vrednosti upisuju se u odgovarajuće promenljive kako bi bile dostupne svim komponentama kojima su te informacije potrebne. Osim toga, ova komponenta učitava i *ID*-eve datih sistema, koji se koriste za pribavljanje potrebnih podataka iz ostalih tabela konfiguracione baze podataka.

4.2.3 Učitavanje podataka o poslednje repliciranoj promeni za svaku od tabela

Naredni zadatak po redosledu izvršavanja podrazumeva beleženje potrebnih podataka o poslednje repliciranoj promeni. Njegovo zaduženje je da pročita *LastReplicated* vrednosti iz *ReplicationCheckpoint* tabele za svaku od tabela koje se repliciraju i upiše ih u odgovarajuće promenljive.

4.2.4 Petlja za obradu pojedinačne tabele

Nakon zadatka za inicijalno učitavanja potrebnih podataka, za svaku od tabela postoji petlja i obuhvata i izvršava sve zadatke koji se odnose na tu tabelu.

Unutar petlje prvo se izvršava procena statusa replikacije tako što se poredi *VersionStamp* vrednost poslednje pristigle promene sa vrednošću poslednje replicirane promene za datu tabelu što se čita iz konfiguracione baze. Status replikacije se zatim ažurira u okviru *ReplicationCheckpoint* tabele pri čemu *Status* kolona na ovaj način može dobiti dve vrednosti: "done" i "in progress".

Poslednji zadatak u ovoj petlji ima ulogu da omogući čekanje određeni period vremena u slučaju da su sve postojeće promene u tom trenutku uspešno replicirane ili ako je došlo do neke greške. Vreme čekanja je parametrizovano i može se menjati po potrebi iz spoljašnjeg okruženja.

4.2.5 Replikaciona petlja

Replikaciona petlja nalazi se u okviru prethodno opisane celine i namenjena je da izvršava replikacione zadatke dokle god se ne obrade sve nereplicirane promene koje postoje u datom trenutku.

U okviru nje, određuje se opseg *VersionStamp*-ova za repliciranje date tabele na osnovu *VersionStamp*-a poslednje replicirane promene i odgovarajuće *BatchSize* vrednosti.

Na ovo se nastavlja kontejner koji sadrži zadatke zadužene za propagaciju samih promena i ažuriranje promenljivih neophodnih za uspešan nastavak replikacije, nakon čega se ponovo ažurira status replikacije odgovarajućim zadatkom.

4.2.6 Zadatak za replikaciju tabele

Glavni zadatak koji se nalazi u prethodno pomenutom kontejneru namenjen je samoj replikaciji izolovanih promena. Ovaj zadatak je *Data Flow* tipa. U okviru njega, čitaju se potrebne promene pozivanjem *NET_CHANGE* funkcije kojoj se prosleđuje izračunati *VersionStamp* interval, kao i *ID* odredišnog sistema kom se propagiraju promene. Pročitani redovi ulaze u tok i osim kolona karakterističnih za tabelu koja se replicira, sadrže i kolonu *Operation* koja nosi informaciju o vrsti operacije koja treba da se izvrši na odredištu. Na osnovu vrednosti ove kolone redovi se razdvajaju u tri različita toka.

Svaki od tokova povezan je na odgovarajuću komponentu koja manipuliše odredišnim skladištem. Za redove sa operacijom *insert* vrši se *bulk insert* na destinaciji, dok se za *update* i *delete* promene, vrši odgovarajuća komanda za svaki od redova pojedinačno.

4.3 Generator paketa za proizvoljnu bazu

Implementirano C# rešenje omogućava generisanje paketa opisanog šablona, a u skladu sa šemom potrebne baze podataka. Šema se čita iz *dacpac* fajla koji predstavlja kolekciju definicija objekata *SQL Server* baze.

Aplikacija se koristi tako što korisnik, pri njenom pokretanju, određuje tabele koje želi, odnosno ne želi da replicira. U slučaju da je potrebno replicirati celu bazu, ovaj korak se preskače. Nakon toga, podešavaju se vrednosti neophodnih parametara, kao što je putanja do *dacpac* fajla baze, putanja do foldera u kojem će paket biti generisan, imena servera izvora, imena servera konfiguracije baze i njen naziv, a zatim inicira generisanje *SSIS* paketa.

5 TESTIRANJE REŠENJA

Za potrebe testiranja, generisani su replikacioni paketi za nekoliko baza podataka sistema za upravljanje elektrodistribucijom. Okruženje postavljeno za testiranje podrazumevalo je tri testna sistema na virtuelnim mašinama između kojih je ustanovljeno tri različite replikacione rute pri čemu se repliciralo pet tabela.

Postavljeni su svi potrebni pomoćni objekti, kao i jedna konfiguraciona baza, a zatim su pokrenuti servisi za generisanje priliva testnih podataka. Replikacioni paketi postavljeni su na jedan od sistema i konfigurisani su *SQL Server Job* zadaci da pokreću svaki od njih u određenim intervalima za slučaj da neki od paketa prestane sa radom usled nepredviđene greške. Izvršavanje paketa bilo je uspešno, a najznačajnija za analizu rezultata bila je tabela sa najvećom frekvencijom pristizanja novih podataka za koju su dobijeni sledeći rezultati:

- ukupna veličina prebačenih podataka: 16GB
- prosečna gustina: 15 000 rows/MB
- brzina priliva novih podataka: 2000 rows/s
- brzina prebacivanja podataka : ~14000 rows/s
- vreme potrebno da se svi podaci repliciraju: 5,5h.

Test je potvrdio da paketi realizuju predviđene funkcionalnosti na očekivani način i, iako testirani u idealnim uslovima, uvidelo se da rešenje potencijalno može postići znatno veći protok prebacivanja podataka od rešenja koje se trenutno koristi.

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisana je implementacija i analiza rešenja za replikaciju baza podataka izrađenog u cilju unapređenja postojećeg, komercijalnog rešenja razvijenog sredinom 1990-ih godina u okviru sistema za upravljanje elektrodistribucijom. Predstavljeno rešenje zasnovano je na *SSIS* tehnologiji.

Analizom postojećih *Microsoft SQL Server* rešenja, došlo se do zaključka da se *Microsoft SQL Server Replication* može uzeti u obzir kao alternativa. Međutim, akcenat u razmatranoj replikaciji je na konzistenciji podataka, a ne obavezno i svih njihovih međustanja. Dakle, repliciranje samo poslednjeg validnog stanja reda umesto svih promena izvršenim nad njim u toku određenog vremena potencijalno bi doprinelo znatnom smanjenju obima podataka koji ulaze u tok podataka između podsistema. Ovakva transformacija podataka koji ulaze u tok za replikaciju bila bi neostvariva upotrebom pomenutog alternativnog rešenja.

Testiranje implementiranog rešenja pokazalo je da bi ono moglo omogućiti značajno veću brzinu repliciranja podataka od trenutnog rešenja što stvara uslove za podršku većeg obima podataka i smanjuje kašnjenje i verovatnoću da dođe do zagušenja. Takođe, postignuta je i optimizacija količine podataka koji se prenose. Pored toga, prednost *SSIS*-a je što omogućava implementaciju bilo kakvih transformacija nad podacima koje mogu znatno olakšati izmenu i unapređenje rešenja u skladu sa zahtevima u budućnosti. Dakle, analizom prikazanog rešenja pokazano je da ono može zadovoljiti najbitnije zahteve replikacije kao i doprineti njenom kvalitetu u određenim aspektima. Dalji razvoj podrazumevao bi poboljšanu implementaciju *update* logike na odredišnoj bazi tako da se izoluju i ažuriraju samo kolone čije su se vrednosti zaista promenile. Takođe, zadatak bi bio i testirati rešenje u redovnom radu sistema. Tada bi se izvršila i podrobnija analiza mogućih grešaka kako bi se implementirale različite i finije vrste obrada istih, a u cilju povećavanja robusnosti rešenja, kao i uočavanja dodatnih mogućnosti za poboljšanje.

7. LITERATURA

- [1] Mogin P, Luković I, Govedarica M, "Principi projektovanja baza podataka", II izdanje, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2004, ISBN: 86-80249-81-5
- [2] Microsoft Docs – SQL Server Integration Services [Online] Dostupno na: <https://docs.microsoft.com/en-us/sql/integration-services/sql-server-integration-services>
- [3] Microsoft Docs – Data Flow Task [Online] Dostupno na: <https://docs.microsoft.com/en-us/sql/integration-services/control-flow/data-flow-task>
- [4] Microsoft Developer Network – Transactional Replication Overview [Online] Dostupno na: [https://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms151176\(v=sql.105\).aspx](https://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms151176(v=sql.105).aspx)

Kratka biografija:



Nkolina Dobrić rođena je u Motali (Švedska) 1991. god. Fakultet tehničkih nauka upisala je 2010. god. Bečelorski rad iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarske nauke i informatika odbranila je 2014. god. Trenutno je u procesu pisanja master rada iz iste oblasti.

IMPLEMENTACIJA VEB APLIKACIJE ZA MERENJE PERFORMANSI LUCENE ANALIZATORA**IMPLEMENTATION OF WEB APPLICATION FOR PERFORMANCE ANALYSIS OF LUCENE ANALYZERS**

Aleksandar Majoroš, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast - ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj - Cilj ovog rada je bio da prikaže detaljan opis implementacije veb aplikacije čija je funkcija merenje tačnosti Lucene analizatora koji se koristi prilikom indeksiranja i kreiranja upita. Aplikacija omogućava učitavanje lucene analizatora. Svim korisnicima je omogućeno da kreiraju svoje direktorijume u kojima će biti smešteni test podaci. Test podaci se koriste za kreiranje test skupova koji predstavljaju skup relevantnih dokumenata za dati upit. Svaki korisnik ima mogućnost da kreira, menja i briše test skupove i na kraju koristeći ih testira sam analizator.

Abstract - The paper describes implementation of web application which function is measuring performance of Lucene analyzers that are used for text indexing and creating search queries. Application enables upload of analyzers. All users have ability to create their own directories where test data will be stored. This data is used for creating test sets which represents sets of relevant documents for every search query. Users can create, update or remove this test sets and then use them for testing analyzer.

Ključne reči: *Lucene, analizator, performanse, pretraživač, relevantni dokumenti*

1. UVOD

Pretraživač (eng. search engine) je sistem za dobavljanje informacija dizajniran da pomogne pronalaženju informacija skladištenim u računarima. Rezultati pretrage su obično smešteni u listu i nazivaju se *hits* (pogodci). *Full-text* pretraživači koriste tehnike za pretragu jednog dokumenta ili kolekcije dokumenata iz *full-text* baze podataka.

Za pretragu koriste metapodatke ili delove originalnog teksta smeštenih u bazu podataka (naslovi, apstrakti, selektovane sekcije ili biografske reference).

U *full-text* pretrazi, pretraživač traži sve reči u svakom skladištenom dokumentu pokušavajući da zadovolji kriterijum pretrage. Jedna od najčešće korišćenih biblioteka za *full-text* pretragu jeste Lucene [2].

Zadatak projekta jeste da kreira detaljnu specifikaciju za veb aplikaciju čija je funkcija merenje tačnosti lucene analizatora koji se koristi prilikom indeksiranja i kreiranja upita. Pod merenje performansi se podrazumeva koliko određeni analizator utiče na pretragu relevantnih dokumenata. Korišćene mere za ocenu kvaliteta su preciznost, povrat, tačnost i f-mera.

Struktura rada je sledeća: u drugom poglavlju je dat opis svih bitnih koncepata koji se javljaju u projektu sa ciljem da upozna čitaoca sa teorijskim osnovama neophodnim za razumevanje projekta. U trećem poglavlju predstavljene su tehologije korišćene za implementaciju aplikacije i dat je kratak opis svake od njih. Četvrto poglavlje sadrži specifikaciju softvera koja podrazumeva specifikaciju zahteva (funkcionalne i nefunkcionalne), model podataka, model sistema i mapu sajta. U petom poglavlju je opisana implementacija serverske i klijentske strane. Takođe je i dat primer upotrebe aplikacije. Zaključak je dat u šestom poglavlju i on sadrži i dodatne smernice za dalji razvoj aplikacije.

2. TEORIJSKE OSNOVE**2.1. Digitalni dokumenti**

Digitalni dokument je računarski obradena informacija kojom se rukuje kao osnovnom jedinicom obrade. Digitalni dokument može prolaziti kroz različite faze svog životnog ciklusa: inicijalizacija, priprema, uspostavljanje, korišćenje, revizija, arhiviranje i na kraju uklanjanje [1].

2.2. Metapodaci

Metapodaci su podaci o dokumentu, odnosno podaci o podacima. Mogu postojati različiti izvori iz kojih su nastali metapodaci za digitalni dokument. Sam korisnik koji je kreator digitalnog dokumenta može unositi metapodatke. Primeri metapodataka za tekstualni digitalni dokument su: autor, naslov, datum nastanka, ključne reči, itd. Metapodaci se koriste da se bolje organizuju kolekcije dokumenata [1].

2.3. Pronalaženje informacija

Pronalaženje informacija (eng. information retrieval) je oblast koja se bavi tehnikama za reprezentaciju, skladištenje, organizaciju, pristup i pronalaženje informacija. Sistemi za pronalaženje informacija najčešće imaju odvojene procese indeksiranja i pretraživanja. Indeksiranje predstavlja pripremu informacija za efikasno

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Dragan Ivanović.

pretraživanje i uključuje tehnike za reprezentaciju, skladištenje i organizaciju informacija. Pretraživanje predstavlja proces obrade upita i pronalaženje informacija koje korisnik traži [1].

2.4. Pretraga tekstualnih dokumenata

Pre nego što budu obrađeni ostali aspekti pretrage biće razmotrena dva osnovna pojma: tekstualni digitalni dokument i term. Tekstualni digitalni dokumenti se sastoje od reči koje predstavljaju određeni broj znakova u tekstu. Instanca reči koja se pojavljuje u tekstu zove se token. Jedna klasa ekvivalencije reči se zove term [1].

2.5. Predprocesiranje teksta

Predprocesiranje teksta je primena određenih pravila na tekstualne sadržaje koji obezbeđuju fleksibilnost pretrage. Kao ulaz predprocesiranje teksta ima određeni tekst (ili upit), a kao izlaz daje listu termova koje je potrebno dodati (ili pronaći) u listi pojava u indeksu za pretraživanje [1].

2.6. Performanse pretraživanja

Ključna mera za pretraživač je zadovoljstvo korisnika. Faktori zadovoljstva korisnika uključuju sledeće kriterijume: brzinu dobijanja odgovora, veličinu indeksa - šta sve mogu pronaći u kolekciji, nezatran korisnički interfejs, relevantnost dobijenih odgovora - da li je korisnik dobio ono što je tražio [1].

2.7. Evaluacija performansi

Standardna metodologija za merenje performansi sistema za pretraživanje zahteva test skup (eng. benchmark) sa tri elementa: test-kolekciju dokumenata, kolekciju test-upita, binarnu (ili, ređe, ne-binarnu) ocenu relevantnosti svakog para upit-dokument. Kolekcija dokumenata treba da bude takva da reprezentuje dokumente koje očekujemo da imamo i u stvarnom slučaju [1].

2.8. Mere relevantnosti

Preciznost P (eng. precision) je udeo pronađenih relevantnih dokumenata u svim pronađenim dokumentima, odnosno u listi rezultata pretrage. Povrat R (eng. recall) je udeo pronađenih relevantnih dokumenata u svim relevantnim dokumentima koji postoje u kolekciji. Tačnost je deo odluka (relevantan/nerelevantan) koje su ispravne. F mera meri kompromis između preciznosti i povrata [1].

3. TEHNOLOGIJE KORIŠĆENE ZA IMPLEMENTACIJU

Za izradu projekta korišćene su sledeće tehnologije. Za serversku stranu su korišćeni *Spring Framework*, *Hibernate* i *Apache Lucene*, dok je za klijentsku stranu korišćen *AngularJS*. U nastavku je dat kratak opis svake pojedinačne tehnologije.

3.1. Spring Framework

Spring je *open source framework* kreiran da pojednostavi kompleksnost razvoja *Enterprise* aplikacija. Jedna od prednosti ovog radnog okruženja je slojevita arhitektura, čime se omogućava selekcija željenih komponenti dok se druge mogu ignorisati. Njegov glavni cilj je da napravi J2EE (eng. java 2 platform enterprise

edition) lak za korišćenje i da promoviše dobru programersku praksu. Ovo je postignuto tako što omogućava POJO (eng. plain old java object) baziran programski model koji je primenljiv na razna okruženja [4].

3.2. Hibernate

Hibernate *ORM* je *framework* za objekt-relaciono mapiranje za Java programski jezik. Njegova primarna svrha je mapiranje iz Java klasa u tabele baze podataka i mapiranje iz Java tipova podataka u SQL (eng. structured query language) tipove podataka. Takođe omogućava upite nad podacima i povratne mehanizme [5].

3.3. AngularJS

AngularJS je *framework* otvorenog koda koji održava Google i zajednica pojedinačnih programera i korporacija za rešavanje mnogih izazova prilikom kreiranja jednostraničnih aplikacija. Radi tako što prvo pročita HTML strane, koji ima ugrađene dodatne nestandardne tag atribute. Angular te atribute interpretira kao direktive da bi vezao ulazne ili izlazne delove stranice za model koji je predstavljen standardnim JavaScript promenljivim. Vrednosti tih JavaScript promenljivih se mogu ručno podesiti u kodu, ili mogu biti preuzete od statičnih i dinamičnih JSON izvora [6].

3.4. Apache Lucene

Lucene je *open source* biblioteka za *full-text* pretraživanje napisana kompletno u Javi. Pogodna je za bilo koju aplikaciju koja zahteva *full-text* indeksiranje i pretraživanje. Lucene je široko prepoznat zbog svojih mogućnosti za laku implementaciju internet pretraživača, ali i pretraživača za pojedinačne sajtove. Takođe se koristi za implementaciju sistema za preporuke [3].

4. SPECIFIKACIJA APLIKACIJE

4.1. Specifikacija zahteva

Softverska specifikacija zahteva predstavlja osnovu za kreiranje ugovora u kojem piše šta softverski proizvod treba da radi i šta nije predviđeno da radi. Ona podrazumeva rigoroznu proveru zahteva pre samog početka dizajna i izbegavanja kasnijeg redizajna. Obezbeđuje i realističnu procenu troškova, rizika i rokova. Postoje funkcionalni i nefunkcionalni softverski zahtevi. U ovom projektu funkcionalni zahtevi su opisani dijagramom slučajeva korišćenja, dok su nefunkcionalni zahtevi iskazani slobodnim tekstom.

4.2. Model podataka

Izrada modela podataka je najapstraktniji nivo projektovanja baze podataka. Osnovni zadatak izrade modela podataka je izgraditi konceptualni model na osnovu našeg znanja o realnom sistemu. Za realizaciju modela podataka korišćen je heterogeni model. Indeksirani dokumenti se čuvaju u lucene indeksima, pdf dokumenti se smeštaju u lokalni repozitorijum, dok se svi

ostali podaci vezani za analizatore, korisnike i njihove test skupove smeštaju u relaciju bazu podataka.

4.3. Mapa sajta

Sajt ima devet veb stranica među kojima su stranica za logovanje, registraciju, početna stranica, stranice za administraciju naloga i izmenu lozinke, kao i stranice za upravljanje direktorijuma i dokumenata, test skupova, analizatora i na kraju stranica za testiranje performansi analizatora. Običan korisnik ima pristup svim stranicama osim stranice za administraciju naloga. Administrator ima pristup svim stranicama. Kompletan sajt je na engleskom jeziku.

5. IMPLEMENTACIJA APLIKACIJE

Aplikacija koristi klijent-server arhitekturu. Mogu se uočiti tri klase komponenti: server, klijenti i mreža. Namena servera je da omogući optimalno upravljanje zajedničkim resursima, upravljanje bazom podataka, kontrolu pristupa i bezbednost podataka.. Klijent aplikacije vrše upravljanje korisničkim interfejsom i izvršavaju deo logike aplikacije. Mreža je odgovorna za prenos podataka između klijenta i servera.

Aplikacija je implementirana po MVC (eng. model-view-controller) šablonu. U nastavku će biti dat opis implementacije serverske strane (eng. backend) i klijentske strane (eng. frontend).

5.1. Implementacija serverske strane

Za implementaciju serverske strane korišćen je Spring Framework, tačnije spring-webmvc, spring-core i spring-security, Hibernate i Lucene. Server predstavlja rest servis koji implementira endpoint-e koje poziva klijentka strana aplikacije. Implementirani su sledeći endpointi: za kreiranje i brisanje direktorijuma, za preuzimanje i uploadovanje pdf-ova, za kreiranje, preuzimanje i brisanje test skupova, za kreiranje novih i pregled postojećih parova upit - relevantni dokumenti, za uploadovanje, preuzimanje i brisanje analizatora i za rezultate testiranja analizatora. Takođe implementirani su i endpointi za pretragu indeksa i upravljanje sa nalozima. Server ima pet slojeva (eng. layers). Prvi je *persistence* sloj zadužen za CRUD operacije nad entitetima. Drugi je *service* sloj zadužen za biznis logiku. Treći sloj je *security* i on je zadužen za autorizaciju i autentifikaciju. Četvrti je *rest* koji predstavlja skup kontrolera koji implementiraju željene endpointe. Peti sloj predstavlja *tools* koji omogućava rad sa lucene indeksima.

5.2. Implementacija klijentske strane

Klijentski deo koristi ng-boilplate koji je napisan korišćenjem *Angular*-a kao osnovu za razvoj. On sadrži početnu projektnu strukturu i koristi *Bower* za upravljanje zavisnostima, kao i *Grunt* za upravljanje zadacima. Sve potrebne zavisnosti se smeštaju u vendor folder, a u build.config.js se povezuju sa projektom.

App folder sadrži sve template html i script fajlove neophodne za realizaciju klijentske strane. Izdvajaju se četiri modula. To su Account, Benchmark, Analyzer i Document moduli. Svaki modul ima svoj servis, kontroler i *view* deo. Servis je zadužen za poziv endpoint-a. Kontroler upravlja podacima koji će se prikazivati. *View* predstavlja html stranice koje sadže angular direktive.

6. ZAKLJUČAK

Cilj rada je bio da prikaže detaljan opis implementacije veb aplikacije čija je funkcija merenje tačnosti lucene analizatora koji se koristi prilikom indeksiranja i kreiranja upita. Za ocenu kvaliteta analizatora su korišćene mere preciznost, povrat, tačnost i f-mera. Kako bi se povećao kvalitet projekta bilo bi dobro koristiti i dodatne mere poput *true negative rate* (TNR), *negative predictive value* (NPV), *false positive rate* (FPR), *false discovery rate* (FDR), itd. Takođe pošto se svi rezultati prikazuju tabelarno bilo bi korisno omogućiti i grafički prikaz performansi poput preciznost/ povrat krive.

7. LITERATURA

- [1] Dragan Ivanović, Branko Milosavljević *Upravljanje digitalnim dokumentima*, Univerzitet u Novom Sadu, FTN
- [2] *Full text search engines*
https://en.wikipedia.org/wiki/Full-text_search
- [3] *Apache Lucene*
https://en.wikipedia.org/wiki/Apache_Lucene
- [4] *Spring framework*
<https://javawiki.wordpress.com/2009/08/26/what-is-spring-framework>
- [5] *Hibernate framework*
[https://en.wikipedia.org/wiki/Hibernate_\(framework\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Hibernate_(framework))
- [6] *AngularJS framework*
<https://sr.wikipedia.org/sr-el/AngularJS>
- [7] D. Ivanović, *Upravljanje digitalnim dokumentima*, materijali sa predavanja, Univerzitet u Novom Sadu, FTN, 2015
- [8] B. Perišić, *Specifikacija i modeliranje softvera*, materijali sa predavanja, Univerzitet u Novom Sadu, FTN, 2015

Kratka biografija:

Aleksandar Majoroš je rođen 31.08.1991. godine u Novom Sadu. Osnovnu školu "Djura Jakšić" u Kaću završio je 2006. godine. Srednju školu "Gimnazija Isidora Sekulić" u Novom Sadu završio je 2010. godine. Iste godine upisao se na Fakultet tehničkih nauka, odsek Računarstvo i automaika. Školske 2012/2013. godine upisao se na smer Računarske nauke i informatika. Položio je sve ispite predviđene planom i programom. Diplomirao je 2015 godine. Krajem 2016. godine počeo je da radi u uspešnoj IT firmi u Novom Sadu.

**KOORDINACIJA RELEJNE ZAŠTITE U RADIJALNIM I SLABO UPETLJANIM
DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA****RELAY PROTECTION COORDINATION IN RADIAL AND WEAKLY MESHED
DISTRIBUTION NETWORKS**Kristijan Huska, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – Radijalne strukture distributivne mreže (DM) postepeno postaju upetljane, upotrebom i instaliranjem sve većeg broja distribuiranih energetske resursa (DER). Pored velikog broja prednosti korišćenja distribuiranih izvora, jedan od glavnih nedostataka njihovog instaliranja jeste uticaj na rad i koordinaciju zaštite. Inicijalno dizajnirano rešenje zaštite postaje neadekvatno i neprihvatljivo. U ovom radu su obrađeni najčešće korišćeni zaštitni uređaji koji se koriste u zaštiti elektroenergetskog sistema od kvarova, kao i koordinacija istih u radijalnim i slabo upetljanim distributivnim mrežama. Takođe, dati su reprezentativni primeri sa rešenjem za koordinaciju između zaštitnih uređaja kada se koriste DER.

Abstract – Radial structure of the distribution network (DN) is gradually becoming meshed, using and installing a growing number of distributed energy resources (DER). Besides numerous advantages of using distributed resources, one of the main drawback on their installation is their impact on work and coordination of protective devices. Therefore initially designed protection solution becomes inadequate and unacceptable. In this paper are analyzed most commonly used protective devices which are used to protect against short circuits in power system, as well as their coordination in a radial and weakly meshed distribution networks. Also it is provided representative examples for coordination between protective devices when DER are used.

Ključne reči: relejna zaštita, distribuirani energetske resursi, koordinacija relejne zaštite.

1. UVOD

Da bi elektroenergetski sistem mogao da funkcioniše potrebno je obezbediti zaštitu svakog njegovog elementa, kao i pojedinih celina u okviru sistema od kvarova. Upravo ta zaštita celokupnog elektroenergetskog sistema od kvarova ostvaruje se relejnom zaštitom. Osnovni cilj primene relejne zaštite jeste najbrže moguće isključenje elementa, odnosno dela elektroenergetskog sistema prilikom nekog kvara. Isključenje se postiže inicijalizacijom odgovarajućih upravljačkih akcija, uz očuvanje funkcionalnosti i održanje stabilnosti ostalog dela sistema. Releji moraju izolovati samo deo mreže pod kvarom, omogućavajući nastavak rada nad delom mreže bez kvara.

NAPOMENA:

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

U slučaju neuspelog uklanjanja kvara od strane primarnih releja, sekundarni, ako postoje, moraju odreagovati posle određenog vremena datom primarnom releju. Stoga, rad primarnog i sekundarnog releja mora biti koordinisan [1].

Koordinacija releja treba da bude u mogućnosti da pokrije opseg od maksimalne do minimalne struje kvara nad šticeim delom mreže. U klasičnim elektroenergetskim sistemima, postrojenja velike snage, koja se nalaze na odgovarajućim geografskim lokacijama, proizvode većinu snage, koja se potom prenosi do velikih potrošačkih područja preko prenosne mreže. Međutim, celokupni elektroenergetski sistem polako počinje da se menja. Veliki broj distribuiranih energetske resursa se razvijaju i instaliraju, uključujući i obnovljive i neobnovljive izvore energije, kao što su vetrogeneratori, generatori čija se proizvodnja zasniva na talasima, fotonaponski paneli, mini hidroelektrane, gorivne ćelije itd. Glavne prednosti korišćenja obnovljivih izvora je eliminacija štetne emisije gasova i neiscrpnih resursi primarne energije. Međutim jedna od mana instaliranja distribuiranih resursa je uticaj istih na rad i koordinaciju relejne zaštite. Upravo problem koordinacije relejne zaštite u distributivnim mrežama sa DER predstavlja glavni predmet obrade ovog rada.

U drugom delu rada se kratko opisuju osnove činjenice o relejima kao i osnovni zahtevi koji se postavljaju pred releje i zaštitu. U trećem delu su date osnovne informacije o prekostrujnim i distantnim relejima potrebne za razumevanje ovog rada. Četvrti deo je posvećen klasifikaciji i podeli distribuiranih energetske resursa. Peti deo sadrži teorijske osnove koordinacije najčešće korišćenih zaštitnih uređaja. Obrađeni su sledeći tipovi koordinacije: rekloser - rekloser, rekloser – osigurač, relej – rekloser, relej – osigurač, relej – relej i koordinacija distantne zaštite. Šesti deo je posvećen reprezentativnim primerima koordinacije uređaja u realnim sistemima. Poslednja dva dela su zaključak i literatura.

2. RELEJI

Pod pojmom relej podrazumeva se uređaj koji je napravljen tako da, kada se na njegove ulaze dovodi električna, mehanička, ili neka druga veličina odgovarajućeg intenziteta, deluje na neki unapred određen način. Pri tome, osigurači i slični uređaji ne spadaju u releje, jer je njihova funkcionalnost nepovratno izgubljena nakon jednog delovanja [1].

Relej je uređaj koji služi za detekciju abnormalnih pogonskih stanja elemenata i delova sistema, i na osnovu toga vrši inicijalizaciju odgovarajućih upravljačkih akcija

za obezbeđenje normalnog pogona. Pod abnormalnim pogonskim stanjem se podrazumeva stanje sa kvarom ili opasno pogonsko stanje. To su stanja u kojima parametri (napon, struja, frekvencija, trajanje nekog režima, itd.) izlaze iz okvira stanja predviđenih projektima i konstrukcijom elektroenergetskog sistema. Zbog kvaliteta delovanja relejne zaštite potrebno je ispuniti nekoliko opštih zahteva. Tu spadaju: selektivnost, osetljivost, brzina reagovanja, ekonomičnost, pouzdanost i sigurnost.

3. PREKOSTRUJNI I DISTANTNI RELEJI

Relejna zaštita može biti klasifikovana u skladu sa načinom na koji obavlja svoju funkciju. U radu su obrađena dva tipa releja, i to: prekostrujna relejna zaštita, i distantna relejna zaštita.

3.1 Prekostrujna zaštita

Prekostrujna zaštita generalno predstavlja najčešći oblik zaštite koja se koristi za eliminisanje kvarova u mreži. Ovi releji su dizajnirani tako da reaguju kada kroz određeni deo distributivnog sistema protiče struja koja je veća od predefinisane vrednosti. Dele se na trenutne prekostrujne i prekostrujne sa vremenskom zadržkom.

Po kriterijumu zavisnosti vremena delovanja od inteziteta struje preko-strujni releji sa vremenskom zadržkom se dele na: preko-strujne releje sa strujno nezavisnom vremenskom karakteristikom i prekostrujne releje sa strujno zavisnom vremenskom karakteristikom. Takođe, u prekostrujnu zaštitu koja se najčešće viđa u DM, spadaju i rekloseri i osigurači.

3.2 Distantni releji

Distantni releji se mogu koristiti kada prekostrujni releji ne mogu da ispune osnovne zahteve za zaštitom, kao što su osetljivost i selektivnost. Releju se dovode takvi naponi i struje iz čijeg će se količnika određivati impedansa direktnog režima. Ova zaštita ima dva parametra za podešavanje: impedansu pomoću koje se određuje da li je kvar u određenoj zoni štice (pomoću ovog parametra se određuje domet) i vreme delovanja (vreme kašnjenja pri delovanju zaštite u nekom stepenu). Kombinacijom ova dva parametra se postiže traženi kvalitet zaštite – što je kvar bliže releju to se on brže eliminiše. U radu su razmatrani distantni releji sa sledećim karakteristikama: ugaono-admitantna karakteristika, i kvadrilateralna karakteristika.

4. DISTRIBUIRANI ENERGETSKI RESURSI

Povećani zahtevi za električnim sistemima i incidentima nestašice električne energije, problema sa kvalitetom energije, problema kaskadnih ispada, naglih povećanja cene električne energije uzrokovali su potražnju za drugim izvorima visokokvalitetne i pouzdane energije. DER su izvori za proizvodnju energije manjeg obima. Nalaze se u blizini korišćenja električne energije (npr. domovi, poslovni prostori...), obezbeđujući alternativu ili poboljšanje tradicionalne mreže električne energije.

DER je brza, jeftinija opcija za izgradnju, u odnosu na velike, centralizovane elektrane i dalekovode visokog napona.

Korisnicima nude potencijal za nižu cenu, većom pouzdanošću celokupnog sistema, visok kvalitet električne

energije, povećanu energetska efikasnost, kao i delimičnu energetska nezavisnost. Korišćenje obnovljivih tehnologija distribuirane proizvodnje energije i upotreba "zelene energije", kao što je vetar, fotonaponske i geotermalne energije, biomase, ili hidroelektrične energije mogu ponuditi značajnu ekološku korist.

U radu su obrađeni sledeći tipovi distribuiranih energetska resursa: mikroturbine, gorivne ćelije, uređaji za skladištenje energije (skladištenje energije primenom komprimovanog vazduha, rotacioni sistemi za skladištenje energije, termički sistemi za skladištenje energije), hidro-električni energetska resursi, vetrogeneratori i resursi koji kao izvor koriste solarnu energiju (fotonaponski resursi, sistemi koncentrisane električne energije) [2].

5. TEORIJSKE OSNOVE KOORDINACIJE RELEJNE ZAŠTITE

Dobro i pouzdano koordinisan sistem zaštite je neophodan, i od vitalnog je značaja kako bi se oblast bez napajanja ograničila na što je manju moguću u slučaju kvarova u mreži. Ovo omogućava usmeravanje korektivnih akcija ka delu mreže zahvaćenim kvarom, kako bi se snabdevanje energije obnovilo što je pre moguće. Vremensko-strujna koordinacija zaštitne opreme u distributivnim mrezama je bazirana na sledećim pravilima:

- Primarni zaštitni uređaj treba da uklanja privremene ili trajne kvarove pre reagovanja rezervne zaštite. Međutim, u nekim slučajevima, kada je osigurač primarni zaštitni uređaj, a rekloser sekundarni, prihvatljivo je koordinisati ih na način tako što će rekloser prvi reagovati svojom brzom karakteristikom, praćen karakteristikom osigurača (u slučaju da kvar nije prolazan).
- Gubitak napajanja uzrokovan trajnim kvarom bi trebalo što je pre moguće lokalizovati na najmanji deo sistema.

U radu su obrađene sledeće vrste koordinacije:

- koordinacija između dva reklosera na istom fideru (zasnovano na pravilu da primarni rekloser mora reagovati prvi za kvarove nizvodno od mesta istog),
- koordinacija između reklosera i osigurača na lateralima (obrađena šema očuvanja osigurača),
- koordinacija dva prekostrujna releja na istom fideru (koordinacija dva 51/51N releja, i koordinacija kombinovane karakteristike u slučaju postojanja 50 i 51 releja na istom mestu),
- koordinacija između releja i reklosera na istom fideru (zasnovano na pravilu da rekloser mora prvi reagovati za kvarove nizvodno od mesta istog),
- koordinacija releja i osigurača na lateralima (zasnovano na pravilu da ukupno vreme osigurača potrebno za uklanjanje kvara mora biti manje od vremena potrebnog za reagovanje releja) i
- koordinacija između dva distantna releja na istom fideru (zasnovano na pravilu da ne dolazi do preklapanja vremena reagovanja u određenim zonama) [3][4][5].

6. KOORDINACIJA RELEJNE ZAŠTITE

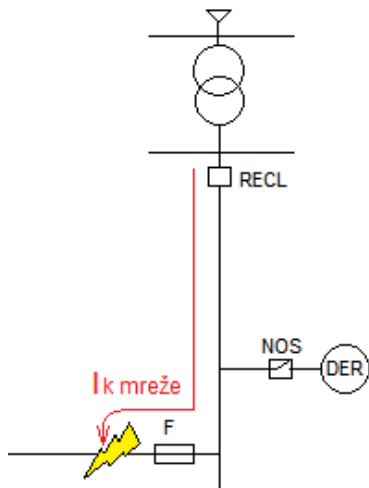
U radu su dati reprezentativni primeri za sledeće tipove koordinacije (koordinacija uređaja sa i bez DER, kao i predložena rešenja kako bi se prevazišli novonastali problemi): koordinacija između dva reklosera na istom fideru, koordinacija između reklosera i osigurača na lateralima, koordinacija dva prekostrujna releja na istom fideru, koordinacija između releja i reklosera na istom fideru, koordinacija releja i osigurača na lateralima.

6.1 Koordinacija između reklosera i osigurača na lateralu (šema očuvanja osigurača)

U koordinaciji reklosera i osigurača, konfigurisanoj tako da je rekloser bliže izvoru napajanja obrađena je šema očuvanja osigurača.

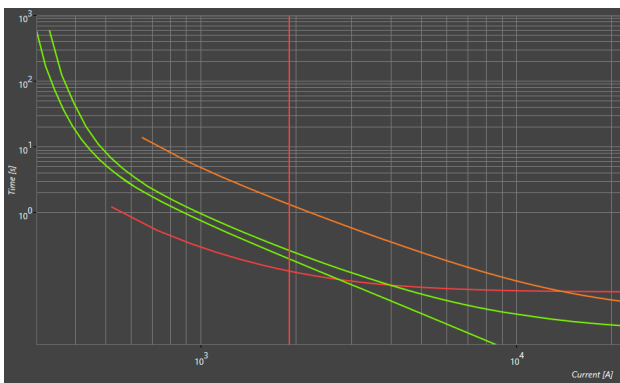
Očekivano je da rekloser, svojom brzom karakteristikom sačuva osigurač od topljenja u slučaju prolaznog kvara (fuse saving). Prilikom automatskog ponovnog uključjenja (APU), u slučaju trajnog kvara, omogućava se reagovanje osigurača, na mestima koja su ispod njega.

Na slici 6.1.1 se nalazi šematski prikaz konfiguracije mreže bez uključenog DER.



Slika 6.1.1 – Šematski prikaz konfiguracije mreže

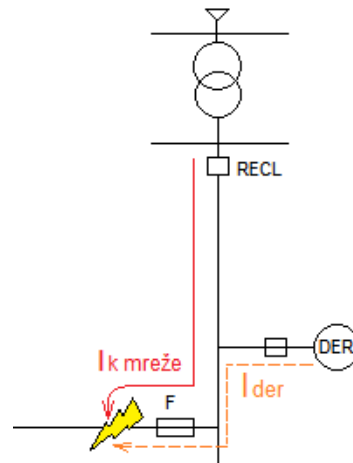
Na slici 6.1.2 je dat primer dobre koordinaciju između pomenutih zaštitnih uređaja, bez uključenog DER. Brzom karakteristikom (linija crvene boje) releja reaguje se pre nego što se osigurač otopi (linije zelene boje).



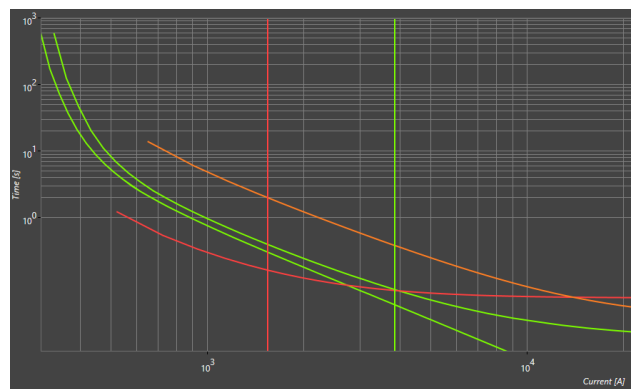
Slika 6.1.2 – Primer dobre koordinacije između reklosera i osigurača na lateralu u slučaju bez uključenog DER

Nakon priključenja DER (pozicioniranog između reklosera i osigurača) na mrežu (slika 6.1.3), dolazi do gubitka koordinacije.

U novonastaloj situaciji na prolazne kvarove reaguje se prvo osiguračem, a tek nakon njega deluje se brzom karakteristikom reklosera. (slika 6.1.4)



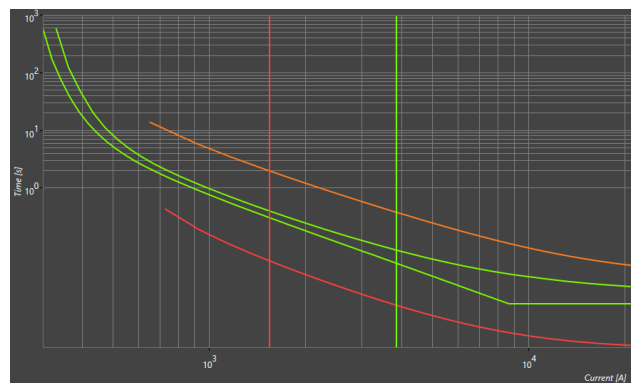
Slika 6.1.3 – Šematski prikaz konfiguracije mreže i smer struje kvara nakon priključenja DER



Slika 6.1.4 – Primer neprihvatljivog reagovanja zaštitnih uređaja, pod uticajem DER

Kako bi se ponovo postigla željena koordinacija, potrebno je prepodesiti brzu karakteristiku reklosera, i to na takav način da će se i u novonastaloj situaciji tek nakon APU dozvoliti topljenje osigurača.

Takva situacija je prikazana na slici 6.1.5. Na ovaj način je ponovo obezbeđena fuse saving funkcionalnost.



Slika 6.1.5 – Primer prepodešenja reklosera kod priključenja DER

7. ZAKLJUČAK

U radu su opisana neka od pravila koja se koriste pri koordinaciji relejne zaštite. Jedan od izazova koji se postavljaju pred koordinaciju i rad zaštite u DM su priključivanje sve većeg broja DER, čime se gubi radikalnost, samim tim dolazi do promene tokova snaga, struje kratkih spojeva, a u nekim slučajevima do gubitka koordinacije reagovanja zaštite.

Iz navedenih razloga postoji sve veća potreba za softverom koji u realnom vremenu vrši dovoljno tačne proračune kratkih spojeva pod novonastalim uslovima, sa uvažanim novim parametrima, kao i proračune valjanosti podešenja i koordinacije relejne zaštite.

U razmatranom primeru je prikazan slučaj dobre koordinacije koji je izgubljen nakon dodavanja DER i zatim ponovna koordinacija kojom je obezbeđena fuse saving funkcionalnost.

8. LITERATURA

[1] Duško Bekut: *Relejna zaštita*, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, Novi Sad, 2009.

- [2] Barney L. Capehart, *Distributed energy resources (DER)*, College of Engineering, University of Florida, 2016.
- [3] Dr. Hamid Jaffari, *Power System Review Course*, American Public Power Association.
http://appanet.cms-plus.com/files/EandO/APPA-Module_7-Protection_&_Coordination.pdf
- [4] Serge Beazile, *Protection Coordination*, Florida Electric Cooperatives Association Clearwater, Florida, 2014.
<http://www.feca.com/Line%20Protection.pdf>
- [5] Distribution System Feeder, *Overcurrent Protection*, General Electric Industrial public library.
<http://apps.geindustrial.com/publibrary/checkout/GET-6450?TNR=White%20Papers|GET-6450|generic>

Kratka biografija:



Kristijan Huska rođen je 1992. godine u Šapcu. Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu upisao je školske 2011/2012, odsek energetika, elektronika i telekomunikacije. Na osnovnim studijama diplomirao je 2016. godine, smer elektroenergetski sistemi.

KOMPARATIVNA ANALIZA SOLARNE ENERGETIKE U AUSTRIJI I SRBIJI COMPARATIVE ANALYSIS OF SOLAR ENERGY IN AUSTRIA AND SERBIA.

Filip Petrović, Vladimir Katić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu su prikazane načini korišćenja i potencijal solarne energije u Austriji i Srbiji. Dati su statistički podaci solarne energetike dveju zemalja. Navedeni su primeri daljeg unapređivanja upotrebe solarnih kolektora i fotonaponskih sistema, kao i zakonske regulative i podsticajnih mera Austrije i Srbije i njihova komparacija. Zaključak je da Srbija treba da unapredi razvoj solarne energetike.

Abstract – The paper presents different modes and prospective of solar energy usage in Austria and Serbia. The statistics of solar energy sector of both states have been provided as well. There are also different examples of further development in usage of solar (thermal) collectors and photovoltaic system, as well as legislation and incentives of Austria and Serbia and their comparison. It can be concluded that Serbia should improve development of solar energy.

Ključne reči – Solarna energetika, Solarni potencijal, Poređenje Austrije i Srbije.

1. UVOD

Danas se u svetu energija troši u iznosu, koji premašuje brzinu kojom se stvara u prirodi. To je izazvalo bojazan da će se uskoro (u narednih 50-100 godina) iscrpiti fosilni izvori, pa se već više od 20 godina intenzivno razvijaju i realizuju elektrane na obnovljive izvore energije (sunce, vetar, biomasa, hidroenergija, energija mora, geotermalna energija i dr.). Austrija ima skromne energetske resurse, ali je poznata po intenzivnom korišćenju obnovljivih izvora. S druge strane, Srbija ima značajnije energetske resurse, ali je ipak energetski zavisna zemlja (45% energije se uvozi). Obe zemlje imaju dobre potencijale u oblasti obnovljivih izvora, posebno solarne energije. Cilj rada je da napravi poređenje stanja i mogućnosti korišćenja solarne energije u Austriji i Srbiji.

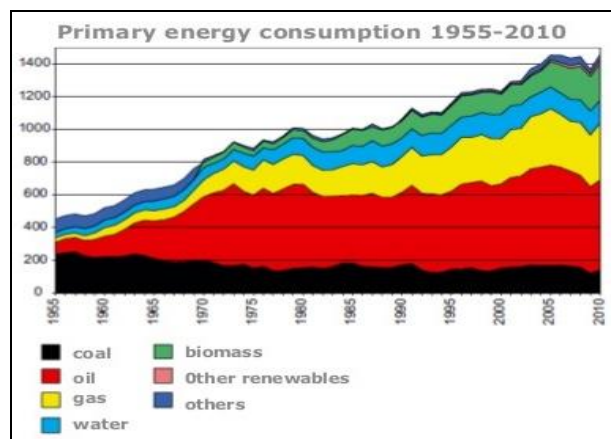
2. ENERGETSKI BILANSI AUSTRIJE I SRBIJE

2.1. Energetski bilans Austrije

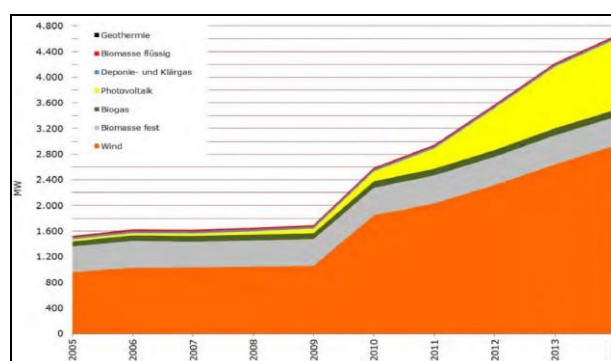
Na slici 1 je prikazan energetski bilans Austrije u poslednjih 55 godina (1955.-2010.) [1]. Može se uočiti značajno povećanje potrošnje energije (oko 3,5 puta), ali i postepena promena strukture. U 2010. god. udeo fosilnih goriva je bio oko 70%, a samo uglja i nafte ispod 50%. Najznačajniji je porast obnovljivih izvora, uglavnom za proizvodnju električne energije. Na slici 2 prikazan je rast

instaliranih kapaciteta u periodu 2005. - 2014. god. [2]. Najveći udeo u proizvodnji tzv. *eko-struje* imaju (krajem 2014. god.) postrojenja vetroelektrana (2.936 MW), zatim slede solarna (FN) postrojenja (1.099 MW) i elektrane na biomasu (443 MW).

Sa postojećim podsticajnim sistemom za dobijanje *eko-struje* iz obnovljivih izvora energije (OIE), Austrija ima vodeću ulogu. Poređenje sa stanjem u Evropskoj Uniji pokazuje da Austrija ima 68% udela OIE (2013. god.), dok je evropski prosek 25 %.



Slika 1. Potrošnja primarne energije u Austriji (1955-2010) [1].



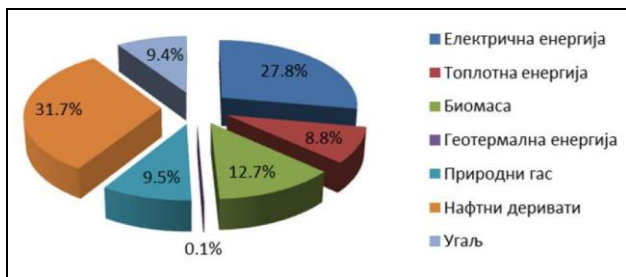
Slika 2. Električna energija iz OIE u Austriji [2].
Legenda: Biomasa u tečnom stanju (crvena boja), Deponijski i kanalizacioni gas (svetlo plava), Solarna (žuta), Biogas (zeleni), Biomasa čvrsto stanje (siva) Vetar (narandžasta)

2.2 Energetski bilans Srbije

U strukturi planirane ukupne domaće proizvodnje primarne energije za 2016. godinu, OIE učestvuju sa 17% [3]. U ovoj strukturi najveće je učešće čvrste biomase 59%, zatim hidropotencijala 40%, dok biogas, energija vetra, sunca i geotermalna energija učestvuju sa manje od 1%. Međutim, u strukturi potrošnje (slika 3) vidi se da se iz OIE direktno koristi 12,7% biomase i zanemarljivih 0,1% geotermalne energije, dok se ostalo koristi indirektno za proizvodnju električne i toplotne energije.

NAPOMENA:

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

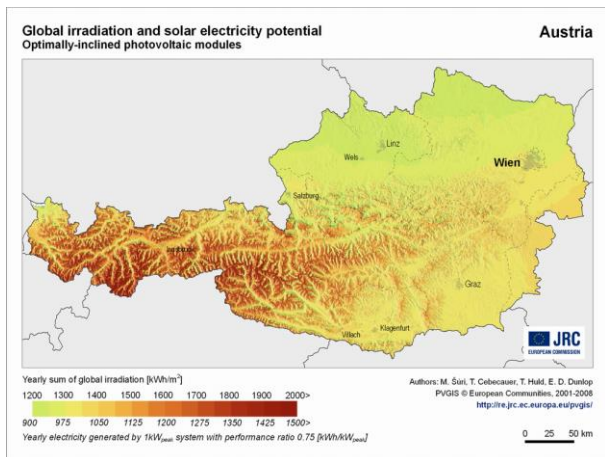


Slika 3. Struktura potrošnje energije u Srbiji [3].

3. SOLARNI ENERGETSKI POTENCIJAL

3.1. Solarni energetski potencijal Austrije

Austrija je srednjoevropska zemlja, a solarni energetski potencijal se kreće od oko 1.200 do 1.700 kWh/m². Na slici 4, prikazan je ovaj potencijal na bazi izveštaja PVGIS softvera JRC-a [4]. Visoko zračenje je u planinskom (Alpskom) delu države, ali je tamo i veća verovatnoća od oblačnog vremena, tako da je produkcija električne energije manja od očekivane. Ipak, u Austriji je do kraja 2015. god. instalirano 937,1 MWp solarnih fotonaponskih (FN) elektrana. Ovaj broj se daje uvećava obezbeđujući godišnju proizvodnju od 937,1 GWh (2015), odnosno redukciju emisije CO₂ od 787.126 tona [5].



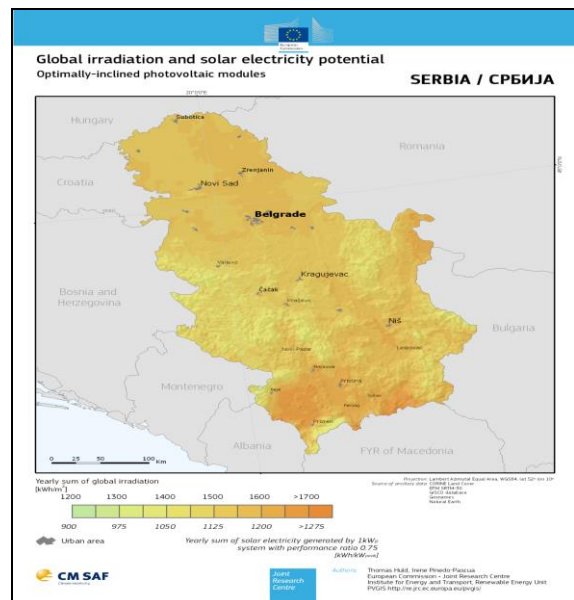
Slika 4. Solarni energetski potencijal Austrije [4].

3.2. Solarni energetski potencijal Srbije

Solarni potencijal Srbije nešto je bolji u odnosu na mogućnosti u Austriji i kreće se od 1.400 do 1650 kWh/m². Na slici 5, dat je PVGIS prikaz ovog potencijala [4]. Vidi se da je najpovoljnija situacija na jugu.

Na većem delu teritorije Srbije broj časova sunčevog zračenja znatno je veći nego u mnogim evropskim zemljama (između 1.500 i 2.200 časova godišnje). Prosečan intenzitet sunčevog zračenja na teritoriji Srbije se kreće od 1,1 kWh/m²/dan na severu do 1,7 kWh/m²/dan na jugu tokom januara, a od 5,9 do 6,6 kWh/m²/dan tokom jula. Na godišnjem nivou, prosečna vrednost energije zračenja iznosi od 1.200 do 1.550 kWh/m²/godišnje, dok u centralnom delu iznosi oko 1.400 kWh/m²/godišnje.

Instalirani kapaciteti za proizvodnju električne energije u Srbiji za 2016. god. iz solarnih elektrana iznosi svega 9,55 MW. Planirano korišćenje energije sunca u 2016. godini je 10,224 GWh, što je za 15% više u odnosu na 2015. godinu kada je iznosilo 8,869 GWh.



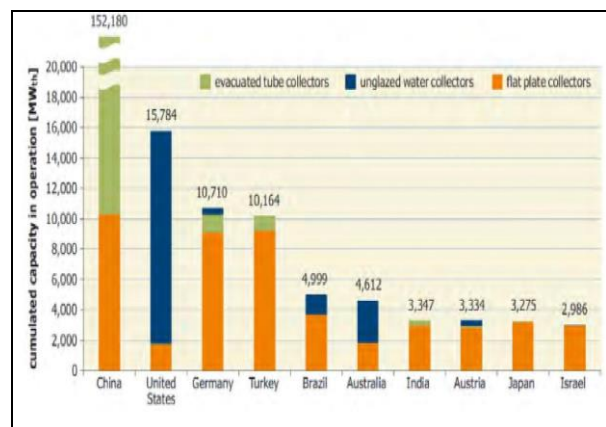
Slika 5. Solarni energetski potencijal Srbije [4].

4. PRIMENA SOLARNE ENERGIJE

Energija Sunca može se aktivno iskoristiti direktnim pretvaranjem u toplotnu pomoću solarnih kolektora (primenjuje se u domaćinstvima, ustanovama i sl. za zagrevanje vode), direktnim pretvaranjem u električnu energiju pomoću fotonaponskih (FN) ćelija (primenjuje se u obliku FN elektrana instaliranih na krovovima zgrada, kuća, sportskih hala, na tlu i sl.) i pretvaranjem u toplotnu, pa električnu energiju u solarnim termoelektoranama. U Austriji i Srbiji koriste se prva dva vida pretvaranja, dok za treći još uvek nema interesovanja.

4.1. Solarno grejni sistemi u Austriji

U Austriji se široko koriste solarni kolektori za kućne ili javne instalacije tople vode. Ukupno je instalirano čak 3,3 GW_{th} (2011), što Austriju stavlja na visoku osmu poziciju u svetu [6]. Na slici 6 prikazana je lista zemalja sa najvećim instaliranim snagama solarnih grejnih sistema. Prikazana su tri tipa solarnih kolektora: vakumski (*Evacuated tube*), vodeni-nepolirani (*Unglazed water*) i pločasti (*Flat plate*), a u Austriji je najzastupljeniji ovaj poslednji.



Slika 6. Instalirana snaga solarnih grejnih sistema u svetu [6].

4.2. FN sistemi u Austriji

Austrija široko koristi mogućnosti pretvaranja solarne energije u električnu. Osnovne karakteristike ovih (FN) sistema su (2016 god.):

1. Ukupno je instalirano oko 1 GW_p FN postrojenja, čime se pokriva oko 2% austrijskih potreba za električnom energijom;
2. Prosečna cena FN sistema je u proteklih 7 godina opala je za otprilike jednu trećinu. (-68%);
3. Oko 3.500 radnih mesta postoje u FN području;
4. 85% instaliranih FN postrojenja u Austriji 2014 godine su napravljeni kao postrojenja na krovovima, 2,4% su integrisani u krovove ili fasade, a 11,7% su objekti na zemlji;
5. Oko 115 MW FN modula su 2015 godine proizvedeni u Austriji. To je do sada najviša postignuta vrednost.

4.3. Solarni grejni sistemi u Srbiji

U Srbiji solarno grejni sistemi se uglavnom uz pomoć državnih investicija instaliraju na objektima koji su u državnom vlasništvu. Objekti na kojima se izgrađuju su bolnice, studentski i srednjoškolski domovi, bazeni i fiskulturne sale i ovi sistemi služe za zagrevanje sanitarne potrošne vode kao i za dogrevanje prostorija. Pored toga, poslednjih godina sve više individualnih domaćinstava postavlja ove instalacije na svoje krovove.

Do 2011. god. procenjuje se da je u Vojvodini instalirano oko 3.000 solarnih kolektora (u domaćinstvima, turizmu, ustanovama i dr.), što čini kapacitet od oko 3.500 kW_{th}.

Tehnički iskoristiv energetski potencijal za konverziju energije Sunca u toplotnu energiju (za pripremu tople vode i druge namene) je procenjen na 0,194 miliona ten godišnje uz pretpostavku primene solarnih termalnih kolektora na 50% raspoloživih objekata u zemlji.

4.4 FN sistemi u Srbiji

Razvoj primene FN sistema u Srbiji teče relativno sporo. Godine 2009. u sklopu državnih podsticaja (*feed-in* tarifa) raspisana je kvota dostupne snage od svega 5 MW, koja je 2013. godine povećana na 10 MW (4 MW za krovne FN sisteme, a 6 MW za sisteme na tlu) [3]. Iz „Strategije razvoja energetike Republike Srbije za period do 2025. godine sa projekcijama do 2030. godine“ može se videti da je planirani instalirani kapacitet FN sistema za dobijanje električne energije u iznosu od 100 MW (2025. god.), odnosno do 200 MW (2030. god.) [3]. Na osnovu trenutno raspoloživih kapaciteta elektroenergetskog sistema Republike Srbije za obezbeđenje tercijalne rezerve usvojeno je da je maksimalni tehnički iskoristiv kapacitet solarnih elektrana 450 MW, odnosno, a njihov tehnički iskoristiv potencijal iznosi 540 GWh/godišnje (0,046 Mtoe/godišnje).

Stanje instaliranih kapaciteta u Srbiji upravo prati propisane kvote, tako da ih trenutno ima blizu 10 MW solarnih elektrana u upotrebi [3].

4.5. Ostale mogućnosti primene

Solarna energija se uspešno može primenjivati i u građevinarstvu. U Austriji su preporučene mere za razvoj proizvodnje u području arhitekture i građevinski integrisanih FN sistema:

1. Smanjenje troškova i pojednostavljenje planiranja.
2. Jedinstvene norme.

3. Povećanje efikasnosti i povećanje iskorišćavanja energije.
4. Razvoj praktičnih sistema energetskog menadžmenta.
5. Pouzdanost i dugovečnost.

Za razliku od Austrije, u Srbiji su reakcije na ekološku i energetsku (ekonomsku) krizu u domenu arhitekture bile vrlo usporene. Ipak, u obrazovanju arhitekata uvode se (ili su već uvedena) znanja, koja im omogućuju projektovanje energetski efikasnih i pasivnih solarnih zgrada, a prve realizacije su već aktuelne u Novom Sadu, Beogradu i dr.

5. PODRŠKA PRIMENI SOLARNE ENERGIJE

Razvoj solarne energetike Austrije i Srbije u velikoj meri zavisi od državnih zakona, regulativa i podsticajnih mera (*feed in* tarifa). Kako je tehnologija solarnih kolektora i FN panela napredovala tako su se i podsticajne otkupne cene električne energije smanjivale.

5.1. Podsticajne mere u Austriji

Podsticajne mere za dobijanje električne energije iz FN sistema, koje važe za 2016 godinu su [7]:

- 1) Na objektima
 - do 5 kW_p u vidu investicionog dodatka za izgradnju ne većeg od 40% troškova izgradnje sistema i maksimalno u iznosu od 375 Eur/kW_p
 - od 5 kW_p do 200 kW_p iznosila je 8,24 ¢Eur/kWh
- 2) za sisteme koji nisu izgrađeni na objektima i snage veće od 20 kW_p podsticajne mere su ukinute

5.2. Podsticajne mere u Srbiji

U Srbiji su merama podsticaja podržane samo solarne FN elektrane i to u sve tri dosadašnje uredbe (2009, 2013, 2016.) [3]. Međutim, mere podrške su drastično smanjivane – od 23 ¢Eur/kWh u 2009. god. do 9 ¢Eur/kWh u 2016. god. (za FN elektrane na tlu), što ukazuje na manjak interesovanja za ovaj sektor OIE. U tabeli 1 prikazane su vrednosti podsticaja date u poslednje dve uredbe.

Tabela 1 – *Feed-in* tarife za solarne FN elektrane [3]

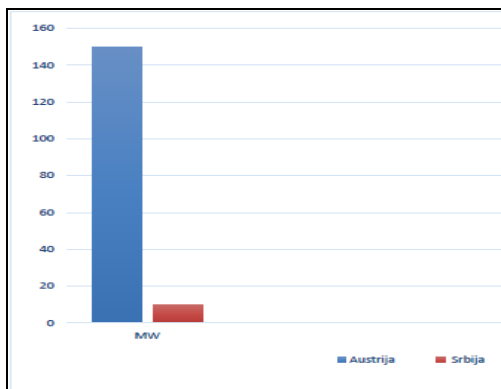
	Snaga elektrane	2013 ¢Eur/kWh	2016 ¢Eur/kWh
Solarne elektrane na objektu	Do 0,03 MW	20,66	od 12,2 do 14,52
Solarne elektrane na objektu	Od 0,03 do 0,5 MW	20,941	od 12,199 do 9
Solarne elektrane na tlu		16,25	9

6. POREĐENJE PRIMENE SOLARNE ENERGIJE

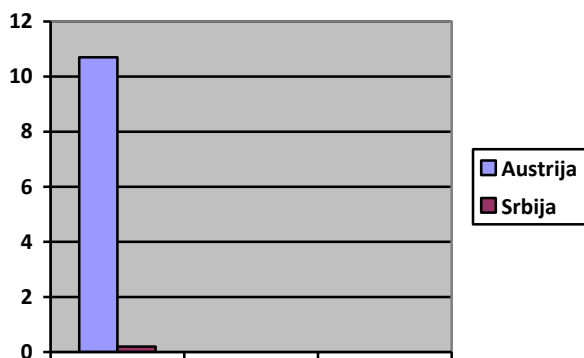
Kada se uporede razvijeni kapaciteti za korišćenje solarne energije u Srbiji i Austriji, može se zaključiti da je Srbija tek na samom početku i da se stvari odvijaju sporo. Na slici 7 vidi se poređenje po instaliranim kapacitetima do 2016. god., a na slici 8 poređenje po planovima do 2030. god. Vidi se ogromna razlika, koja se ni u narednoj deceniji neće smanjiti. To ukazuje da u ovom domenu Srbija ima velikog prostora za unapređenje, s obzirom na svoj znatno bolji solarni potencijal od Austrije. Značajno pojeftinjenje tehnologije, koje se desilo u prethodnih par godina, daje dodatne šanse za razvoj u ovom području.

7. ZAKLJUČAK

U ovom trenutku je za Srbiju opravdano podsticati korišćenje energije sunčevog zračenja za proizvodnju toplotne i električne energije u domenu domaćinstava, industrije i nekih grana poljoprivrede zbog manjih investicionih ulaganja. Takva politika bi, između ostalog, bila korisna i zbog razvoja domaće ekonomije, kao i upošljavanja stanovništva u oblasti čistih energija. Dugoročno gledano, budućnost je u FN tehnologiji i njenoj integraciji sa ostalim granama energetike.



Slika 7. Planirani instalirani FN kapaciteti za 2016.



Slika 8. Projekcija izgradnje FN sistema do 2030 u Austriji i Srbiji u GW.

Primena obnovljivih izvora energije u Srbiji može se dalje poboljšati ako se:

- bolje medijski promovise,
- nastavi sa detaljnijim istraživanjima potencijala obnovljivih izvora energije,
- umanje različite barijere za ozbiljnije investicije u energetske sisteme na bazi obnovljivih izvora energije,
- pojača dostupnost informacija o fondovima, uslovima i načinima korišćenja sredstava,
- unaprede finansijski uslovi podrške investitorima,
- podstaknu banke da ponude kvalitetnije bankarske uslove za OIE.

Obnovljivi izvori energije u Srbiji, ne uključujući hidroenergiju, daju manje od 1% ukupne potrebne energije. U budućnosti taj udeo treba znatno povećati, jer neobnovljivih izvora ima sve manje.

Planovi i strategija za razvoj austrijske solarne energetike mogla bi da posluži kao putokaz Srbiji u cilju što bržeg i efikasnijeg integrisanja u evropske programe.

Trebalo bi posebno favorizovati projekte tehnološkog razvoja koji se odnose na povezivanje FN sistema sa distributivnom mrežom u svetlu velike ekspanzije ovog već razvijenog načina proizvodnje električne energije u Evropi, i to u zemljama sa manje povoljnim klimatskim uslovima od Srbije.

Srbija spada u grupu zemalja čija potrošnja energije, naročito električne, nije previše racionalna, pa je potrebno dalje povećati interesovanje za obnovljive izvore energije (OIE) i omogućiti edukovanje stanovništva o značaju i prednostima energetske efikasnosti i korišćenju solarne energije. Posebno treba naglasiti ekonomski aspekt, ali i uticaj na očuvanje prirodne sredine.

U narednih nekoliko godina arhitektonski planovi i građevinska rešenja za nove zgrade u urbanim sredinama trebalo bi da koriste fasadne FN uređaje, a slična praksa bi se primenjivala i pri renoviranju starih. Fasadni FN sistemi bi trebalo da postanu obavezni deo građevinskog materijala.

Na osnovu dosadašnjeg izlaganja može se zaključiti da je energetska budućnost Srbije u obnovljivim izvorima energije.

8. LITERATURA

- [1] Gerhard Lang, "Austrian Energy Story", 13th October 2014, <https://www.slideshare.net/drsea/10-lang-gerhardaustrianenergystory141013>
- [2] Austria Solar, 2014 Quartalsweise Verkaufszahlenerhebung der Interessensvertretung Austria Solar, Wien, Österreich, Jänner 2014
- [3] Ministarstvo rudarstva i energetike Republike Srbije, Sektor za energetske efikasnost i obnovljive izvore, <http://www.mre.gov.rs/energetska-efikasnost-obnovljivi-izvori.php>
- [4] <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>
- [5] P.Biermayr et al., „Innovative Energietechnologien in Österreich Marktentwicklung 2015”, Wien, 2016.
- [6] F.Mauthner, W.Wiess, „Solar Heat Worldwide – Markets and contribution to energy supply 2011“, Edition 2013, International Energy Agency, 2013.
- [7] Energiestatus 2016 Bundesministerium fuer Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft

Kratka biografija:



Filip Petrović rođen je u Ljuboviji 1989. god. Master rad odbranio je 2016. godine na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetski sistemi.



Vladimir Katić rođen je u Novom Sadu 1954. god. Doktorirao je na Univerzitetu Beogradu 1991. god. Od 2002. god. je redovni profesor Univerziteta u Novom Sadu. Oblasti interesovanja su energetska elektronika, obnovljivi izvore električne energije, električna vozila i kvalitet električne energije.

OSNOVNI PRINCIPI I PRAVILA ASEIZMIČKOG PROJEKTOVANJA PREMA EVROKODU 8 I PROGRAMIRANO PONAŠANJE KONSTRUKCIJE**BASIC PRINCIPLES AND RULES FOR ASEISMIC DESIGN ACCORDING TO EUROCODE 8 AND CAPACITY DESIGN OF CONSTRUCTION**Igor Zubović, Đorđe Lađinović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

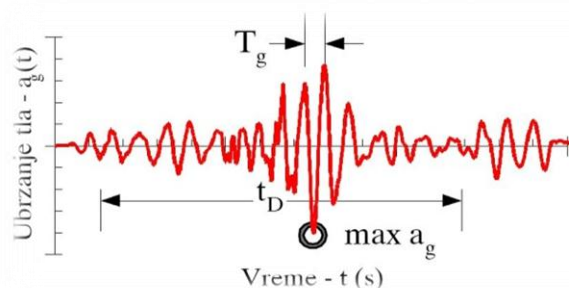
Kratak sadržaj – U radu je izložena analiza seizmičkog dejstva prema Evrokodu, programirano ponašanje konstrukcije, kao i osnovni principi i pravila aseizmičkog projektovanja.

Abstract – This paper presents a analysis of seismic actions according to Eurocode, capacity design and basic principles and rules for aseismic design.

Ključne reči: evrokod, seizmičko dejstvo, plastični zglobovi

1. UVOD

Do danas se raznim teorijama nastojalo objasniti koji su uzroci nastanka zemljotresa. Trenutno je najpoznatija i široko prihvaćena teorija tektonskih ploča. Prema toj teoriji Zemljina kora i gornji deo omotača nisu jedinstven deo, već su razlomljeni i sastoje se od 15 ploča debljine 50-150 km koje se međusobno pomeraju kao kruta tela. Usled pomeranja na granicama ploča u njihovoj blizini dolazi do velikih sila i naprezanja, a u trenutku kad se iscrpi nosivost materijala dolazi do naglih sudaranja kontinentalnih ploča, koji su uzrok nastanka zemljotresa. Zemljotres predstavlja kretanje tla usled naglih tektonskih poremećaja u delu zemljine kore-žarištu (hipocentar), na dubini H-žarišna dubina. U trenutku nastanka zemljotresa došlo je do pomeranja i samim tim do nastanka vibracija stene što uzrokuje nastajanje seizmičkih talasa. Vertikalna projekcija na površinu zemlje se zove epicentar. Rastojanje objekta od žarišta naziva se žarišno rastojanje. Rastojanje od epicentra do objekta predstavlja epicentralno rastojanje. Lokalna tla u kojima se mogu pojaviti likvefakcija ili klizište, nazivaju se dinamički nestabilnim tlom. Zemljotres izaziva prostorno kretanje temeljnog tla, koje se može opisati sa tri translacije i tri rotacije tla (šest stepeni slobode kretanja). U zoni epicentra obično su izražene sve komponente kretanja. Sa porastom epicentralnog rastojanja rotacije tla se obično mogu zanemariti, kao i vertikalna ubrzanja prilikom zemljotresa. Akcelerografi zapisuju ubrzanja tla (Slika 1). Najvažniji podatak je maksimalno ubrzanje tla $\max a_g$, jer od maksimalnog ubrzanja tla zavisi i kolika će biti maksimalna seizmička sila. Bitna su još dva podatka: frekventni sastav (predominantni period oscilovanja T_g i dužina trajanja jakog dela oscilacija- t_D [1] [2].



Slika 1. Karakteristike zapisa ubrzanja tla

Iz akcelerograma se vrlo jednostavno mogu proceniti stvarne seizmičke sile, ali se pri projektovanju ne smemo osloniti na jedan karakterističan zapis zemljotresa, jer se jedan isti zapis nikad nije ponovio. Dakle, treba uvek kombinovati više akcelerograma pri određivanju seizmičkih sila.

2. UTICAJNI PARAMETRI KONSTRUKCIJE NA STVARNI SEIZMIČKI ODGOVOR

Kod procene sigurnosti građevinskih konstrukcija na dejstvo gravitacionih opterećenja, najvažniji parametar konstrukcije je njena nosivost, dok je krutost značajna samo u vezi sa veličinom deformacija. Međutim, usled seizmičkog dejstva dolazi do pomeranja podloge, samim tim i do pomeranja oslonaca temelja. S obzirom da se radi o dinamičkom opterećenju i da se dopušta da konstrukcija usled dejstva seizmičkih sila iz linearne pređe u nelinearnu oblast, problem postaje interaktivan. Može se reći da ponašanje konstrukcije zavisi od: mase, nosivosti, krutosti, duktilnosti, prigušenja.

2.1 Masa konstrukcije

Seizmičko opterećenje, poput ostalih dinamičkih opterećenja, usled saopštavanja ubrzanja konstrukciji, odnosno masama konstrukcije, prouzrokuje pojavu inercijalnih sila. Pošto je veličina seizmičkih sila direktno proporcionalna masi, može se zaključiti da mala masa objekata izvedena u skeletnom sistemu u odnosu na druge sisteme predstavlja veliku pogodnost. Premda sistemi sa manjim masama imaju kraći osnovni period vibracija T , odnosno prema elastičnom spektru odgovora potpadaju u izglađeni deo spektra gde su dinamičke amplifikacije veće što indukuje veće seizmičke sile, prednost koja proizilazi smanjenjem inercijalnih sila je višestruka.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistakao je iz master rada čiji mentor je dr Đorđe Lađinović, red. prof.

2.2 Nosivost konstrukcije

Nosivost je definisana kao najveće opterećenje koje konstrukcija može da primi. Stvarna nosivost konstrukcije je po pravilu veća od one koja se prikazuje proračunom. Razlozi za to su, između ostalih, parcijalni koeficijenti sigurnosti na nivou mehaničkih karakteristika ugrađenih materijala; ugradnja minimalne količine armature u mnogim konstrukcijskim elementima koja može biti veća od proračunom potrebne količine armature; doprinos nekonstrukcijskih elemenata čija nosivost se obično ne uzima u obzir; matematički modeli se često zasnivaju na konzervativnim pretpostavkama; u višestruko neodređenim statičkim sistemima postoji mogućnost preraspodele sila u preseccima.

2.3 Duktilnost

Duktilnost predstavlja sposobnost postelastičnog deformisanja bez gubitka nosivosti. U opštem slučaju za neki bilinearan sistem sila-pomeranje, pod svojstvom duktilnosti, podrazumeva se odnos između maksimalnog mogućeg pomeranja i pomeranja na nekoj ekvivalentnoj granici elastičnog ponašanja. Zahtevana duktilnost je, pojednostavljeno rečeno, veličina nelinearnih deformacija koje se ostvare u toku zemljotresnog dejstva. Prema Eurokodu 8 postoje 3 klase duktilnosti: niska klasa duktilnosti (DCL), srednja klasa duktilnosti (DCM), visoka klasa duktilnosti (DCH). Seizmička otpornost konstrukcija može se postići na dva načina: velikom nosivošću, tako da objekat ostane praktično neoštećen u elastičnom području ili manjom nosivošću u kombinaciji s odgovarajućom duktilnosti kada se usled jakog zemljotresa očekuju oštećenja konstrukcije [3,4].

2.4 Krutost konstrukcije

Krutost je uz nosivost i duktilnost fundamentalni parametar koji bitno utiče na ponašanje konstrukcije. Osnovni periodi vibracija T su direktno zavisni od krutosti. Što je konstrukcija veće krutosti, njen period vibracije je kraći, a što je krutost manja, period vibracije je duži. Krutost zgrada bitno se menja tokom zemljotresa. Sa pojavom oštećenja, krutost se značajno smanjuje, a time se povećavaju sopstveni periodi. U praksi se često zanemaruje doprinos najvažnijih, nekonstrukcijskih, elemenata kao što su pregradni zidovi, zidovi ispune. Istraživanja pokazuju da se krutost konstrukcije može povećati i do pet puta ako se u obzir uzmu najvažniji nekonstrukcijski elementi. Ako se time, u proračunu pretpostavi nešto veća krutost konstrukcijskog sistema, tada će se dobiti jači projektni zapis, a u stvarnom potresu konstrukcija će pretrpiti manja oštećenja.

2.5 Prigušenje

Kod vibracija konstrukcija kojima se ne dovodi energija, amplitude vibracija se smanjuju s vremenom. To znači da se mehanička energija (kinetička i potencijalna) smanjuje i pretvara u druge oblike energije, pre svega u toplotnu. Pojava smanjivanja mehaničke energije zove se disipacija ili prigušenje, a sile koje se tome protive, zovu se sile prigušenja. Usled zemljotresnog dejstva prigušenje deluje povoljno na ponašanje konstrukcije jer smanjuje amplitude. Kod realnih konstrukcija uvek se javlja kombinacija različitih tipova prigušenja.

Radijacijsko prigušenje: za vreme vibracija konstrukcije, elastični talasi se šire po poluprostoru na kojem je konstrukcija temeljena. Taj način disipacije energije zove se radijacijsko prigušenje i zavisi od karakteristika tla i konstrukcije. Ovo prigušenje povećava se sa povećanjem krutosti konstrukcije, fleksibilnosti tla i sa dubinom temeljenja. Kod viših tonova vibracija dolazi do smanjivanja uticaja radijacijskog prigušenja.

Spoljno viskozno prigušenje: javlja se usled otpora medija (voda, vazduh) i zanemarljivo je u odnosu na ostale vidove prigušenja.

Viskozno prigušenje može preovladava u konstrukciji dok su vibracije u elastičnom području. Raste sa povećanjem frekvencije vibracija. Lako se matematički modelira, pa je često ekvivalent za druge tipove prigušenja kao što je histerezisno prigušenje.

Histerezisno prigušenje nastaje unutar materijala. Postaje dominantno pri velikim, neelastičnim deformacijama gde može biti značajno i jedan je od najbitnijih fenomena koji omogućavaju da konstrukcija bez rušenja preživi veoma jake potrese. Gubitak energije koji zavisi od veličine deformacija jednak je površini unutar histerezisne petlje u dijagramu sila-pomeranje pri svakom ciklusu oscilacija.

Prigušenja se modeliraju koeficijentima koji se dobijaju eksperimentalnim putem.

3. AKTUELNI KONCEPT PROJEKTOVANJA PREMA EVROKODU 8

Aktuelni koncept seizmičkog projektovanja se zasniva na:

- jednom nivou seizmičkog hazarda i
- silama

Seizmički hazard se može iskazivati preko povratnog perioda T_p , tj. preko verovatnoće pojave istog ili jačeg zemljotresa u životnom veku konstrukcije. Za uobičajene konstrukcije visokogradnje povratni period iznosi $T_p = 475$ godina.

Za određivanje ukupne seizmičke sile dopušta se upotreba računskog spektra odgovora normiranog na gravitaciono ubrzanje u zavisnosti od perioda vibracija konstrukcije. Ukupna seizmička sila F_b se dobija prema izrazu [1]:

$$F_b = S_d(T) \cdot W \quad (1)$$

Gde je:

F_b - ukupna seizmička sila

$S_d(T)$ - ordinata projektnog spektra odgovora za period vibracija T

W - ukupna težina konstrukcije

Ukupna težina konstrukcije (W) se dobija prema izrazu:

$$W = G_{k,j} + \psi_{E,i} \cdot Q_{k,i} \quad (2)$$

gde je:

$G_{k,j}$ - karakteristična vrednost stalnog opterećenja

$\psi_{E,i}$ - karakteristična vrednost povremenog opterećenja

$Q_{k,i}$ - parcijalni koeficijent za različita dejstva i predstavlja verovatnoću količine povremenog opterećenja koja će se naći na objektu u trenutku zemljotresa

Prema EN 1998, za usvojenu klasu duktilnosti, vrednost faktora redukcije koji se u EN 1998 naziva faktorom ponašanja q je konstantna vrednost. Da bi se izbegla

neelastična konstruktivna analiza pri projektovanju, kapacitet disipacije energije konstrukcije koji se ogleda kroz duktilno ponašanje njenih elemenata i (ili) drugih mehanizama, primenjuje se elastična analiza koja je zasnovana na spektru odgovora redukovanom u odnosu na elastični spektar odgovora - takozvanom projektnom spektru ubrzanja.

Faktor ponašanja q se određuje prema izrazu:

$$q = q_o \cdot k_w \geq 1,5 \quad (3)$$

gde je:

q_o - osnovna vrednost faktora ponašanja koja se bira u zavisnosti od klase duktilnosti (DCM ili DCH)

k_w - faktor koji uzima u obzir preovlađujuću vrstu loma konstruktivnih sistema sa zidovima

4. PROGRAMIRANO PONAŠANJE KONSTRUKCIJE

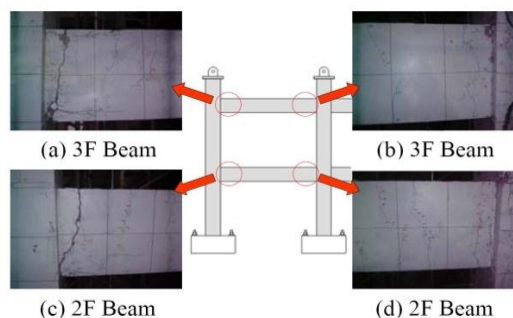
Konstrukcije pored proračunom dokazane sposobnosti za prihvatanje vertikalnih i horizontalnih opterećenja, moraju imati sposobnost trošenja zemljotresne energije. Da bi se to ostvarilo, potrebno je, pre svega konstrukcijskim merama osigurati duktilnost kako konstrukcije u celini, tako i na nivou preseka [5,6]. Prema EC8, na projektantu je da utiče da se disipacija zemljotresne energije odvija u delovima konstrukcije koji su za to najpogodniji. Koncept obezbeđenja pouzdanog (željenog) mehanizma pri zemljotresu prema EC8 se zove konceptom programiranog ponašanja (Capacity Design), a mesta predviđena za trošenje zemljotresne energije (kritična mesta) - plastični zglobovi. Koncept programiranog ponašanja prema EC8 se primenjuje samo za srednje i visoke klase duktilnosti konstrukcija (DCM i DCH) i obuhvata sledeće:

- definisanje plastičnog mehanizma konstrukcije i položaja plastičnih zglobova
- dimenzionisanje nosivosti plastičnih zglobova na proračunski dobijene momente savijanja na osnovu seizmičkog opterećenja definisanog propisima;
- usvajanje detalja armature plastičnih zglobova, broja i rasporeda šipki podužne armature elemenata uz obezbeđenje potrebne duktilnosti;
- proračun „realnih“ transvezalnih sila u presecima koje će se indukovati pri dostizanju kapaciteta nosivosti na savijanje plastičnih zglobova.
- sve elemente konstrukcije oko kritične zone, treba dimenzionisati na uticaje koji se u konstrukciji javljaju pri dostizanju kapaciteta nosivosti na savijanje plastičnih zglobova.

4.1 Fenomen nastanka plastičnog zgloba

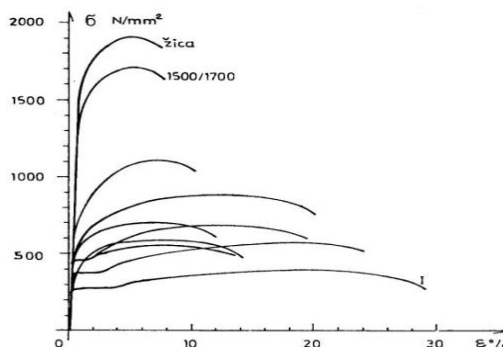
Na primeru izdvojenog dvospratnog armiranobetonskog rama bice prikazan nastanak plastičnih zglobova i njihova uloga na stabilnost i nosivost konstrukcije tokom trajanja zemljotresnog dejstva (Slika 2) [7].

Pošto se radi o okvirnom sistemu, zbog jednostavnosti, moguće je pretpostaviti da je momenat savijanja dominantan za stvaranje plastičnog zgloba. Pri malim opterećenjima (u početnoj fazi dejstva zemljotresa) konstrukcija se ponaša elastično - naprezanja i deformacije su proporcionalne opterećenju.



Slika 2. Formiranje plastičnih zglobova

U ovoj fazi dejstva zemljotresa energija koja se unosi u konstrukciju se manifestuje prsli-nama i manjim pukotinama u preseku grede. Kada zemljotres postaje jači, to dovodi do povećanja opterećenja u području najviše napregnutih preseka (kritično područje). Na primeru (Slika 2), kritično područje predstavlja presek gde se greda i stub spajaju. Presek prihvata prirast opterećenja do nivoa kada nosivost biva dostignuta. Prelaskom iz linearne u nelinearnu oblast, smatra se da je nastupio lom preseka, odnosno da se formirao prvi plastičan zglob. Iako je rečeno da se formiranjem plastičnog zgloba desio lom preseka, to ne znači da presek više nema nikakav uticaj na nosivost i stabilnost sistema. Oštećen presek će nastaviti da troši zemljotresnu energiju plastifikacijom čelika, koji ima svojstvo ojačanja nakon prelaska iz elastične u neela-stičnu oblast (Slika 3).



Slika 3. Dijagrami $\sigma - \epsilon$ pri monotonom opterećenju čelika

Po prestanku zemljotresa, celokupna zemljotresna energija je utrošena na pucanje betona i plastifikaciju armature u kritičnim presecima. Može se zaključiti da je poželjno imati veći broj mesta na kojima se može trošiti zemljotresna energija i da globalna sigurnost konstrukcije zavisi od sigurnosti kritičnih preseka, odnosno načina na koji su oni rešeni. Dakle, ako želimo da konstrukciju napravimo što sigurnijom, moramo konstruktivnim merama da omogućimo kritičnim presecima povoljno ponašanje na zemljotresno dejstvo. Te mere bi bile sledeće:

- prednost imaju betoni većih marki
- veća količina podužne armature u pritisnutoj zoni od one koja je zahtevana proračunom
- usvajanje veće količine poprečne armature,
- izborom čelika optimalne čvrstoće,
- primena zidova za ukrućenje,
- primena uređaja koji imaju svojstvo trošenja, zemljotresne energije-dampera i
- povećanje duktilnosti na nivou preseka

4.2 Mogući i poželjni mehanizmi loma

Poželjan mehanizam loma jeste onaj koji obezbeđuje najveći utrošak zemljotresne energije. Kao što je opisano u delu 5.1, čelik je taj koji ima presudnu ulogu u disipaciji zemljotresne energije. Stoga je neophodno kritične preseke, tzv. preseke plastičnih zglobova dimenzionisati tako da u njima dođe do maksimalnog iskorišćavanja čelika pre nego što dođe do pukotine po betonu ili izvijanja čelika, ili krajnje nepoželjnog, ali mogućeg, loma usled nedovoljnog sidrenja armature.

Svi ostali preseki konstrukcije moraju se dimenzionisati prema kapacitetu nosivosti preseka u području plastičnih zglobova. Lomove možemo posmatrati i sa aspekta naponsko-deformacijskog stanja, te ih u tom smislu podeliti na: lom usled savijanja, smicanja i lom nastao usled aksijane sile. Lomovi usled aksijalne sile, što može biti slučaj u stubovima nižih etaža je nedopustiv jer dovodi do neminovnog kolapsa cele konstrukcije.

Lomovi smicanjem su takode nepoželjni, jer nam sigurnost elementa nakon nastanka pukotine ostaje na trenju betona, što višestruko degradira otpornost elementa, odnosno konstrukcije. Najpoželjniji su lomovi usled savijanja. Pored toga što se koncept bazira na izboru kritičnih područja, u jednom dugačkom iterativnom postupku EC8 pokušava da spreči nepoželjne vrste loma prema naponskom stanju.

Prema EC8 da bi se ostvario poželjan mehanizam loma, potrebno je pri projektovanju odabrati smer sume nosivosti momenata savijanja stubova prema momentu nosivosti grede na njihovom spoju prema izrazu:

$$\sum M_{Rc} \geq 1.3 \sum M_{Rb} \quad (4)$$

Gde je:

$\sum M_{Rc}$ - suma nosivosti momenata savijanja stubova
 $\sum M_{Rb}$ - suma nosivosti grede na spoju sa stubom

U Tabeli 1 je prikazan odnos sume momenta nosivosti u stubu i sume momenta nosivosti grede na spoju sa stubom.

Tabela 1- Odnos $\sum M_{Rc} / \sum M_{Rb}$ prema različitim propisima

Pravilnik	$\sum M_{Rc} / \sum M_{Rb}$
EC8	1,3
Novi Zeland	1,5 – 2,0 (2,4)
USA (ACI 318 - 99)	$\geq 1,2$ (90%) ; 2,0 (visoka vreovatnoća)

5. ZAKLJUČAK

Tendencija propisa jeste da se seizmička pouzdanost konstrukcije osigurava prvenstveno dobrim detaljima i konceptom konstrukcije, a manje složenim numeričkim analizama. Svi napredni propisi, pa i EC8, se baziraju na metodi redukcije seizmičke sile. Međutim, postoje manje nelogičnosti kako do kraja primeniti koncept programiranog ponašanja. Naime, iako ideja odlično zvuči, neophodno je nastaviti unapređenja.

Kako se propisi baziraju delom na eksperimentima, treba podržavati iste. Nemoguće je odupreti se utisku koliki je ekonomski uticaj u seizmičkoj analizi danas. Za očekivati je da u bliskoj budućnosti primena bazne izolacije u vidu dampera smatra uobičajenom. O dejstvu zemljotresa još uvek ne znamo dovoljno. Međutim, ako se konstrukcija konceptualno dobro „postavi“, uz odgovarajući balans između nosivosti i duktilnosti iskustveno se pokazalo da je moguće odupreti se dejstvu jakih zemljotresa.

6. LITERATURA

- [1] CEN-EN 1998 – 1: Eurocode 8, Design of structures for earthquake resistance
- [2] Prof. dr. Đ.Lađinović, Analiza konstrukcija zgrada na zemljotresna dejstva; FTN Novi Sad, 2004.
- [3] Prof. dr. B. Petrović, Odabrana poglavlja iz zemljotresnog građevinarstva, Građevinska knjiga, Beograd 1989. godina
- [4] Vanja Alender, Projektovanje seizmički otpornih armiranobetonskih konstrukcija – Deo A i deo B
- [5] Farzad Naeim, The Seismic Design Handbook, 2nd edition
- [6] Ivan Tomičić, Modeliranje seizmički otpornih armiranobetonskih okvira, 2003. godina
- [7] 14th World Conference on Earthquake Engineering, Beijing – China 2008.

Kratka biografija:



Igor Zubović rođen je u Jajcu 1984. god. Diplomski-Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo - Konstrukcije - Seizmička analiza konstrukcija odbranio je 2017..god.



Prof. dr. Đorđe Lađinović rođen je 6. marta 1956. god. u Šidu. Diplomirao na Građevinskom odseku FTN u Novom Sadu 1980. god. iz oblasti Teorija konstrukcija i Betonske konstrukcije. 2002.godine odbranio doktorsku disertaciju u Novom Sadu. Naučna i stručna oblast rada kojom se bavi je Teorija konstrukcija, a u okviru nje analiza konstrukcije pri linearnom i nelinearnom ponašanju, razvoj numeričkih modela i seizmička analiza.

ANALIZA SPREGNUTIH STUBOVA PREMA EVROKODU 4 I PROJEKAT POSLOVNE ZGRADE U SPREGNUTOJ IZVEDBI

ANALYSIS OF COMPOSITE COLUMNS ACCORDING TO EUROCODE 4 AND PROJECT OF COMPOSITE CONSTRUCTION OF A BUSINESS BUILDING

Miloš Radojčić, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – Rad sadrži dva dela. Prvi deo je teorijskog karaktera i obrađuje proračun i konstruisanje spregnutih stubova prema evropskom standardu za spregnute konstrukcije – Evrokod 4, dok je drugi deo praktičnog karaktera i u njemu je prikazan proračun poslovne zgrade koja je dimenzionisana i izvedena kao spregnuta konstrukcija.

Abstract – This thesis contains two parts. First part is theoretical and includes design and construction details of composite columns according to European Norms for composite constructions – Eurocode 4. Second part is practical and includes project of a business building that is designed and built as a composite construction.

Ključne reči: Spregnute konstrukcije, spregnuti stubovi, poslovna zgrada, statički proračun, dinamički proračun, Evrokod 4

1. UVOD

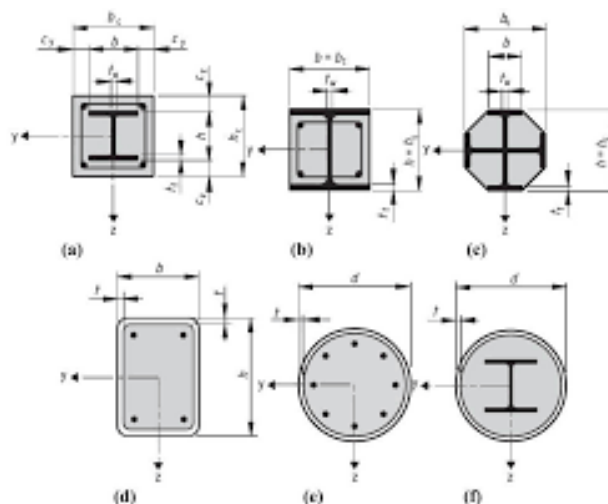
U prvom delu rada je obrađen proračun i dimenzionisanje spregnutih stubova prema Evrokodu 4 kao i ponašanje stubova pri dejstvu požara i seizmičkom dejstvu. Drugi deo rada predstavlja projekat poslovne zgrade dimenzija 32,5 x32,5 m ,koja se sastoji od prizemlja i 5 spratova, koja je izvedena kao konstrukcija čiji su glavni konstrukcijski elementi spregnute ploče, spregnute grede i spregnuti stubovi. Objekat se nalazi na Novom Beogradu.

2. ANALIZA SPREGNUTIH STUBOVA PREMA EVROKODU 4

2.1. Opšte o spregnutim stubovima

Prema Evrokodu 4, spregnuti stub je definisan kao linijski spregnuti konstrukcijski element, formiran sprežanjem armiranog betona i čelika izložen uglavnom pritisku ili pritisku i savijanju. Spregnuti stubovi se uopšteno mogu podeliti na tri osnovne grupe:

- Spregnuti stubovi sa ubetoniranim čeličnim profilima (slika 1a)
- Spregnuti stubovi sa delimično ubetoniranim čeličnim profilima (slike 1b, 1c)
- Spregnuti stubovi od šupljih čeličnih profila ispunjenih betonom (slike 1d, 1e, 1f)



Slika 1: Najčešći tipovi spregnutih stubova

Kao što se vidi na slici 1f, stubove koji se sastoje od šupljeg čeličnog profila punjenog betonom možemo da ojačavamo umetanjem još jednog čeličnog profila, čime dodatno povećavamo nosivost,takođe čelični deo preseka služi uslovno kao oplata u koju se izliva sveža betonska masa. Na osnovu ispitivanja stubova različitih poprečnih preseka sprežanjem čelika I betona u formiranju stubova postiže se veća nosivost u odnosu na čelične stubove istih dimenzija, čime se postiže ušteda u materijalu, takođe oblaganjem čeličnog dela preseka betonom , značajno se povećava otpornost stubova na dejstvo požara

2.2. Opšti principi proračuna

Proračun spregnutih stubova se bazira na sledećim dvema pretpostavkama:

- Između čeličnog i betonskog dela preseka postoji potpuno sadejstvo po čitavoj dužini stuba, tj. Spregnuto dejstvo sve do loma
- Preseci nakon deformacije ostaju ravni

Da bi zadovoljio uslove postavljene u Eurocode 4, spregnuti stub mora da zadovolji uslov

$$0,2 \leq \delta \leq 0,9 \tag{1}$$

U izrazu (1) δ predstavlja koeficijent doprinosa čelika i dat je izrazom:

$$\delta = \frac{A_a \cdot f_{yd}}{N_{pl,Rd}} \tag{2}$$

U ovom izrazu A_a predstavlja površinu čeličnog profila, f_{yd} računsku granicu razvlačenja čelika, a $N_{pl,Rd}$ plastičnu otpornost poprečnog preseka. Plastična otpornost

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Srđan Kisin.

poprečnog preseka predstavlja zbir pojedinačnih plastičnih otpornosti čelika, betona i armature u poprečnom preseku.

Za proračun nosivosti spregnutog stuba Eurocode 4 propisuje opštu i uprošćenu metodu proračuna. Koja će se od njih primenjivati zavisi od konkretnog objekta kao i od mogućih zahteva investitora, pri čemu jasno, opšta metoda daje tačnija rešenja ali je donekle složenija od uprošćene metode za primenu u svakodnevnoj građevinskoj praksi.

2.2. Opšta metoda proračuna

Ova metoda razmatra stubove nesimetričnog ili promenljivog poprečnog preseka. U obzir se uzimaju uticaji drugog reda, geometrijske imperfekcije, lokalnu nestabilnost, tečenje i skupljanje betona, prsline u betonu, kao i nelinearno ponašanje materijala.

Proračun zahteva da element bude u stanju stabilne ravnoteže pri najnepovoljnijoj kombinaciji opterećenja. Budući da se tri materijala u spregnutom preseku ponašaju prema različitim nelinearnim odnosima, direktna analiza poprečnog preseka nije moguća. Zbog toga se koristi iterativni M-N- ϕ postupak za svaki presek. U kojoj meri će se uzimati u obzir uticaji drugog reda zavisi od sagledavanja kompletne slike opterećenja spregnutog stuba i konstrukcije u čijem je sastavu odnosno utvrđivanja u kom pravcu može doći do loma i gubitka stabilnosti konstrukcije.

2.2. Uprošćena metoda proračuna

Ova metoda proračuna predstavlja pogodan postupak za proračun spregnutih stubova koji se najčešće primenjuje u praksi jer je jednostavnija za primenu, međutim njena primena je ograničena, naime da bi se ova metoda mogla koristiti potrebno je da stub bude dvoosno simetričan i konstantnog poprečnog preseka. Analiza nosivosti preseka se vrši primenom teorije plastičnosti, dok se analiza nosivosti i stabilnosti stuba kao celine vrši teorijom elastičnosti.

2.2.1. Nosivost poprečnog preseka pri aksijalnom pritisku

Nosivost pri aksijalnom pritisku potpuno plastifikovanog preseka jednaka je zbiru odgovarajućih nosivosti pojedinih komponenti preseka:

$$N_{pl,Rd} = A_a \cdot f_{yd} + \alpha \cdot A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot f_{sd} \quad (3)$$

U datom izrazu A_a , A_c i A_s predstavljaju površine preseka čeličnog profila, betona i armature (respektivno), dok f_{yd} , f_{cd} i f_{sd} predstavljaju njihove računске čvrstoće. Koeficijent α predstavlja parametar koji redukuje čvrstoću betona u zavisnosti od tipa spregnutog preseka. Za šuplje kružne profile ovaj koeficijent ima vrednost 1,0, a za sve ostale 0,85.

2.2.2. Nosivost spregnutog stuba pri aksijalnom pritisku

Dokaz nosivosti spregnutog stuba pri aksijalnom pritisku se svodi na zadovoljenje uslova koji zahteva da proračunska vrednost normalne sile N_{Ed} ne bude veća od nosivosti spregnutog preseka redukovanog faktorom χ za odgovarajući oblik krive izvijanja u funkciji relativne vitkosti ili prikazano formulom:

$$N_{Ed} = \chi \cdot N_{pl,Rd} \quad (4)$$

Za proračun kritične sile izvijanja spregnutog stuba, najjednostavnija pretpostavka je da je krutost štapa konstantna duž štapa. Efektivna krutost na savijanje $(EI)_{eff}$ poprečnog preseka spregnutog stuba oko glavnih osa z ili y jednaka je sumi odgovarajućih krutosti čeličnog profila, armature i betona. Za kratkotrajno opterećenje, ova krutost je formulisana sledećim izrazom:

$$(EI)_{eff} = E_a \cdot I_a + E_s \cdot I_s + K_e \cdot E_{cm} \cdot I_e \quad (5)$$

2.2.3. Nosivost poprečnog preseka pri aksijalnom pritisku i jednoosnom savijanju

Kada u spregnutom preseku pored aksijalne sile pritiska deluje i momenat savijanja u jednoj osi, tada se nosivost pri aksijalnom pritisku $N_{pl,Rd}$ smanjuje. Ponašanje ekscentrično opterećenog stuba se može opisati pomoću interakcionog dijagrama, koji prikazuje redukciju otpornosti na aksijalni pritisak sa porastom momenta savijanja, odnosno vezu između otpornosti na pritisak $N_{pl,Rd}$ i otpornosti na savijanje $M_{pl,Rd}$.

2.2.4. Nosivost spregnutog stuba pri aksijalnom pritisku i jednoosnom savijanju

Ovde se radila analiza izdvojenog spregnutog stuba opterećenog proračunskom normalnom silom N_{Ed} i proračunskim momentima savijanja na krajevima $M_{Ed,1}$ i $M_{Ed,2}$. Analiza je pre svega usmerena na proveru stabilnosti.

Da bi stub imao zadovoljavajuću nosivost, mora biti zadovoljen sledeći uslov:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,N,Rd}} = \frac{M_{Ed}}{\mu_d \cdot M_{pl,Rd}} \leq \alpha_M \quad (6)$$

U izrazu (6) M_{Ed} označava najveću proračunsku vrednost momenta u stubu, $M_{pl,N,Rd}$ proračunsku vrednost plastičnog momenta savijanja uzimajući u obzir aksijalnu silu N_{Ed} , μ_d faktor za proračun elementa opterećenog pritiskom i savijanjem, a α_M koeficijent koje je jednak 0,9 za čelike od S235 do S355 i 0,8 za čelike kvaliteta od S420 do S460.

2.2.5. Nosivost spregnutog stuba pri aksijalnom pritisku i dvoosnom savijanju

Za stub izložen aksijalnom pritisku i dvoosnom savijanju vrši se provera nosivosti za svaku ravan savijanja. Imperfekcije se uzimaju u obzir za onu ravan za koju se smatra da će doći do otkazivanja. Uslovi koji moraju biti zadovoljeni da bi stub imao zadovoljavajuću nosivost su:

$$\frac{M_{y,Ed}}{\mu_{dy} \cdot M_{pl,y,Rd}} \leq \alpha_{M,y} \quad (7)$$

$$\frac{M_{z,Ed}}{\mu_{dz} \cdot M_{pl,z,Rd}} \leq \alpha_{M,z} \quad (8)$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{\mu_{dy} \cdot M_{pl,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{\mu_{dz} \cdot M_{pl,z,Rd}} \leq 1,0 \quad (9)$$

Oznake y i z u indeksima u izrazu (9) označavaju odgovarajuću ravan savijanja.

2.2.6. Ponašanje spregnutih stubova pod dejstvom visokih temperature izazvanih požarom

Uopšteno posmatrano spregnuti stubovi se bolje ponašaju pri požarnom dejstvu od čeličnih, prvenstveno usled betonskog dela preseka kojii dodatno stabilizuje I

omogućava zadržavanje prvobitne forme stuba odnosno smanjuje neumitne deformacije.

Pri proračunu uticaja usled požara Evrokod upućuje na korišćenje teorije drugog reda. Pri proračunu kapaciteta nosivosti momenta savijanja koristimo se sledećim izrazom

$$M_{0,Ed} = (N_{f,Ed}/N_{f,Rd}) \times \alpha_m \times M_{o,Rd} \quad (10)$$

Osim ranije definisanih veličina ovde se javlja I koeficijent α_m koji zavisi od kvaliteta iskorišćenog čelika I iznosi:

- $\alpha_m = 0,9$ za čelike kvaliteta S235,S275,S355
- $\alpha_m = 0,8$ za čelike kvaliteta S420 I S460

Suštinski ovaj koeficijent se uvodi da bi se smanjio kapacitet savijanja spregnutog stuba usled betonskog dela poprečnog preseka koji smanjuje mogućnost savijanja I njime je uzeta u obzir kompletna plastična otpornost na savijanje preseka.

2.2.7 Ponašanje spregnutih stubova pri izloženosti seizmičkim dejstvima

Da bismo odredili ponašanje nekog tipičnog spregnutog stuba projektovanog po evropskim propisima potrebno je pravilno proceniti mogućnost lokalnog deformisanja preseke u kojima je realno očekivati da će se javiti najveći uticaji usled seizmičkog opterećenja. Eksperimentalna ispitivanja pokazuju da duktilnost stuba opada

- sa povećanjem aksijalnog opterećenja
- sa povećavanjem iskorišćenosti napona u čeliku
- vrstom betona (koja ograničava njegova duktilna svojstva)
- vitkosti čeličnog preseka (kod otvorenih profila obloženih betonom)

3. PROJEKAT POSLOVNE ZGRADE U SPREGNUTOJ IZVEDBI

3.1. Tehnički opis

Projektovani objekat se nalazi na Novom Beogradu. Dimenzije objekta u osnovi su 39,5x 39,5m, pri čemu je dispozicija objekta tako koncipirana da se u sredini nalazi slobodan prostor koji omogućava prirodno osvetljenje. Objekat se sastoji od prizemlja iznad kojeg se nalazi pet identičnih etaža, ukupne visine 21,33 m iznad kote terena. Međuspratne konstrukcije se nalaze na kotama +5,00m; +8,00m ;+11,00m ; +14,00m; +17,00m; +20,00m, pri čemu je usvojeni dopušteni pritisak tla 0,2 MPa.

Upotrebljeni materijali za izgradnju osnovne konstrukcije su čelik S355, beton C25/30, lakoagregatni beton LC25/28 i armatura B500B.

Temelj objekta je armiranobetonska ploča debljine 30 cm koja se oslanja na armiranobetonske grede b/h=50/80 cm koje se pružaju po glavnim osama objekta odnosno u pravcu pružanja stubova prizemlja.

Konstrukcija objekta je u spregnutoj izvedbi, sa rasterom stubova približno 4,0x4,0 m, čime je efikasno rešen relativno nepravilan oblik osnova objekta po etažama. Stubovi objekta su spregnuti, I na osnovu nekoliko iterativnih proračuna u program ETABS usvojeni su identični stubovi po etažama u vidu čeličnih šupljih kvadratnih profila dimenzija 320x320x16 mm ispunjenih

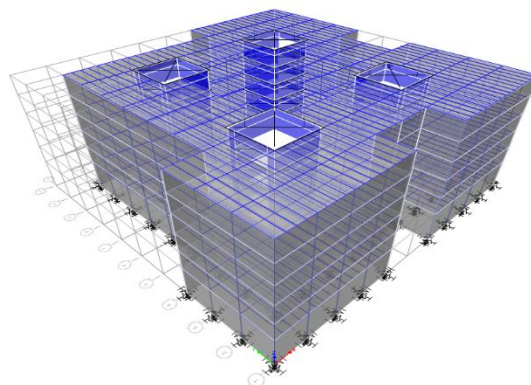
betonom C25/30. Stubovi su dodatno ojačani sa četiri armaturne šipke prečnika 14 mm.

Međuspratna konstrukcija na objektu je spregnuta ploča u vidu čeličnog profilisanog lima Hi-Bond 55.750 i betona C25/30. Međuspratna ploča je dalje spregnuta sa prethodno montiranim glavnim, podužnim i sekundarnim gredama u nivou sprata.

Glavne grede su dimenzionisane u rasponu od HE200 do HE320 pri čemu je po etažama usvajana svaka pojedinačna greda kao optimalno rešenje za najnepovoljniju kombinaciju očekivanih uticaja. Kako su rasponi spregnutih ploča relativno mali, za sekundarne grede je svugde usvojen isti profil HEA 200.

Krovnu konstrukciju čini spregnuta ploča koja se sastoji od čeličnog profilisanog lima Hi-Bond 55.750 i betona LC25/28. Ukupna debljina ploče je 130 mm.

Veza glavnih greda i stubova je ostvarena zavarivanjem, podužnih greda i stubova je ostvareno preko ugaonika L80x80x8 zavarenog za stub i ojačanog limom za ukrućenje sa donje strane, koji predstavlja papuču za podužnu gredu koja je spojena zavrtnjevima za ugaonik. Veza između sekundarnih i glavnih greda je ostvarena putem ugaonika L80x80x8 koji su zavareni u radionici za sekundarni nosač i spojeni na licu mesta zavrtnjevima sa glavnim nosačem. Upotrebljeni su zavrtnjevi M20 k8.8 za veze u nivou sprata i M16 k8.8 za veze u nivou krova.



Slika 2: izgled modela objekta u program ETABS

3.2. Analiza opterećenja

Definisanje korisnog opterećenja i opterećenja snegom i vetrom je urađeno prema Eurocode 1, seimičko opterećenje je definisano prema Eurocode 8 i određeno metodom spektralne analize, dok je kombinovanje slučajeva opterećenja urađeno prema Eurocode 0. Korišćeni softver ETABS ima u bazi podataka sve pomenute evropske propise te su I vrednosti iz ovih propisa implementirane automatski u proračun.

Opterećenje od radnika i opreme za vreme izgradnje objekta iznosi 1,5 kN/m².

Korisno opterećenje je definisano prema Eurocode 1 i iznosi 5,0 kN/m² (u ovo opterećenje je uračunato i opterećenje od pregradnih zidova).

Opterećenje snegom na krovnu krovnu konstrukciju je uzeto kao 1,0 kN/m².

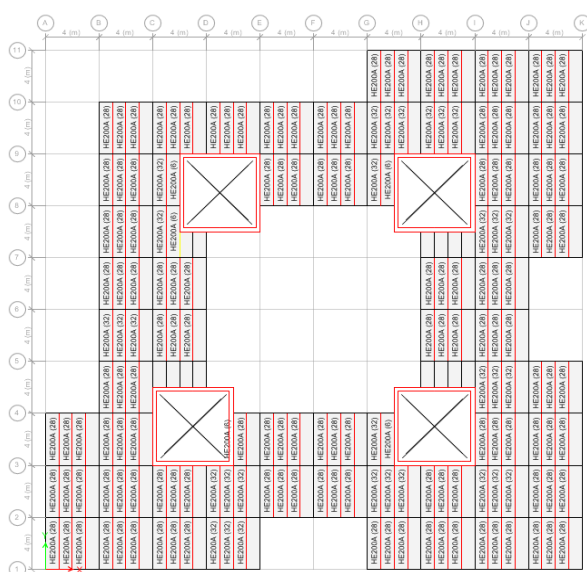
Opterećenje vetrom je urađeno prema Eurocode 1 i sračunato u softveru za brzinu vetra od 19 m/s (za lokaciju Novi Beograd) i kategoriju terena II.

Analiza opterećenja usled seizmike je urađena prema Eurocode 8, metodom spektralne analize i automatski generisana u softveru.

Kombinovanje slučajeva opterećenja je urađeno prema pravilima datim u Eurocode 0.

3.3. Dimenzionisanje elemenata

Spregnuta ploča je dimenzionisana za granično stanje nosivosti i granično stanje upotrebljivosti, za slučaj čeličnog lima koji služi kao oplata za sveže izliveni beton i za slučaj spregnute ploče nakon očvršćavanja betona. Ploča je nepoduprta tokom izgradnje i smatra se prosto oslonjenom na svojim krajevima. U gornjoj zoni ploče je postavljena armaturna mreža Q188.



Slika 3. Dimenzionisanje sekundarnih greda u programu ETABS

Spregnute grede su dimenzionisane prema najnepovoljnijoj kombinaciji i rasporedu opterećenja. Proračunom je dobijen procenat iskorištenosti greda, kao i broj moždanika za svaki tip greda. U područijim negativnih momenata savijanja proračunata je dodatna armatura u betonskim flanšama.

Stubovi su dimenzionisani na osnovu ručno definisanih 8 tipova stubova ne bi li se došlo do najoptimalnijeg rešenja, i nakon nekoliko iteracija došao do krajnjeg rešenja tako da su svi stubovi u objektu dimenzionisani kao spregnuti stub ispunjen betonom(marke C25/30) dimenzija 320 x320x16mm, armiran armaturom B500B.

Dimenzionisanje temeljne ploče i temeljnih greda je urađeno u programu TOWER6, pri čemu sam analizirao grede u grupama ispod ramova obeleženim rednim brojevima od 1 do 12 da bih dosao do određene unifikacije rešenja.

Detalji veza su jednim delom obrađeni u program ETABS koji je verifikao da predviđene veze zadovoljavaju zahteve nosivosti za prenos svih maksimalnih uticaja. Uz ove izveštaje urađena je i ručna provera izabranih veza (koristeći se jednim delom šablonima napravljenim u Excelu radi bržeg računa) ne bi li se došlo do preciznije predstave o vezama

4. ZAKLJUČAK

U teorijskom delu je prikazana analiza spregnutih stubova iz koje se može zaključiti da spregnuti stubovi predstavljaju veoma efikasan konstruktivni element I osim ekonomske efikasnosti, u određenoj meri se njihovom upotrebom prevazilaze ograničenja u projektovanju koja se javljaju kod projektovanja klasičnih armiranobetonskih ili čeličnih stubova. U drugom delu rada prikazan je proračun poslovne zgrade, gde je nakon određivanja očekivanih uticaja izračunatih prema svemu u skladu sa Evropskim normama urađeno i dimenzionisanje svih elemenata pri čemu je glavna ideja bila da se dođe do najoptimalnijeg rešenja za sve elemente.

5. LITERATURA

- 1) EN 1994-1-1:2004 Evrokod 4, Proračun spregnutih konstrukcija od čelika i betona, Deo 1-1: Opšta pravila i pravila za zgrade; Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 2006.
- 2) Biljana Deretić –Stojanović; Šerif Dunica “Otpornost materijala, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu 2008”
- 3) Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures- Part 1-1: General rules and rules for buildings, 2004 CEN
- 4) Journal of Zhejiang University Science A 2013 Vol.14 No 11 P.778-788
- 5) Journal of South African Institution of Civil Engineering ISSN 2309-8775
- 6) „Behaviour of composite members subjected to Earthquake loading“ A.Y.Elghazuli; P.J.Dowling, Imperial College London, UK, ISBN 90 5410 0605

Kratka biografija:



Miloš Radojčić rođen je u Beogradu 19.9.1988 godine. Gimnaziju završava u Staroj Pazovi. Oktobra 2010. godine upisuje Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu. Oktobra 2014. stiče zvanje diplomirani građevinski inženjer na odseku za konstrukcije. Master rad na Fakultetu Tehničkih Nauka iz oblasti spregnutih konstrukcija odbranio je u decembru 2016. godine.

PROCENA STANJA, SANACIJA I REKONSTRUKCIJA DOMA KULTURE U VIŠNJIĆEVU**ASSESSMENT, REHABILITATION AND RECONSTRUCTION OF THE HOUSE OF CULTURE IN VIŠNJIĆEVO**Biljana Jovanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast - GRAĐEVINARSTVO**

Kratak sadržaj- U ovom radu prikazana je procena stanja i rekonstrukcija zidane zgrade Doma kulture u Višnjicevu. U prvom delu rada je obrađen teorijski deo u vezi sa materijalom koji je korišćen za rekonstrukciju krovnog nosača, a to je lepljeno lamelirano drvo-LLD. U drugom delu rada prikazani su rezultati detaljnog vizuelnog pregleda objekta i data je ocena stanja sa aspekta: nosivosti, stabilnosti, trajnosti i funkcionalnosti. Analizom uočenih oštećenja došlo se do zaključka da stabilnost i nosivost nisu ugrožene, ali trajnost i funkcionalnost jesu ugrožene. Pošto se objekat sastoji iz dva potpuno odvojena dela, u delu gde se nalazi svečana sala, dat je predlog mera sanacije sale i rekonstrukcije krovne konstrukcije, zbog promene namene u fizikulturnu salu. Za drugi deo objekta dat je predlog sanacije međuspratne konstrukcije.

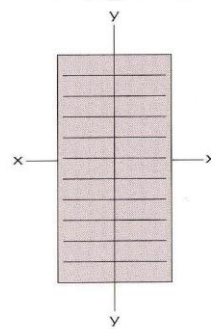
Abstract- This paper presents an assessment and reconstruction measures of the of masonry buildings "House of Culture" in Visnjicevo. The first part is the theoretical part. This part is about materials used for the reconstruction of the roof rack, made of glued laminated wood- GLW. The second part of this paper presents results of a detailed visual inspection of this facility, also shows the assessment that was made in terms of carrying capacity, stability, durability and functionality. With the analyzed of damage, it can be concluded that stability and carrying capacity are not threatened but durability and functionality are threatened. As this object consist of two completely separate parts, for part where is auditorium it is proposed reconstruction of roof construction because auditorium changed use into gym. For the second part of this object it is proposed recovery of ceiling.

Ključne reči: Sanacija, Rekonstrukcija, Procena stanja

1. LEPLJENO LAMELIRANO DRVO - LLD

Lepljeno lamelirano drvo je građevinski materijal dobijen od tankih drvenih elemenata-dasaka postavljenih jedno preko drugih, slepljenih u međusobno spojenim ravnima određenim vrstama lepkova i predstavlja najčešće štapni element praktično neograničenih dimenzija poprečnog preseka i dužine (Slika 1).

Ovako dobijen materijal ima mehaničke karakteristike ujednačenije od karakteristika drveta



Slika 1. Izgled lepljenog lameliranog drveta

1.1. Tehnološki proces proizvodnje lepljenog lameliranog drveta

Rezana četinarska građa podjednake širine i visine poprečnih preseka, prinudnim putem osušena u sušarama, sa procentom vlage od 10% do 14%, nastavljena podužnim zupčastim spojem u element potrebne dužine naziva se **lamelom**.

Ovako oblikovane lamele se obostrano rendišu kako bi se dobile besprekorno ravne površine i potpuno ujednačila njihova debljina. Ređanjem lamela jedne preko druge, uz predhodno nanošenje sloja lepila po dodirnim ravnima i poprečnim utezanjem po posebnom tehnološkom postupku, dobija se greda čija dužina odgovara dužinama lamela, širina širini lamela, a visina poprečnog preseka je proizvod broja lamela i debljine jedne lamele (Slika 2).



Slika 2. Postavljanje lepka na rezane daske

Stežanje laminata se obavlja od sredine prema krajevima. Veličina pritiska ($30-90 \text{ N/cm}^2$) zavisi od visine paketa i od vrste drveta. Meko drvo od 30 do 60 N/cm^2 , a tvrdo drvo od 60 do 90 N/cm^2 .

NAPOMENA:

Ovaj rad je proistekao iz master rada čiji mentor je bila dr. Mirjana Malešev, red. prof.

Odležavanje lamela pod pritiskom traje dok lepak ne postigne 80% čvrstoće. Vremenski to iznosi 6-8 sati. Zatim se vrši demontiranje stezača i kondicioniranje nosača (min 24 h).

1.2. Zaštita i održavanje lepljenog lameliranog drveta

U pripremi građe, sušenjem veštačkim putem u sušarama, kada se vlažnost drveta svodi na neophodni minimum, stvara se takva sredina u kojoj, iako su postojali bilo kakvi oblici živih parazita ili mikroorganizama, ne može doći do razvoja gljivica i mikroorganizama, ni insekata, koji su inače glavni uzročnici propadanja drveta.

Razna impregnaciona sredstva, premazi i lakovi, koji se danas upotrebljavaju kao oplemenjivači drveta, štite ga u isto vreme i od novih napada insekata i gljivica, a uspešno sprečavaju povećanje vlažnosti drveta u sredinama gde je vlažnost nestalna ili povišena, pa je i ovaj treći uzrok propadanja drveta sveden na minimum.

Konstrukcije od Lepljenog Lameliranog Drveta mogu se smatrati daleko sigurnijim i bezbednijim na požar u eksploataciji od objekata od drugih materijala. Isto tako, nikakve posebne protivpožarne mere, osim ustaljenih, se ne moraju preduzimati da bi se konstrukcija zaštitila od delovanja vatre.

Neophodno je da se izvedu minimalni poprečni preseći, koji garantuju sigurnost u požaru za određeni period, što je i novim propisima predviđeno. Najzad sanacija drvenih objekata posle gašenja požara je jednostavan građevinski zahvat, što kod objekata od drugog materijala nije slučaj.

2. STRUČNI DEO RADA

Nezaobilazan sadržaj svakog sela u Srbiji, pa tako i Višnjićeva je “Dom kulture”, koji je smešten u samom centru sela (Slika 3). Osnovan je i sagrađen u obnovi zemlje nakon II svetskog rata, dobrovoljnim radnim akcijama, 1958. godine i njegova osnovna delatnost je organizovanje kulturno-prosvetnog i zabavnog života u selu. U sklopu Doma kulture se nalaze: velika sala za svečanosti i kulturna dešavanja kao što su “Dani Filipa Višnjića” koji se održavaju svake godine, seoska kafana, dom penzionera i lokali kao što su prodavnica, Pošta Srbije, frizerski salon, magacini...



Slika 3. Izgled “Doma kulture” u Višnjićevu

3. OPIS OBJEKTA

Selo Višnjićevo se nalazi u zapadnom Sremu, pokrajini Vojvodini i nalazi se u blizini graničnih prelaza sa Republikom Hrvatskom i Bosnom i Hercegovinom. Objekat je smešten u samom centru sela u ulici

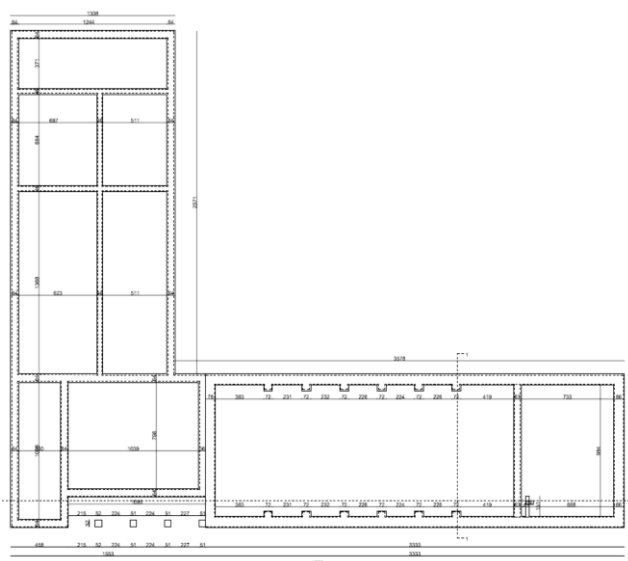
Železnička u Višnjićevu, u neprosednoj blizini reke Bosut i mosta koji premošćava tu reku.

3.1. Konstrukcija objekta

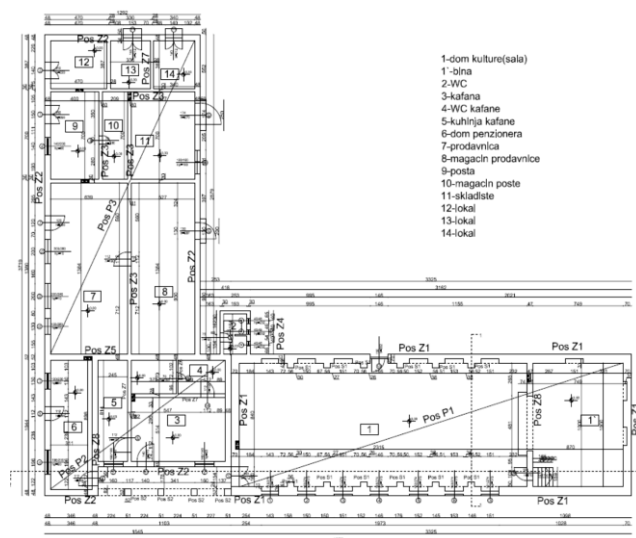
Objekat je izveden masivnim sistemom gradnje, sa nosećim zidovima i stubovima od opeke dimenzija 25x12x6,5cm i drvenom međuspratnom tavanicom dp=30cm.

Objekat se sastoji iz dva potpuno zasebna dela pravougaonog oblika, prvi deo objekta, koji predstavlja salu, je dimenzija 33,25 x11,4 m u osnovi, a drugi deo objekta sa pratećim sadržajem je dimanzija 37,19x 15,45m u osnovi.

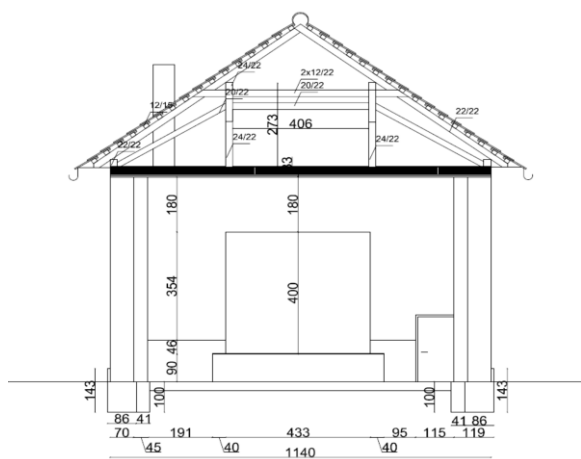
Konstruktivni sistem u sali je masivni sistem sa nosećim podužnim zidovima i pilasterima, dok u drugom delu noseću konstrukciju čine podužni i poprečni zidovi i stubci. Na slikama 4, 5 i 6 prikazane su osnove i karakteristični preseći zgrade.



Slika 4. Osnova temelja



Slika 5. Osnova prizemlja



Slika 6. Poprečni presek kroz salu

4. PROCENA STANJA OBJEKTA

4.1. Procena stanja zidova, stubaca i pilastera

U delu objekta gde se nalazi prateći sadržaj, prilikom izgradnje postavljena je hidroizolacija zidova, pa nema oštećenja u zidovima i stubcima koji potiču od podzemne vode. Postoje samo mehanička oštećenja i ljuaskanje fasade.

U sali prilikom izgradnje nije postavljena horizontalna hidroizolacija, pa najveći deo oštećenja zidova i pilastera potiče od podzemne vode u vidu kapilarne vlage (Slika 7). Najčešća oštećenja zidova u ovom objektu su:

- vlaga,
- krunjenje
- ljuaskanje zidova i pilastera.



Slika 7. Vlaga, ljuaskanje i krunjenje maltera u zidovima i pilasterima sale

4.2. Procena stanja međuspratne konstrukcije

Međuspratna konstrukcija je izgrađena od drvenih greda i zapunjena izolacijom od blata i slame. Ukupna debljina ove tavanice iznosi 30 cm. Vizuelnim pregledom tavanice i sa gornje i sa donje strane, ustanovljeno je da su drveni noseći elementi tavanice u dobrom stanju i da nema oštećenja usled delovanja štetnih insekata. Jedina evidentirana oštećenja su sa donje strane tavanice, odnosno plafona, usled procurivanja atmosferske vode. Takođe, treba napomenuti da je krovni pokrivač na više mesta oštećen i da dolazi do kvašenja međuspratne tavanice, što u budućnosti može izazvati oštećenja nosećih grednih elemenata tavanice (Slika 8).



Slika 8. Atmosferilije na međuspratnoj tavanici

4.3. Ocena stanja objekta

Analizom uočenih oštećenja na celokupnom objektu zaključeno je da funkcionalnost i trajnost jeste ugrožena, dok nosivost i globalna stabilnost nije ugrožena.

- **Noseći zidovi, kao i pilasteri**, u delu objekta gde se nalazi svečana sala imaju izražena oštećenja koja potiču od vlage, koja mogu ugroziti funkcionalnost i trajnost objekta, ali nosivost i stabilnost nije ugrožena.

- **Noseći zidovi i stubci drugog dela objekta**, imaju izražena mehanička oštećenja koja ne ugrožavaju stabilnost i nosivost, ali funkcionalnost i trajnost može biti ugrožena.

- **Drvena međuspratna tavanica iznad celog objekta**, ima takva oštećenja da ne ugrožavaju nosivost i stabilnost, međutim u slučaju zemljotresa zbog fleksibilnih tavanica i nepostojanja horizontalnih serklaža, stabilnost objekta može biti narušena. Takođe može biti ugrožena i funkcionalnost i trajnost.

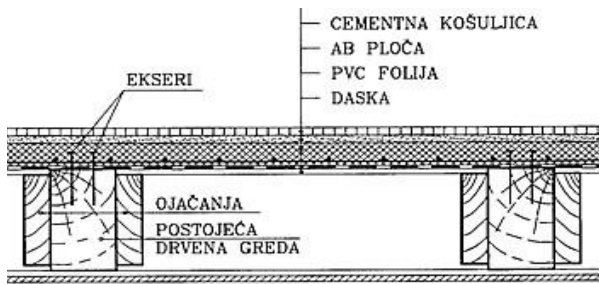
- **Krovna konstrukcija** je kruta drvena konstrukcija u zadovoljavajućem stanju i nisu ugrožena stabilnost, nosivost i funkcionalnost, dok je trajnost ugrožena zbog krovnog pokrivača koji je u lošem stanju.

5. PREDLOG SANACIONIH MERA

5.1. Predlog sanacionih mera dela objekta sa pratećim sadržajem

Postupak sanacije ovog dela objekta obuhvata:

1. Pretres krovnog pokrivača, biber crepa, promena i dopuna oštećenog
2. Ojačanje drvene međuspratne konstrukcije, sprežanjem postojećih greda i nove AB ploče. Ova sanacija se izvodi sukcesivnim betoniranjem AB ploča po sistemu "ploča na ploču" uz istovremeno izvođenje horizontalnih serklaža u visini međuspratne tavanice (Slika 9)
3. Popravka mehaničkih oštećenja u zidovima
4. Ponovno malterisanje fasade
5. Postavljanje novih olučnih instalacija



Slika 9. Ojačanje drvene međuspratne konstrukcije sa AB pločom

5.2. Predlog sanacionih mera za salu

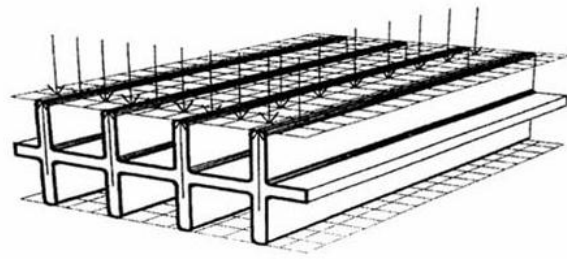
Postupak sanacije ovog dela objekta obuhvata:

1. Izradu horizontalne hidroizolacije presecanjem obodnih zidova sale
2. Rekonstrukciju drugog dela objekta, koji treba da se pretvori u svlačionicu i pravljenje otvora u zidu i postavljanje vrata koja će povezati svlačionicu i salu.
3. Betoniranje podne ploče
4. Zidanje dodatnih pilastera za potrebe krovne konstrukcije
5. Tavanski prostor osposobiti da se dobije mala sala za gimnastiku i kancelarija za nastavnika:
 - uklanjanje krovnog pokrivača, kao i uklanjanje celokupne krovne konstrukcije
 - uklanjanje drvene međuspratne tavanice i ispune blato-slama
 - postavljanje novih lamerilanih drvenih greda za konstruisanje međuspratne tavanice, povezivanje i postavljanje lameliranih lučnih krovnih nosača, da bi se dobio sistem luk sa zategom
 - betoniranje AB ploče i horizontalnih serklaža
 - pokrivanje lučnog krova tegolom, postavljanje hidroizolacije, paronepropusne brane, zatim postavljanje lamperije između lukova
 - postavljanje slojeva poda na AB ploču
6. Pravljenje novog drvenog stepeništa u sali, za povezivanje prizemlja sa potkrovljem
7. Popravljanje mehaničkih oštećenja u zidovima
8. Rušenje spoljašnjeg sanitarnog čvora
9. Postavljanje toplotne izolacije, postavljanje ETICS fasade
10. Postavljanje novih olučnih instalacija

5.2.1. Izrada horizontalne hidroizolacije presecanjem obodnih zidova sale

Noseći obodni zidovi i stubci u sali zidani su bez horizontalne izolacije, pa zbog velike visine pozemne vode, kapilarna vlaga u tim zidovima je osnovni problem. Visina kapilarne vlage dostiže 2,5m. Saniranje ovih zidova vršiće se presecanjem zidova i postavljanjem hidroizolacije pomoću HIO-tehnologije. HIO-tehnologija je metoda trajne zaštite od kapilarne vlage koja potpunim presecanjem zidova ne ugrožava stabilnost objekta. Vlažni zidovi se presecaju, bez obzira na njihovu debljinu, ultrabrzim dijamantskim reznim alatima u malim etapama, bez vibracija i potresa.

U tako napravljene rezove injektira se pumpom pod visokim pritiskom specijalna masa kroz koju se kao nova hidroizolacija, jedna za drugom utiskuju HIO-master šine (Slika 11).

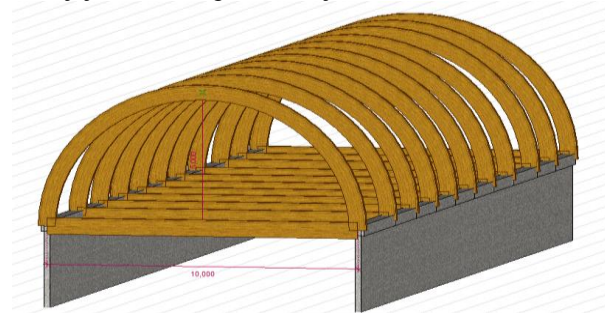


Slika 10. Izgled HIO-master šine

5.2.2. Sanacija i rekonstrukcija potkrovlja sale

U potkrovlju sale rekonstrukcijom je predviđena mala sala za gimnastiku i nastavničke prostorije.

Kompletna krovna konstrukcija je promenjena i novu krovnu konstrukciju činiće 11 lukova sa zategom od lepljenog lameliranog drveta (Slika 11) sa lakim krovnim pokrivačem- tegola. Tavanicu čine zatege luka na koje se oslanjaju betonske ploče debljine 14 cm.



Slika 11. Luk sa zategom na sali

6. LITERATURA

- [1] Malešev M., Radonjanin V., (autorizovana skripta), Trajnost i procena stanja betonskih konstrukcija, Novi Sad 2014.
- [2] Malešev M., Radonjanin V., (autorizovana skripta), Sanacije betonskih konstrukcija, Novi Sad 2014.
- [3] Grupa autora : Beton i armirani beton , prema BAB 87, knjiga 1 i 2, Univerzitetska štampa , Beograd, 2000.
- [4] Kočetov T.:(materijal sa predavanja) , Drvene konstrukcije, Novi Sad, 2010.
- [5] www.google-maps.com, preuzeto 23.12.2015.
- [6] www.gradnja.rs, preuzeto 23.3.2016.
- [7] www.old.ikvcentar.com , preuzeto 5.5.2016.
- [8] www.haro-sportski-podovi.com, preuzeto 9.7.2016.
- [9] www.knaufinstalation.rs, preuzeto 31.7.2016.

Kratka biografija:



Biljana Jovanović rođena je 7. marta 1989. godine u Sremskoj Mitrovici. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti građevinarstva –Modul konstrukcije - Procena stanja i sanacija konstrukcija odbranila je 2016. godine.

PROCENA STANJA I SANACIJA KLISANSKOG MOSTA U NOVOM SADU**ASSESSMENT AND REPAIR OF KLISA'S BRIDGE IN NOVI SAD**

Mladen Bubanj, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – Rad se sastoji iz dva dela. Prvi deo je teorijskog karaktera i obrađuje temu grednih i okvirnih mostova. U okviru praktičnog dela rada izvršena je procena stanja i kontrolni proračun predmetnog mosta, i dat je predlog sanacionih mera.

Abstract – This paper contains two parts. The first part is theoretical and deals with beam and frame bridges. The practical part of this paper shows the assessment of condition of bridge, control static analysis of the bridge, and potential rehabilitation interventions.

Ključne reči: most, procena stanja, oštećenja, sanacione mere, ojačanja

1. UVOD

Beton, i pored svojih karakteristika koje ga čine trajnim materijalom, podleže raznim oštećenjima. Iz tog razloga betonske konstrukcije je neophodno pregledati u određenim vremenskim periodima, i prema potrebi ih sanirati.

U teorijskom delu rada prikazane su karakteristike grednih i okvirnih sistema mostova, sa nekim primerima mostova izgrađenih u Srbiji. U praktičnom delu rada analiziran je most preko kanala DTD u sklopu Sentandrejskog puta u Novom Sadu, izgrađen 1964. godine. Na osnovu vizuelnog pregleda i kontrolnog proračuna predložene su mere sanacije ovog mosta.

2. GREDNI I OKVIRNI SISTEMI MOSTOVA**2.1. Gredni sistemi mostova**

Kod grednih sistema mostova greda je odvojena od stubova, a prenos opterećenja se vrši preko ležišta. Mogući statički sistemi su prosta greda, Gerberov nosač i kontinualni nosač. Materijali koji se koriste pri građenju ovih mostova su armirani i prednapregnuti beton, čelik sa ili bez sprežanja i drvo. Grede se izvode sa paralelnim pojasevima, ili se dodaju vute kod oslonaca radi povećanja visine poprečnog preseka. Nivelete ovih mostova mogu biti u ravnom ili kosom pravcu u odnosu na horizontalnu ravan, ili u konkavnoj i konveksnoj krivini. Prema obliku poprečnog preseka gredni mostovi mogu biti: pločasti, rebrasti i sandučasti.

Neizostavni elementi su dilatacione spojnice, kojima se ostvaruje spoj trupa puta i mosta u gornjem delu.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Mirjana Malešev, red.prof.

2.2. Okvirni sistemi mostova

Integriranjem mostova u jedinstvenu celinu spajanjem grede i stubova zglobnim i krutim vezama formiraju se okvirni sistemi.

Na ovakav način se izostavljaju ležišta i dilatacione spojnice, koje se usled oštećenja kod grednih sistema mostova moraju zameniti. Pored toga, sa krutim vezama momenti savijanja u gredi prostih ramova i pogotovu u krajnjim poljima višebrodnih ramova se umanjuju, što utiče na dimenzionisanje. Takođe, prednost ovih sistema je u preraspodeli uticaja gde se elementi konstrukcije međusobno „pomažu“.

2.3. Primeri mostova izgrađenih u Srbiji

Pešački armiranobetonski gredni most preko reke Lepenice u Kragujevcu je prikazan na slici 1. Izgrađen je 1927. godine. Statički sistem ovog mosta je prosta greda raspona 34,0 m.



Slika 1. Pešački most preko reke Lepenice

Premošćavanje Dunava na auto-putu Beograd-Novi Sad-Subotica kod Beške, slika 2, je obezbeđeno sa dva paralelna mosta. Prvi je izgrađen 1975. godine i predstavljao je evropskog rekordera u dostignutom rasponu grednih mostova od prednapregnutog betona od 210 m. Paralelni most istog izgleda je sagrađen 2011. godine, čime je upotrebljivost auto-puta upotpunjena.



Slika 2. Most kod Beške

Varadinski most se nalazi u Novom Sadu i spaja Petrovaradin sa jezgrom grada. Sagrađen je 2000. godine na rečnim stubovima prethodnog mosta koji je srušen 1999. godine prilikom bombardovanja naše zemlje. Sastoji se iz dve prelazne i jedne glavne konstrukcije. Greda glavne konstrukcije mosta je čelična, statičkog sistema kontinualnog nosača na tri polja raspona 87,0+130,0+87,0 m. Poprečni presek je sandučasti, a kolovozna ploča je ortotropna. Varadinski most je prikazan na slici 3.



Slika 3. *Varadinski most*

Brankov most u Beogradu preko reke Save predstavlja čeličnu kontinualnu gredu na tri polja raspona 75,0+261,0+75,0 m. Sagrađen je u vidu nadoknade ratne štete 1956. godine. Greda mosta je izvedena u obliku rebrastog poprečnog preseka kojeg čine dva I nosača. Zbog povećanja gustine saobraćaja 1979. godine je proširen gradnjom paralelnog mosta. Krajnji rasponi ovog mosta su nešto veći, a poprečni presek je sandučastog oblika. Brankov most je prikazan na slici 4.



Slika 4. *Brankov most*

Most Gazela preko reke Save je najprometniji beogradski most, slika 5. Sagrađen je 1970. godine i nalazi se u sklopu auto-puta. Greda glavne konstrukcije mosta je ukupne dužine 332 m i podupreta je kosnicima.



Slika 5. *Most Gazela*

3. PROCENA STANJA KLISANSKOG MOSTA

Predmet rada je Klisanski most preko kanala DTD na Sentandrejskom putu u Novom Sadu. Izgrađen je kao što je već pomenuto 1964. godine. Do današnjeg dana na njemu nisu izvođeni ozbiljniji sanacioni radovi. Izgled mosta je prikazan na slici 6.

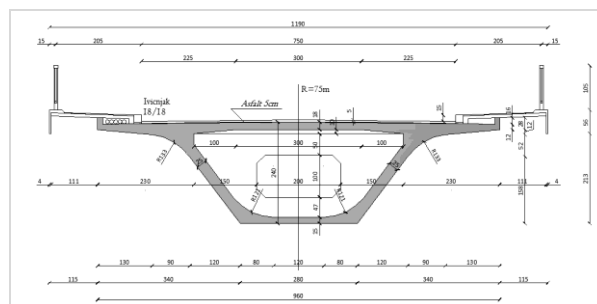


Slika 6. *Izgled Klisanskog mosta*

3.1. Tehnički podaci o mostu

Klisanski most je višefunkcionalan. Posедуje dve saobraćajne trake, dve pešačke staze, i instalacionu cev koja prolazi kroz trup mosta. Spada u grupu pravih mostova, pri čemu se njegova osovina nalazi pod uglom od $56^{\circ}42'$ u odnosu na osovину kanala. Sastoji se od glavne konstrukcije, koja sadrži dva obalna i dva rečna stuba fundirana pomoću bunara. I prelaznih konstrukcija sa obe strane mosta, koje povezuju glavnu konstrukciju sa navozima. Ukupna dužina mosta iznosi 197,0 m.

Statički sistem glavne konstrukcije mosta je dvozglojni ram sa prepustima oslonjenim na pokretna ležišta. Dužine raspona iznose 45,6+81,8+45,6m. Konstruktivni materijal grede glavne konstrukcije mosta je prednapregnuti beton, a rečnih i obalnih stubova armirani beton. Karakteristični poprečni presek je sandučastog oblika visine 240,0 cm, slika 7. Sastoji se od gornje kolovozne ploče debljine 18,0 cm, donje ploče debljine 15,0 cm i zakošenih rebara širine 25,0 cm. Ova širina rebara se segmentno menja prema rečnim stubovima i dostiže najveću širinu od 40,0 cm. Greda glavne konstrukcije mosta je ukrućena poprečnim nosačima na svakih 6,69 m, tako da kolovozna ploča predstavlja kontinualnu krstasto armiranu ploču. Idući prema rečnim stubovima visina poprečnih preseka se linearno povećava pomoću zakošenih vuta, čime kod rečnih stubova dostiže najveću vrednost od 350,0 cm.



Slika 7. *Karakteristični poprečni presek grede mosta*

Pešačke staze su montažne ploče širine 100,0 cm i dužine 202,0 cm, obložene montažnim vencima na svojim krajevima. Obuhvatajući i njih ukupna širina mosta iznosi 11,90 m.

Prelazne konstrukcije su statičkog sistema proste grede raspona 10,5 m, oslonjene na stubove. Poprečni presek je istih dimenzija kao karakteristični poprečni presek grede glavne konstrukcije mosta. Prostor ispod njih je obostrano zatvoren krilnim zidovima.

3.2. Procena stanja mosta

U okviru procene stanja izvršen je detaljan vizuelni pregled svih elemenata konstrukcije mosta. Uočeni defekti kao posledica nepravilnog izvođenja su:

- Nedovoljna debljina zaštitnog sloja betona
- Segregacija (neadekvatno zaptivanje oplata)
- Rupičasta površina (mehurići zarobljenog vazduha uz oplatu)

Uočena oštećenja su:

- Pukotine u asfaltu
- Korozija zaštitne čelične ograde
- Ljuštenje i otpadanje zaštitnog sloja betona usled dejstva mraza
- Prsline, ljuštenje i otpadanje zaštitnog sloja betona usled korozije šipki armature
- Otpadanje ivica i uglova betonskih elemenata
- Prsline na spoju krilnih zidova i stubova prelaznih konstrukcija
- Mehaničko oštećenje na rečnom stubu nastalo udarom plovnog objekta

Ono što prvo zapada za oko su mnogobrojni tragovi slivanja vode na gredi glavne konstrukcije mosta. Razlog ovome su kratke i oštećene ispusne cevi slivnika, i pukotine u asfaltu na spojevima montažnih ploča pešačkih staza kroz koje dopire voda do grede mosta. Takođe, dilatacione spojnice propuštaju vodu, koja se dalje sliva na betonska ležišta i obalne stubove glavne konstrukcije mosta.

Pešačke staze su u lošem stanju. Nosivost im je narušena, što se ogleda u ljuštenju i otpadanju zaštitnog sloja betona usled korozije armature sa donje strane montažnih ploča, slika 8. Takođe, upotrebljivost je najblaže rečeno, nezadovoljavajuća jer je asfalt na spojevima montažnih ploča ispucao, a na nekoliko mesta su vidljive i rupe.



Slika 8. Montažne ploče pešačkih staza sa donje strane

Na gredi glavne konstrukcije mosta iznad obalnih stubova je vidljiva korozija šipki armature i kotvi za prednaprezanje kablova. Razlog se može tražiti u nedovoljnoj debljini zaštitnog sloja betona i u učestalom slivanju vode preko betonske površi. Ovo oštećenje je prikazano na slici 9.



Slika 9. Korodirale šipke armature i korozija kotvi

Kako je već pomenuto, betonska ležišta i obalni stubovi su izloženi slivanju vode. Što je, pored nedovoljne debljine zaštitnog sloja betona, razlog za koroziju armature i ljuštenje i otpadanje zaštitnog sloja betona na ovim elementima, slika 10.



Slika 10. Oštećenja na betonskom ležištu i obalnom stubu

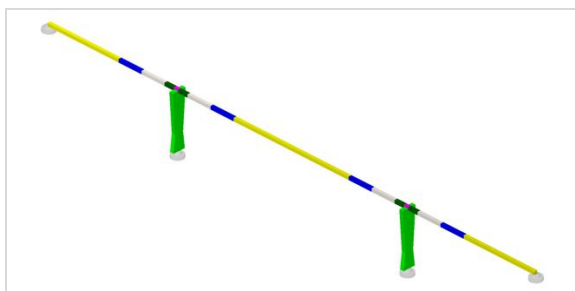
Na rečnom stubu sa novosadske strane je uočeno oštećenje u vidu otpadanja zaštitnog sloja betona i korozije iskrivljenih šipki armature. Ovo oštećenje je najverovatnije nastalo kao posledica udara plovnog objekta.

Između stubova i krilnih zidova prelaznih konstrukcija se protežu vertikalne prsline, u najvećim širinama od 2,0 mm.

3.3. Proračun konstrukcije mosta

Proračun uticaja u elementima konstrukcije je izvršen korišćenjem specijalizovanog programa za strukturalnu analizu – Radimpex Tower 7.0. Za proračun su uzeta opterećenja prema važećem pravilniku za opterećenja drumskih mostova iz 1991. godine, i prema dopuni tog pravilnika za korisna opterećenja iz 2012. godine. Analizirana je nosivost grede i rečnih stubova glavne konstrukcije mosta, i nosivost kolovozne ploče kao posebnog elementa.

Prilikom proračuna glavne konstrukcije mosta greda je modelirana skokovitog poprečnog preseka, a rečni stubovi kao elementi promenljivog poprečnog preseka. Usvojen kvalitet betona za gredu je MB 50, a za rečne stubove MB 45. Na slici 11, prikazan je proračunski model glavne konstrukcije mosta.



Slika 11. Proračunski model glavne konstrukcije mosta

Prema teoriji dopuštenih napona vrednosti normalnih napona od kosog savijanja u presecima grede glavne konstrukcije mosta uzrokovanih stalnim opterećenjem, korisnim opterećenjem i dejstvom vetra su u granicama dopuštenih. Prema teoriji graničnog stanja loma količina armature u rečnim stubovima je dovoljna za ovu kombinaciju opterećenja.

Glavna konstrukcija mosta nije projektovana na uticaje od udara plovnog objekta. Iz tog razloga za istovremene uticaje od stalnog opterećenja, korisnog opterećenja i udara plovnog objekta preseki kako grede tako i rečnih stubova nemaju potrebnu nosivost, tako da je predloženo je ojačanje rečnih stubova.

Kolovozna ploča je modelirana kao kontinualna ploča na šest polja sa prepustima. Raspon polja u pravcu ose mosta iznosi 6,69 m, a u upravnom pravcu 5,35 m. Usvojen kvalitet betona je MB 50.

Proračunom prema graničnom stanju nosivosti je utvrđeno da postojeća kolovozna ploča nema potrebnu količinu armature u tri od četiri kontrolisana preseka. Iz tog razloga predlaže se ojačanje povećanjem debljine ploče tj. sprežanjem dodatne ploče debljine 12,0 cm sa postojećom. Debljina dodatne ploče je određena iz uslova graničnog stanja nosivosti za oba pravca preseka u polju spregnute ploče.

4. PREDLOG SANACIJE MOSTA

4.1. Predlog nekonstrukcijske sanacije

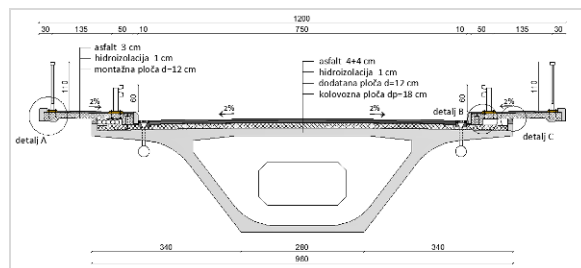
Radi produžetka trajnosti i pospešivanja upotrebljivosti, na elementima konstrukcije Klisanskog mosta je potrebno preduzeti sledeće mere nekonstrukcijske sanacije:

- Zamena asfaltnog zastora sa kolovoza, ivičnjaka i slivnika
- Čišćenje površinskih nečistoća i uklanjanje labavih delova zaštitnog sloja betona
- Sanacija korodirale armature i malog zaštitnog sloja betona
- Sanacija odlomljenih ivica betona
- Sanacija prslina
- Izvođenje hidroizolacije grede mosta sa gornje strane

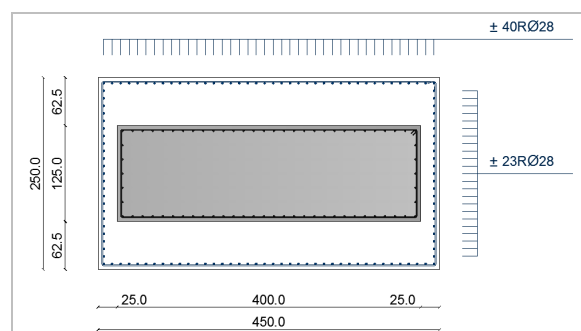
Potrebno je izvesti nadvišenje obalnih stubova, kako bi betonska ležišta bila zamenjena ležištima od neoprensko-teflonskih materijala. Takođe, dilatacione spojnice je potrebno zameniti novim.

4.2. Predlog konstrukcijske sanacije

Konstrukcijska sanacija Klisanskog mosta se izvodi ojačanjem kolovozne ploče i rečnih stubova i zamenom montažnih ploča pešačkih staza. Na slici 12 je prikazan karakteristični poprečni presek sanirane konstrukcije mosta, a na slici 13 ojačanje rečnog stuba povećanjem poprečnog preseka.



Slika 12. Poprečni presek sanirane grede



Slika 13. Poprečni presek ojačanog rečnog stuba

5. ZAKLJUČAK

Klisanski most svojom geometrijom i elegancijom zavređuje pažnju prolaznika. Kako bi služio generacijama koje dolaze, potrebno ga je sanirati.

6. LITERATURA

- [1] B. Stipanić, D. Buđevac: Čelični mostovi, 1989.
- [2] V. Radonjanin, M. Malešev: Literatura za izvođenje nastave na predmetima „Trajnost i procena stanja betonskih konstrukcija“ i „Sanacija betonskih konstrukcija“, Fakultet tehničkih nauka odsek – građevinarstvo, Novi Sad, Novembar 2011.
- [3] Sonja Đuđar-Katić: „Glavni projekat sanacije drumskog mosta, preko plovnog kanala DTD, na putu M22.1 Novi Sad-Subotica, 2008.

Kratka biografija:



Mladen Bubanj rođen je u Zrenjaninu 1988. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Procena stanja i sanacija betonskih konstrukcija odbranio je u decembru 2016. godine.

PROGRAMI ZA PRORAČUN I IZBOR DIZALICE PRI GRAĐENJU**PROGRAMS FOR CALCULATION AND SELECTION CRANES IN CONSTRUCTION**

Jelena Ilić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – Dizalice kao sredstvo transporta materijala u procesu izgradnje su od ključnog značaja u industriji građevinarstva. U ovom radu je predstavljeno koji faktori utiču na pravilan izbor dizalice za građevinski projekat i računarski programi koji omogućavaju izbor i proračun istih.

Abstract – Cranes as a tool for transport of materials in the building process are crucial in the construction industry. This paper presents the factors that affect the proper selection of cranes for the construction project and computer programs that allow their selection and calculation.

Ključne reči: Građenje, izbor dizalice, gradilište, transport materijala.

1. UVOD

Dizalice kao najvažnije sredstvo transporta materijala zahtevaju organizovano rukovođenje koje bez detaljnog planiranja ne bi bilo moguće. Pravilan odabir dizalice za određeni građevinski projekat je rezultat analize u koju su uključeni različiti faktori. Predmet ovog rada je prikaz informacija koje inženjer mora da razmotri kako bi izabrao odgovarajuću dizalicu, sa fokusom na toranjske i samohodne i na koji način računarski programi mogu da pomognu u istom.

Toranjski kranovi i samohodne dizalice su najčešće korišćena sredstva unutrašnjeg transporta u visokogradnji. Samohodne dizalice se najviše koriste za montažu hala, dok se toranjski kranovi prvenstveno koriste za montažu zgrada, jer kod montaže hala se javljaju problemi velike površine ovih objekata a relativno malo teških elemenata u odnosu na nosivost toranjskih dizalica [1].

2. IZBOR DIZALICE

Izbor dizalice se odvija u ranim fazama projekta, a pravilan izbor povećava efektivnost i ekonomičnost gradnje kroz smanjenje troškova, vremena trajanja projekta i povećanja bezbednosti na gradilištu. Faktori koji se moraju uzeti u obzir su sledeći:

- Tip dizalice – mobilna AT, RT ili dizalica na gusenicama, toranjski kran...
AT mobilna dizalica ima nosivost uglavnom u rangu od 20-650t, prilagođena je svim putevima ali joj je potrebno više vremena da se montira i demontira od

RT dizalice koja ima manju nosivost 15-150 tona ali nije prilagođena javnim putevima. Dizalice na gusenicama imaju nosivost od 75-3500t i mogu da obavljaju skoro sve operacije na gradilištima.[2] Uzimajući u obzir opšte karakteristike različitih tipova dizalica, inženjer donosi odluku koji tip dizalice je potreban za dato gradilište.

- Opterećenje – poznata težina najvećeg opterećenja u startu definiše izbor dizalice, ali pored toga ostali faktori koji se moraju uzeti u obzir su dimenzije najvećeg elementa, dohvrat kрана, težina elementa na najdaljoj tački strele itd.
- Ograničenja gradilišta – lokacija gradilišta utiče tako što u cilju snižavanja cene koštanja, optimalnije je iznajmiti dizalicu od bližeg dobavljača. Pristup gradilištu je bitan iz razloga lokacije deponija elemenata, da li se prefabrikacija vrši na gradilištu ili u fabrici. Prostor za montiranje i demontiranje kрана je potreban kod montaže strele za koju je najbezbednije da se vrši na zemlji. Pristupne saobraćajnice moraju biti obezbeđene kao i potreban prostor za unutrašnje saobraćajnice po kojima će se kretati mehanizacija. Okruženje gradilišta – da li su u blizini visoke zgrade koje bi mogle da ometaju kretanje strele.
- Pritisak na zemljište – moraju se uzeti u obzir postojeći uslovi zemljišta, ako su loši onda treba izabrati dizalicu sa manjim pritiskom na tlo. U slučaju komunalnih instalacija ispod tla treba izabrati kran sa manjom platformom. Proračun pritiska na tlo se treba uraditi u slučaju različitih opterećenja i uglova strele. [2]
- Troškovi – najbitniji faktor izbora dizalice koji utiče na ukupnu cenu izgradnje. U troškove spadaju cena dizalice, lokacija dobavljača i gradilišta, broj radnih sati, sezona godine itd ;
- Efikasnost – dizalica koja koristi najmanje 85% svog kapaciteta tokom trajanja projekta se smatra efikasnom. U slučaju kada manja dizalica može da prenese većinu opterećenja ali ne i sva, treba proračunati da li je optimalnije rešenje jedna velika dizalica ili jedna manja koju će ponekad u slučaju prevelikih opterećenja menjati odgovarajuća druga.
- Pouzdanost – u slučaju kvara na dizalici većina posla će biti zaustavljena i zato odgovorno planiranje dizalice podrazumeva da se svi faktori uzmu u obzir uključujući i dostupnost rezervnih delova bez obzira na kritičan put u planiranju.

Danas, postoje računarski programi koji inženjerima omogućavaju pomoć pri izboru i proračunu potrebne dizalice. U ovom radu je predstavljeno četiri programa, koje proizvođači dizalica nude svojim klijentima zajedno sa svojim dizalicama.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Milan Trivunić.

3. RAČUNARSKI PROGRAMI ZA PRORAČUN I IZBOR DIZALICE

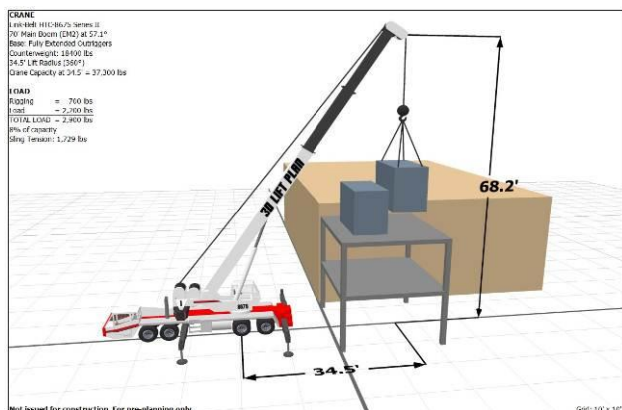
Programi omogućavaju da na osnovu unetih parametara najvećeg opterećenja, dimenzija elemenata koji se transportuju, ograničenja prostora i drugih bitnih karakteristika za odgovarajuće gradilište, korisnik dobije najpribližnije rešenje, odnosno model dizalice koja će ispuniti sve zadate kriterijume. Takođe, ovi programi omogućavaju simulaciju operacija kрана na gradilištu, kao i plan montaže sa velikim izborom sredstava za montažu.

3.1. Lift 3D Plan

3D Lift Plan je aplikacija koja služi za planiranje i izbor dizalica. Korisnik unosi težinu i dimenzije elementa koji se prenosi, lokaciju i veličinu bilo kakvih prepreka na gradilištu. 3D Lift Plan će pretražiti dijagrame nosivosti svih kрана da pronade najekonomičniji kran koji odgovara zadatim parametrima. Baza sadrži preko 900 tipova kрана, uključujući dimenzije kрана i dijagrame nosivosti. Takođe, moguće je izvršiti simulaciju operacije kрана u cilju smanjenja rizika i povećanja efikasnosti na gradilištu. Osim toga, baza sadrži i stotine različitih 3D objekata kako bi što realističnije bio predstavljen plan dizanja (Slika 1). Ovaj program omogućava korisnicima da sami izaberu dizajn montaže, pomoćna sredstva, proračun sila u užadima, proračun pritiska na tlo i simuliranje više dizalica istovremeno. Planovi dizanja mogu da se proslede kao URL fajl ili da se prebaci u DXF format koji može da otvori bilo koji CAD program. Korisnik može da odštampa plan montaže iz bilo kog ugla, sa dodatnim informacijama o dizalici, konfiguraciji montaže i podatke o kompaniji [3].

Ova aplikacija može da se otvori u veb čitaču, a korisnik ima pristup gde god postoji internet konekcija. CAD program nije obavezan.

3D Lift Plan je aplikacija kompanije "A1A Software" koja ima preko 40 godina iskustva u razvijanju softvera u građevinskoj industriji a partner je sa kompanijama Link-Belt, Tadano Mantis, Manitowoc, Grove, Shuttlelift, YardBoss i National cranes.



Slika 1: Simulacija operacije kрана Lift 3D Plan

3.2. Cranimax Tower Manager

Kompanija CraniMAX se bavi proizvodnjom softvera koji omogućavaju detaljno planiranje radnih mesta za sve tipove mogućih dizalica, od malih mobilnih i teleskopskih kрана, do najvećih kрана koji postoje, tako da

pokrivaju čitavu industriju dizalica. Partneri su sa kompanijama poput Liebherr, Terex, Manitowoc, Grove, Wilbert, Modulitf, Kobelco itd...

U svojoj ponudi imaju:

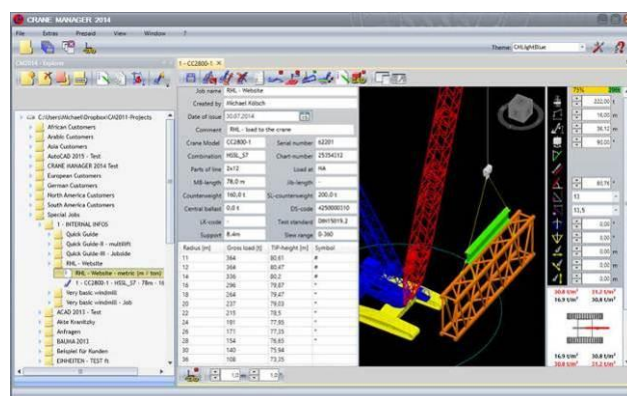
1. Crane Manager 2014 basic;
2. Crane Manager 2014 designer 3D;
3. TOM - TOWER MANAGER 2012;
4. 3D CAD – Systems - prethodni programi su povezani 3D CAD platformom, a u slučaju da korisnik nema AutoCad verziju može da preuzme mnogo jeftiniju verziju BricsCAD.

3.2.1 Crane Manager 2014 basic

Crane Manager 2014 basic je program koji omogućava korisniku, pored dodatka upravljanja projektima, brojne metode selekcije samohodnih dizalica. Korisnik može da odluči da li će izabrati konfiguraciju direktno ili će koristiti optimizovan izbor preko radijusa, opterećenja i visine.

Ovaj drugi način je automatizovan pretraživač preko definisanih kontura ili objekata na gradilištu. Simboli, termini i imena za izbor kombinacija su zasnovani na originalnim podacima od strane odgovarajućih proizvođača, a svi projekti se automatski snimaju i služe na raspolaganju za dalje planiranje ili moguće modifikacije u bilo koje vreme.

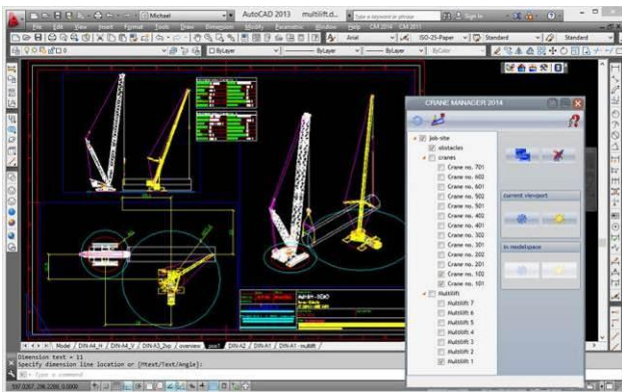
Ako je kran izabran, u kontrolnom prozoru svaka modifikacija radijusa, ugla, rotacija ili nova pozicija će biti konstantno praćena novim proračunima pritiska na tlo. Isto tako, opterećenje koje je ispod ili iznad dozvoljenog opsega nosivosti će biti identifikovano odgovarajućim znacima upozorenja [4]. Ovaj program omogućava izbor različitih objekata na gradilištu, načina montaže i vrste opterećenja (Slika 2).



Slika 2: Crane Manager 2014, montaža opterećenja

3.2.2. Crane Manager 2014 designer 3D

Ovaj program predstavlja nadgradnju Crane Manager 2014 sa podržanim 3D CAD sistemom. Kreiranje detaljnih crteža omogućava da korisnik dobije precizne informacije o načinu i planu dizanja uz što realnije okruženje. Mogu se koristiti Google Earth slike kao podloga u crtežu iz odgovarajuće razmere [5]. Sve što korisnik nacrtu u CAD crtežu u ovom programu može da se modeluje kao 3D plan (Slika 3). Takođe postoji opcija kombinovanja više dizalica istovremeno sa preciznim planom montiranja.



Slika 3: Crane Manager 2014 designer 3D

3.2.3. Tom – Tower Manager 2012

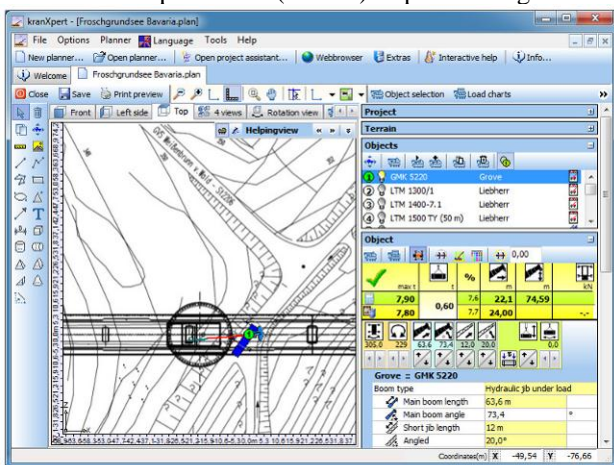
Ovaj program je takođe povezan sa 3D CAD platformom, koji omogućava izbor toranjskih kranova, a nudi iste mogućnosti kao i Crane Manager 2014 designer 3D.

3.3. KranXpert

Kranexpert je program koji pojednostavljuje planiranje podizanja. Kroz poznate alate za crtanje omogućava korisniku da vizualizuje kran u bezbroj pogleda. Dostupni su 2D alati za crtanje poput metra, linije, poligona, zatvorenog poligona, elipse, trougla, tekst i dimenzija, a da bi proces bio još efikasniji dostupni su i 3D alati za crtanje kocke, ovalne figure, konusa, cilindra, piramide i 3D linije. Prednost alata za crtanje u 3D pogledu jeste to što omogućava korisniku vidljivost i u drugim pogledima [6].

KranXpert omogućava:

- Prikaz kрана i svih njegovih pratećih karakteristika, poput dijagrama nosivosti, ugla okretanja strele, dužine strele, težine opterećenja koje podiže...
- Kreiranje različitih konfiguracija terena i pogled iz tri različite perspective.
- Proračun sile u užadima sa izborom sredstava za montažu.
- Detaljan pregled dimenzija kрана i prikaz gradilišta sa katastarskim parcelama (Slika 4) ili preko Google Earth.



Slika 4. Prikaz gradilišta preko katastarskih parcela KranXpert

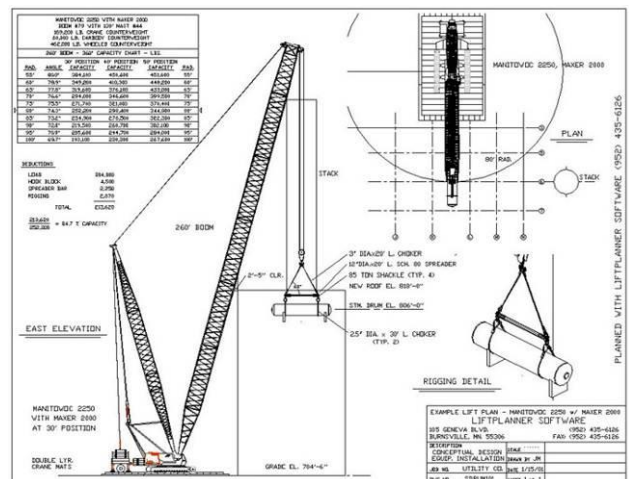
3.3. LiftPlanner

LiftPlanner je 3D program za planiranje i simulaciju dizalice na gradilištu. Prilagođen je tako da uključuje

kranove u svojoj bazi i obuhvata programe za stvaranje elemenata u okruženju dizalice. Crteži su napravljeni da planiraju i dokumentuju sve kritične pozicije dizalice. LiftPlanner radi sa autoCAD-om, a dostupne su i metričke i imperijalne jedinice [7].

Neke od mogućnosti LiftPlannera su:

- Sposobnost da se prikaže montaža iz različitih perspektiva - izometrijski pogled pomaže da korisnik razume na prvi pogled predloženo rešenje, a sa druge strane prikazuje precizni nagib strele dizalice. Takođe, proračunava iskorišćenost kapaciteta nosivosti.
- LiftPlanner sadrži i veliku biblioteku sredstava za montažu, kao i mogućnost da korisnik sam unosi i kreira način montaže elemenata.
- Mogućnost da više kranova radi istovremeno sa prikazom kapaciteta nosivosti na različitim radijusima i uglovima strele.
- Prikaza bilo kakvih geometrijskih oblika opterećenja može biti kreirana u LiftPlanneru. Sve je tačno predstavljeno kako bi bilo kakve smetnje i prepreke bile rešene na računaru umesto na gradilištu.
- Mogućnost detaljnog prikaza sredstava za montažu u 3D modelu, sa različitim perspektivama pogleda na transport materijala (Slika 5).



Slika 5. LiftPlanner

4. ZAKLJUČAK

Transport materijala i elemenata tokom izgradnje objekta jer kompleksan proces čije planiranje se odvija u najranijim fazama projekta organizacije i tehnologije građenja. Na osnovu potrebne nosivosti, ograničenja gradilišta i cene koštanja inženjer bira odgovarajuću dizalicu, koja mora da ispuni sve potrebne uslove datog projekta.

U tu svrhu razvijeni su računarski programi koji omogućavaju da korisnik blagovremeno uoči sve probleme sa kojima se može suočiti tokom procesa građenja kao i najbolja rešenja za dato gradilište.

Ovi programi, pored selekcije najekonomičnijeg kрана daju proračun pritiska na tlo u različitim konfiguracijama operacija dizalice, kao i proračun sredstava za montažu.

Dodatni faktori koji utiču na izbor dizalice su efikasnost iskorišćenosti, blizina dobavljača i dostupnost servisa u slučaju nepredviđenih kvarova. Pogrešno odabrana

dizalica povećava vreme trajanja, troškove celokupnog projekta i bezbednosni rizik. Jedino obuhvatajući sve navedene faktore se može pravilno odabrati odgovarajuća dizalica, kao jedna od najvažnijih komponenata u bezbednom, efikasnom i optimalnom završetku izgradnje

5. LITERATURA

- [1] Montaža betonskih konstrukcija zgrada - Milan R. Trivunic.
- [2] Heavy Lift Crane Selection R.L. Mikut, Jr., P.E. Babcock & Wilcox Power Generation Group, Inc. 2012.
- [3] <http://www.3dliftplan.com/Info/InfoHome.aspx> 17.12.2016.
- [4] <http://www.cranimax.com/products/crane-manager-2014-basic> 17.12.2016
- [5] <http://www.cranimax.com/products/crane-manager-2014-designer-3d> 17.12.2016.
- [6] <http://www.kranxpert.com/samples/sample2.pdf> 17.12.2016.
- [7] <http://www.liftplanner.net/watertower.html> 17.12.2016.

Kratka biografija:



Jelena Ilić rođena je u Šapcu 1989. god. Prirodno-matematički smer Šabačke gimnazije završava 2008. god. Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, odsek Građevinarstvo upisuje 2008 godine. Bachelor rad „Projekat tehnologije i organizacije građenja stambeno-poslovnog objekta Su+P+4+Pk” na smeru konstrukcije odbranila je 2015. god, a master rad na smeru Tehnologija i organizacija građenja 2016.

**ANALIZA I IZBOR NAČINA IZVOĐENJA MEĐUSPRATNE KONSTRUKCIJE
STAMBENO POSLOVNOG OBJEKTA U TREBINJU****ANALYSIS AND SELECTION OF TECHNOLOGY FOR FLOOR CONSTRUCTION OF A
RESIDENTIAL AND COMMERCIAL BUILDING IN TREBINJE**

Dragana Đukanović, Jasmina Dražić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je prikazan postupak izbora optimalne varijante izvođenja međuspratne konstrukcije. Analize su rađene na osnovu ekonomskih, tehničko-tehnoloških kriterijuma i uticaja tehnologije na rok izgradnje objekta.

Abstract – The paper presents the selection of the optimal technology for floor construction. Analyses were completed on the basis of economic and technical-technological criteria and the impact of current technology on the construction period.

Ključne reči: međuspratna konstrukcija, način izvođenja, troškovi, vreme, optimizacija, rok izgradnje

1. UVOD

Složenost građevinske proizvodnje karakteriše veliki broj operacija i veliki obim proizvodnje, potrebni su različiti materijali, oprema i mehanizacija, veliki broj radnika različitih struka i kvalifikacijske strukture, izvođenje je u velikoj meri izloženo prirodnim nepogodama, a vreme građenja se proteže na mesece i godine. Iz ovih razloga tok i efekti proizvodnje nisu sagledivi unapred, što može dovesti do nepredviđenih teškoća praćenih neplaniranim troškovima. Zato je neophodno celishodno planiranje i uzimanje u obzir parametara od važnosti za realizaciju objekta.

U radu je razmatran problem izbora načina izvođenja (tehnologije) međuspratne konstrukcije. Cilj rada je bio da se za stambeno poslovni objekat u Trebinju, pronađe optimalno rešenje za izvođenje međuspratne konstrukcije. Analizirane su tri varijante:

- monolitna konstrukcija (puna armirano betonska ploča),
- polumontažna konstrukcija (tipa FERT) i
- montažna konstrukcija (prednapregnute ošupljene ploče).

Varijante su vrednovane na osnovu:

- troškova izrade međuspratne konstrukcije,
- vremena izrade međuspratne konstrukcije i
- težine međuspratne konstrukcije.

U izbor optimalnog tipa međuspratne konstrukcije uključena je i analiza uticaja predložene tehnologije na rok izgradnje objekta.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Jasmina Dražić, red.prof.

2. OPIS OBJEKTA

Stambeno poslovni objekat "Niz 3" je složeni objekat „L“ oblika koji se sastoji iz 3 lamele [1]. Lamela 1 i 2 se protežu u pravcu sever – jug, a lamela 3 je naslonjena na lamelu 2, pod pravim uglom sa severne strane. Svi objekti su temeljeni na zajedničkoj konstrukciji, a dilatirani su dilatacijom širine 10cm. Spratnost objekata je P+4+mansarda. Prizemlje objekta je predviđeno za poslovni prostor. Spratovi I, II, III i IV su stambeni, sa po 14 stanova različite strukture, od jednosobnih, dvosobnih, trosobnih i jedan četvorosoban stan na jugoistočnom uglu objekta. Na mansardi se predviđa 11 stanova (po jedan manje po lameli nego na spratovima), stanovi su različite strukture: dvosobni, trosobni i četvorosobni.

Objekat je projektovan u AB skeletnom sistemu, sa AB pločama i AB stepenišno liftovskim jezgrom. Temeljen je na AB temeljnoj kontraploči, debljine $d=80\text{cm}$. Zidani zidovi, spoljašnji i između stanova, su od blok cigle POROTHERM, a pregrade unutar jednog stana u Knauf sistemu. Spoljašnji zidovi su debljine 25cm, sa spoljašnjom termoizolacijom. Zidovi između lamela su delimično AB, a delimično zidani blok ciglom POROTHERM. Između njih je dilatacija širine 10cm. AB stubovi su različitih dimenzija sa konstantnom širinom od 25cm. Međuspratne konstrukcije i krovna ploča su projektovane kao AB ploče debljine $d=15\text{cm}$ i oslanjaju se na kontinualne AB grede dimenzija $25\times 45\text{cm}$, u (lameli 2) grede dimenzija $25\times 65\text{cm}$ i kontragrede (u lameli 2) dimenzija $25\times 45\text{cm}$. Vertikalne komunikacije u svakoj lameli su lift i dvokrako stepenište. Stepenište formira kruto jezgro i oslanja se na AB zidove debljine $d=25\text{cm}$, a liftovska okna su od AB zidova debljine 20cm.

3. TEHNOLOGIJA IZGRADNJE OBJEKTA

Pre početka izvođenja radova na izgradnji, neophodno je izvršiti pripremne radove na organizaciji i uređenju gradilišta. Dobra organizacija gradilišta i pripremni radovi u velikoj mjeri određuju i kvalitetno izvođenje svih grupa radova. Prvo je potrebno pristupiti raščišćavanju terena sa odvozom na deponiju, zatim skidanju humusa i obeležavanju objekta od strane geodete. Raščišćavanje terena obuhvata rušenje postojećih objekata privremenog karaktera, sa utovarom šuta i odvozom na deponiju do 7km. Skidanje humusa se radi mašinskim putem, mašinski iskop zemlje III kategorije/nasip, glina, zaglinjeni šljunak/u širokom otkopu, sa odlaganjem iskopanog materijala van iskopa na privremenu gradilišnu deponiju. Iskop za temelje se radi bagerom sa prilagođenom širinom kašike. Izrada temeljne

kontraploče, te podne ploče okna lifta slede po završetku prethodno pomenutih radova, a prethodi zidanju zidova i stubova prizemlja, nakon čega se izvode međuspratne konstrukcije, grede prizemlja. Redosled radova je tako koncipiran da se ne može početi sa prvom etažom sve dok nisu završeni svi radovi na izradi temelja. Svi zidarski i izolaterski radovi na jednoj etaži nezavisni su u odnosu na drugu etažu. Jedini uslov početka zidarskih radova jeste dostizanje potrebne čvrstoće međuspratne konstrukcije, radi uklanjanja podupirača i omogućavanja potrebnog prostora za zidarske radove.

4. IZVOĐENJE MEĐUSPRATNE KONSTRUKCIJE - OPTIMALNO REŠENJE

Za stambeno-poslovni objekat u Trebinju, projekovana je međuspratna konstrukcija tipa puna armirano-betonska ploča. Konstrukcija se izvodi na licu mesta (gradilištu). Mogućnost da se međuspratna konstrukcija, osim na ovakav način (monolitna konstrukcija), izvede i kao polumontažna ili montažna (prefabrikovana konstrukcija), otvara problem opravdanosti predložene tehnologije izvođenja međuspratne konstrukcije i izbora optimalnog rešenja.

4.1. Varijantna rešenja

Za izbor najpovoljnijeg načina izvođenja međuspratne konstrukcije, u ovom radu su predložene tri varijante:

- VARIJANTA 1 - monolitna konstrukcija (puna armirano betonska ploča),
- VARIJANTA 2 - polumontažna konstrukcija (tipa FERT) i
- VARIJANTA 3 - montažna konstrukcija (prednapregnute ošupljene ploče).

Monolitna konstrukcija - puna armirano betonska ploča

Armiranobetonske ploče su ravni površinski nosači kod kojih je debljina znatno manja od druge dve dimenzije. Opterećene su po pravilu na savijanje, opterećenjem koje deluje upravno na srednju ravan ploče. Ploče se mogu podeliti prema statičkom sistemu, tipu oslanjanja, obliku poprečnog preseka, nosivosti, načinu izrade itd.[2].

Za konstrukciju objekta, projektovana je krstasto-armirana ploča koja prenosi opterećenje u dva pravca ($I_y/I_x=745/440$).

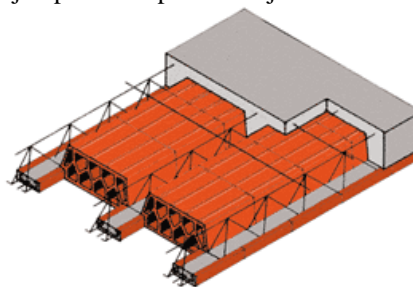
Pri izvođenju ove međuspratne konstrukcije, pre betoniranja potrebno je izraditi oplatu, postaviti čelične podupirače i ugraditi armaturu. Armatura mora biti ispravno povezana. Ovakve konstrukcije mogu, kada je to potrebno, premostiti veće raspone, ali povećavanjem raspona rastu i zahtevi prema armaturi, što povećava debljinu same ploče.

Polumontažna konstrukcija - međuspratna konstrukcija tipa FERT

Polumontažna međuspratna konstrukcija formirana je od blokova, betona i čelika. Ova konstrukcija je veoma skladan spoj navedenih materijala.

Montaža međuspratne konstrukcije tipa FERT počinje postavljanjem fert gredica, koje treba podupreti poprečnim podupiračima na razmaku od 1.5 do 1.7m. Na poprečnim podupiračima se postavljaju gredice na osovinskom razmaku od 40cm, a između gredica se

postavljaju blokovi ispune. Iznad blokova ispune, montira se konstruktivna mrežasta armatura. Nakon montaže, postavljanja i povezivanja armature, betonira se ploča (na licu mesta) zajedno sa rebrima i serklažima. Debljina pritisnute ploče treba da iznosi min 4,0cm. Međuspratna konstrukcija tipa FERT prikazana je na slici 1.



Slika 1. Međuspratna konstrukcija tipa FERT

Montažna konstrukcija - prednapregnute ošupljene ploče

Prednapregnute ošupljene ploče su montažni međuspratni konstrukcijski elementi proizvođačke širine 120cm, a promenljive dužine i debljine. Debljina ploče je standardizovana u funkciji opterećenja i razmaka oslonaca (raspon ploče). Sopstvena težina ovog elementa je manja za 38-54% u odnosu na punu AB ploču, zbog šupljina koje se nalaze u njoj, pa je i nosivost na korisno opterećenje značajno povećana. Prednapregnute ošupljene betonske ploče imaju dobre zvučnoizolacione karakteristike, poseduju visok stepen vatrootpornosti i pogodne su za smeštaj instalacija grejanja i hlađenja.

Prilikom montaže ošupljenih ploča nema potrebe za podupiranjem, a dobro uvežban tim dnevno ugradi i do 500m² ploča. Ploče se izrađuju fabrički i montiraju s vozila, što pojednostavljuje manevar i skladištenje na gradilištu. Svi otvori i kosine na pločama izvode se u fabrici, što skraćuje rad na gradilištu. Montaža prednapregnutih ošupljenih ploča prikazana je slici 2.



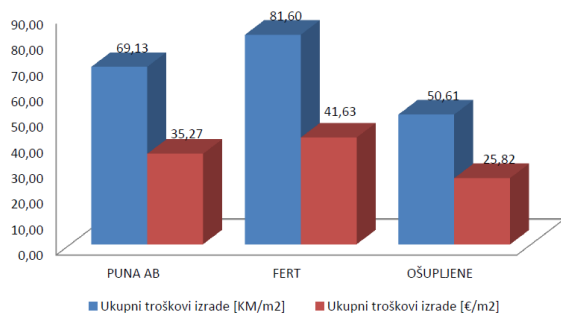
Slika 2. Montaža prednapregnutih ošupljenih ploča

4.2 Komparativna analiza troškova izrade međuspratne konstrukcije

Ekonomski kriterijum optimizacije, ukupni troškovi izrade međuspratnih konstrukcija, razdvojeni su na deo: troškova do gradilišta (troškovi ulaznih elemenata i materijala) i deo troškova koji se stvara na gradilištu. Analize su pokazale da je najpovoljnije rešenje sa aspekta troškova sa kojima se ulazi na gradilište puna AB ploča kod koje su svi troškovi vezani za gradilište. Drugo po redu rešenje je međuspratna konstrukcija tipa FERT, pa prednapregnute ošupljene ploče sa najvišim troškovima

ulaznih elemenata. Najpovoljnije rešenje sa aspekta troškova izrade međuspratnih konstrukcija na gradilištu je međuspratna konstrukcija od prednapregnutih ošupljenih ploča, pa međuspratna konstrukcija tipa FERT. Najnepovoljnije rešenja sa aspekta troškova izrade međuspratne konstrukcije na gradilištu je puna AB ploča.

Sa aspekta ukupnih troškova izrade međuspratne konstrukcije, najpovoljnije rešenje je međuspratna konstrukcija od prednapregnutih ošupljenih ploča, a najmanje povoljna je međuspratna konstrukcija tipa FERT. U slučaju da su ukupni troškovi kriterijum za izbor međuspratne konstrukcije, međuspratna konstrukcija od prednapregnutih ošupljenih ploča je napovoljnije rešenje (slika 3).



Slika 3. Uporedni grafički prikaz ukupnih troškova izrade međuspratnih konstrukcija

4.3 Višekriterijumska optimizacija

Ukoliko se analiza proširi uvođenjem većeg broja kriterijuma, problem se sa jednokriterijumske prebacuje na višekriterijumsku optimizaciju. Problem izbora optimalnog načina izvođenja međuspratne konstrukcije, posmatran je sa tehnološkog aspekta, pa su primarni kriterijumi za vrednovanje tehničko-tehnološkog i ekonomskog karaktera. To su kriterijumi koji uključuju osnovne resurse procesa izgradnje (osnovni materijal), rad i troškove koji proističu iz njih.

U analizu je zbog tipa elementa, međuspratna konstrukcija, uvrštena i težina konstrukcije. Ova kriterijumska funkcija ima konstrukcijski karakter i utiče direktno na intenzitet opterećenja koji se prenosi na druge konstrukcijske elemente. Pravilan izbor međuspratne konstrukcije doprinosi, uvrštavanjem ovog kriterijuma, racionalnosti svih elemenata konstrukcije i povoljnijem načinu fundiranja.

Definisani su kriterijumi za izbor optimalne varijante međuspratne konstrukcije:

- f1 - težina konstrukcije [kN/m²]
- f2 - utrošak vremena rada [Nč/m²]
- f3 - ukupni troškovi [€/m²].

Vektorska kriterijumska funkcija $F(x)$, u modelu optimizacije, minimizira sve tri pojedinačne kriterijumske funkcije (f1,f2,f3).

U tabeli 1. prikazane su vrednosti kriterijumskih funkcija za analizirane tipove međuspratnih konstrukcija, a u tabeli 2. data je rang lista varijanti prema pojedinačnim kriterijumima.

Tabela 1. Ulazni podaci

krit. fun/var.	A1	A2	A3
f1	3,750	3,000	4,040
f2	1,130	1,880	0,170
f3	35,270	61,430	25,820

Tabela 2. Pojedinačna rang lista

krit. fun/var.	A1	A2	A3
f1	2	1	3
f2	2	3	1
f3	2	3	1

Za rešavanje problema usvojena je metoda višekriterijumske optimizacije, metoda kompromisnog programiranja i metoda višekriterijumskog kompromisnog rangiranja. Metode su pogodne za rešavanje problema sa raznorodnim kriterijumskim funkcijama i omogućavaju uvođenje različitih strategija odlučivanja [3].

Redosledi varijantnih rešenja primenom metode kompromisnog programiranja i metode višekriterijumskog kompromisnog rangiranja, za različite strategije odlučivanja [4] prikazani su tabelarno (tabela 3 do table 6).

Tabela 3. Metoda kompromisnog programiranja-rešenje je najbolje po svim kriterijumima posmatranim zajedno

varijantna rešenja	A1	A2	A3
redosled	2	3	1

Tabela 4. Metoda kompromisnog programiranja-rešenje je geometrijski najbliže idealnoj tački

varijantna rešenja	A1	A2	A3
redosled	2	3	1

Tabela 5. Metoda kompromisnog programiranja-prioritet je dat kriterijumu sa najvećim odstupanjem

varijantna rešenja	A1	A2	A3
redosled	1	3	2

Tabela 6. Metoda kompromisnog rangiranja-isti težinski koeficijenti

varijantna rešenja	A1	A2	A3
redosled varijantnih rešenja			
v1=0.0	1	3	2
v1=0.3	1	3	2
v1=0.6	2	3	1
v1=0.9	2	3	1
v1=1.0	2	3	1

Rezultati metode višekriterijumske optimizacije, su pokazali da je za razmatrani objekat:

- konstrukcija montažnog tipa (prednapregnuta ošupljena ploča) optimalno rešenje u metodi kompromisnog programiranja, za p=1 (rešenje je najbolje po svim kriterijumima posmatranim zajedno),

- konstrukcija montažnog tipa (prednapregnuta ošupljena ploča) optimalno rešenje u metodi kompromisnog programiranja, za $p=2$ (rešenje je geometrijski najbliže idealnoj tački), a
- monolitna konstrukcija (puna armirano betonska ploča) optimalno rešenje u metodi kompromisnog programiranja, za $p=\infty$ (prioritet je dat kriterijumu sa najvećim odstupanjima).

Rezultati analize metodom kompromisnog rangiranja pokazuju da je:

- puna međuspratna ploča – monolitna konstrukcija, optimalno rešenje za strategiju odlučivanja, ($v_2 > v_1$), koja ne dopušta potpuno nezadovoljenje bilo kog kriterijuma, dok je,
- prednapregnuta ošupljena ploča - montažna konstrukcija, optimalno rešenje u slučaju ($v_1 > v_2$), u strategiji koja daje prednost zadovoljenju većine kriterijuma, ne vodeći računa da jedan od kriterijuma može biti potpuno nezadovoljen.

5. UTICAJ NAČINA IZVOĐENJA MEĐUSPRATNE KONSTRUKCIJE NA ROK IZGRADNJE

Prilikom planiranja procesa izgradnje stambeno-poslovnog objekta P+4+mansarda, u Trebinju, primenjene su: tehnika mrežnog planiranja metodom kritičnog puta i metoda gantograma [5]. Mrežno planiranje se odvijalo kroz tri faze: analizu strukture, analizu vremena i analizu resursa. Dinamičko planiranje je urađeno uz pomoć softvera MS Project 2010. Obradom podataka u programu, utvrđeni su početak radova 08.3.2016. godine, a nakon unosa svih relevantnih podataka, program je generisao završetak radova 21.08.2017. godine za monolitnu konstrukciju, a 02.04.2018. godine za montažnu konstrukciju. Posmatrajući tok procesa izgradnje objekta sa monolitnom i montažnom međuspratnom konstrukcijom, jasno se vidi da se u slučaju primjene montažne konstrukcije završetak radova pomjera za 84 dana, pošto aktivnosti izrade greda i stepeništa, formirane na osnovu analize tehnološkog procesa, nisu omogućile paralelizaciju radova.

Kako su prethodne analize (metoda višekriterijumske optimizacije), generisale dva moguća načina izvođenja, monolitnu i montažnu međuspratnu konstrukciju, a planiranje dinamike izgradnje kompletnog objekta pokazalo produženje roka izgradnje sa prefabrikovanom ošupljenom pločom, za stambeno poslovni objekat u Trebinju, koji je bio predmet analize u ovom radu, usvojena je puna armiranobetonska ploča. Ova konstrukcija je bila projektovana, tako da je sveobuhvatna analiza opravdala ovu tehnologiju, monolitnu konstrukciju, kao optimalno rešenje za posmatrani objekat.

6. ZAKLJUČAK

Predmet ovog rada bila je analiza i izbor načina izvođenja međuspratne konstrukcije stambeno poslovnog objekta P+4+mansarda u Trebinju. Razmatrane su monolitna konstrukcija - puna AB ploča, polumontažna konstrukcija - tipa FERT i montažna konstrukcija - prednapregnuta ošupljena ploča.

U prvoj fazi izbora optimalnog rešenja, posmatrani su samo ekonomsko-finansijski pokazatelji. Analizirani tipovi konstrukcija, monolitna - puna AB ploča, polumontažna konstrukcija - tipa FERT i montažna konstrukcija - prednapregnuta ošupljena ploča, u drugoj fazi optimizacije, vrednovani su sa tri kriterijumske funkcije: težina konstrukcije, utrošak vremena rada i ukupni troškovi. Za generisana moguća rešenja, u trećoj fazi, analiziran je uticaj načina izvođenja međuspratne konstrukcije na rok izgradnje.

Dinamičko planiranje procesa građenja urađeno je za ceo objekat, varijantu monolitne i montažne međuspratne konstrukcije. Prilikom planiranja procesa izgradnje primenjene su tehnika mrežnog planiranja metodom kritičnog puta i metoda gantograma. Obradom podataka u programu, utvrđeni su početak radova 08.3.2016. godine, a nakon unosa svih relevantnih podataka, izračunat je završetak radova, za monolitnu konstrukciju 21.08.2017. godine, a za montažnu konstrukciju 02.04.2018. godine, što u slučaju primene montažne konstrukcije, završetak radova (rok izgradnje) pomera za 84 dana.

Bez obzira na nedostatke monolitne konstrukcije, veća sopstvena težina, loše termo i zvuko-izolacione karakteristike, rezultati sveobuhvatne analize na bazi tehno-ekonomskih pokazatelja i uticaja načina izvođenja međuspratne konstrukcije na rok izgradnje, pokazali su da je monolitna konstrukcija optimalno rešenje za stambeno poslovni objekat u Trebinju.

7. LITERATURA

- [1] "Glavni projekat arhitektonsko-građevinski deo" stambeno poslovni objekta P+4+M u Trebinju, *Poduzeće za projektiranje, konzalting i inženjering "HABITAT" d.o.o. Mostar, 2011.*
- [2] Radosavljević, Ž., Bajić, D.: "Armirani beton"- knjiga 3, *Građevinska knjiga, Beograd, 1999.*
- [3] Opricović, S. : "Optimizacija sistema", *Građevinski fakultet, Beograd, 1992.*
- [4] Dražić J. : "Modeliranje procesa građenja", *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2007. (materijal sa predavanja)*
- [5] Trivunić, M., Matijević, Z.: "Tehnologija i organizacija građenja", *Praktikum, Univerzitet u Novom Sadu, FTN, 2009.*

Kratka biografija:



Dragana Đukanović, rođena je u Vlasenici, Republika Srpska, 1985. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Organizacija i tehnologija građenja odbranila je 2016. godine.



Jasmina Dražić rođena je u Novom Miloševu 1958.god. Doktorirala je na Fakultetu tehničkih nauka 2005.godine, a od 2015.godine je u zvanju redovnog profesora. Oblast Zgradarstvo – građevinske konstrukcije i tehnologije.

PROJEKAT STAMBENE ZGRADE PREMA EVROKODOVIMA UZ POREĐENJE ODREDBI PROJEKTOVANJA ZIDOVA ZAVISNO OD KLASSE DUKTILNOSTI**PROJECT OF RESIDENTIAL BUILDING BY EUROPEAN STANDARDS WITH A ANALYSIS OF DESIGN OF WALLS DEPENDING ON CLASS OF DUCTILITY**Nenad Vićentić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

Kratak sadržaj – Rad sadrži dve celine. U prvoj celini prikazan je projekat višespratne konstrukcija prema Evropskim standardima, spratnosti Su+Pr+5+Pk, sistema ploča direktno oslonjenih na stubove sa dominantnim platnima, klase duktilnosti DCM. U drugoj celini izvršena je uporedna analiza odredbi za projektovanje zidova u zavisnosti od klase duktilnosti konstrukcije. Upoređeni su rezultati za jedno platno na osnovu čega je donesen okvirni zaključak o racionalnosti primene različitih klasa duktilnosti za predmetni objekat i objekte uopšte.

Abstract – Thesis contains two parts. The first part shows the project of multi-story construction by European standards, BS+GF+5+AT, a system of slabs directly supported on columns with dominant walls, ductility class DCM. In the second part, the comparative analysis of the provisions for the design of the walls depending on the structure ductility class was done. The results were compared for a wall panel on which basis the framework adopted conclusions on the application rationality of the different classes of ductility for the subject property and facilities in general.

Ključne reči: armiranobetonska konstrukcija, klasa duktilnosti, Evropski standardi.

1. UVOD

U radu je prikazan projekat AB stambeno-poslovne zgrade spratnosti Su+Pr+5+Pk prema Evrokodu. Proračun konstrukcije je izvršen pomoću programskog paketa Tower 6.0. Zgrada se izvodi kao sistem ploča direktno oslonjenih na stubove. Objekat se nalazi na lokaciji Loznica. Projekat sadrži tekstualnu, grafičku i numeričku dokumentaciju.

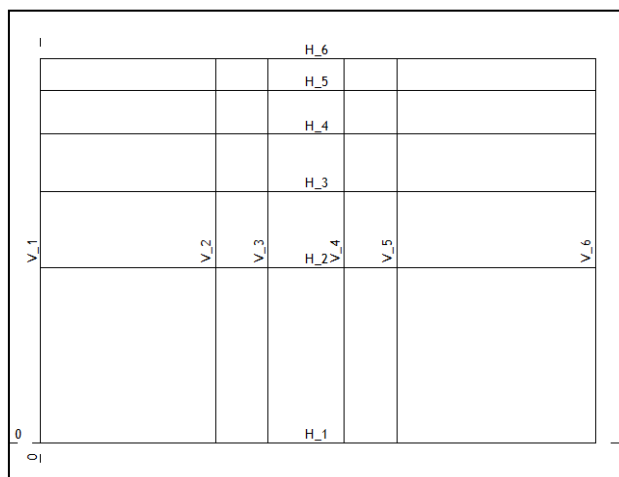
2. OPIS PROJEKTA**2.1. Arhitektonsko rešenje**

Objekat je blago nesimetričan u osnovi i sastoji se iz dva pravougaona dela. Levi deo je dimenzija 7,9x12,5 m, ukupne površine 98,75 m². Dimenzije desnog dela su 11,58x13,61 m, ukupne površine 157,6 m².

Ukupna površina osnove prizemlja 256,31 m². Osnova suterena i prizemlja se poklapaju. Nivoi iznad prizemlja su prošireni za okvirno 1 m sa tri strane. Površina tipskog sprata je 308 m². Ukupna površina objekta je 2052 m². Spratna visina svih etaža je 2,9 m, sem suterena čija je visina 3,4 m, a ukupna spratnost objekta je 20,8 m.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Đorđe Ladinović.



Slika 1. Šema ramova

Vertikalna komunikacija unutar objekta se vrši liftom i dvokrakim stepenicama. U suterenu su izvedeni AB zidovi za prijem opterećanja tla debljine 20 cm i raspoređeni su po obodu osnove objekta.

2.2. Konstruktivni sistem

Konstruktivni sistem objekta je sistem ploča direktno oslonjenih na stubove. Konstrukcija je ukružena zidnim platnima koja su dominantna po broju i primanju opterećenja. Maksimalni raspon ploče je 6,89 m. Stubovi su dimenzija 40/40 cm. Na slici 1 je prikazana šema ramova.

Međuspratna konstrukcija je debljine 20 cm. Debljina stepenišne i podesne ploče je 14 cm.

Zidna platna su debljine 25 cm, raspoređena su po obodu, oko liftovskog okna kao i po unutrašnjosti objekta.

Klasa betona svih elemenata glavnog nosećeg konstruktivnog sistema je C25/30, a kvalitet armature je B500.

Objekat je ukopan, a minimalna dubina fundiranja je 1 m, na dobro nosivom tlu. Temeljnu konstrukciju čini ploča, debljine 60 cm. Uticaj tla se u proračun uvodi putem idealizacije tla, usvajanjem Vinklerovog modela tla, kojim se tlo tretira kao elastična podloga. Dozvoljeni napon u tlu je 220 kN/m².

2.3. Karakteristike nekonstruktivnih elemenata

Fasadni zidovi su izrađeni od giter blokova dimenzija 25x19x19 cm i obloženi demit fasadom debljine 7 cm. Pregradni zidovi su debljine 12 cm, takođe izrađeni od giter blokova dimenzija 25x12x19 cm. U kupatilima i kuhinjama je postavljena hidroizolacija, dok je na krovnoj ploči i u fasadnim zidovima postavljena i termoizolacija. Na plafonima i zidovima je predviđeno malterisanje, a na

podove se postavljaju cementna košuljica, pločice ili parket, u zavisnosti od namene prostorije.

2.4. Analiza opterećenja

Analiza opterećenja urađena je prema Evrokodu 1 kojim se definišu dejstva na konstrukcije [1].

Stalno opterećenje čine težina konstrukcije i težina nenosećih elemenata. Sopstvena težina od noseće AB konstrukcije je određena automatskim generisanjem opterećenja u softveru Tower 6.0, dok je težina nenosivih elemenata određena na osnovu zapreminskih težina definisanih u EN 1991-1-1:2002.

Korisno opterećenje je usvojeno u skladu sa EN 1991-1-1:2002, na osnovu kategorije upotrebe prostorija u stambenim zgradama.

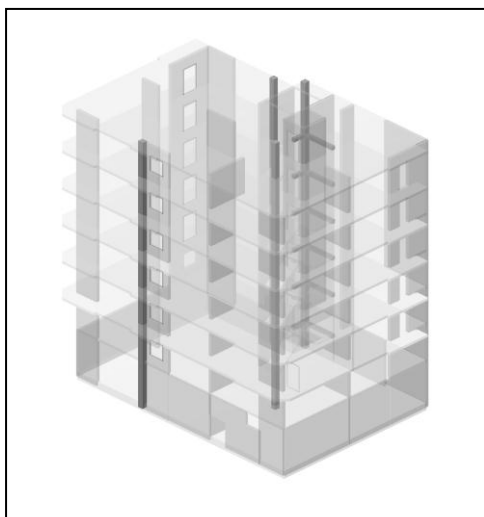
Dejstvo snega je određeno prema evropskom standardu EN 1991-1-3:2003 za krovove nagiba između 0 i 360° na konstrukciju je aplicirano u vidu jednako podeljenog površinskog opterećenja.

Dejstvo vetra je određeno prema evropskom standardu EN 1991-1-4:2005 i nanoseno je na konstrukciju kao linijsko opterećenje.

Seizmičko dejstvo je sračunato pomoću softvera Tower 6.0, koji nudi opciju seizmičkog proračuna multimodalnom spektralnom analizom prema standardu EN 1998-1:2004 [2].

2.5. Statički i dinamički proračun

Konstrukcija je modelirana kao prostorna u programskom paketu Tower 6.0, koji služi za statičku i dinamičku analizu konstrukcija primenom metode konačnih elemenata. Elementi konstrukcije su modelirani kao linijski i površinski elementi. Na slici 2 prikazan je 3D model konstrukcije.



Slika 2. 3D model konstrukcije

Modalna analiza je sprovedena softverom, sa veličinom elementa od 0,2 m. Pri modalnoj analizi stalno opterećenje i opterećenje od snega se uzima u punom iznosu, dok se korisno opterećenje uzima u redukovanom iznosu. Da bi se multimodalnom analizom obuhvatili svi oblici vibracija koji značajno doprinose globalnom odgovoru konstrukcije u proračunu se mora uzeti broj tonova sa kojim se angažuje 90% efektivne mase konstrukcije, kao i svi tonovi sa efektivnim masama većim od 5% ukupne mase konstrukcije. Dobijeni periodi oscilovanja dati su u tabeli 1.

Tabela 1. Periodi oscilovanja konstrukcije

No	T [s]	F [Hz]
1	0.9580	1.0439
2	0.7792	1.2833
3	0.4482	2.2309
4	0.1908	5.2411
5	0.1702	5.8764

Seizmička analiza je sprovedena u skladu sa pravilima i preporukama evropskog standarda EN 1998-1:2004.

Parametri za seizmički proračun konstrukcije su:

Kategorija tla:	C
Kategorija značaja:	II ($\gamma=1,0$)
Odnos a_g/g :	0,20
Koeficijent prigušenja:	0,05
Faktor ponašanja	3,6
S:	1,15
T_B :	0,2
T_C :	0,6
T_D :	2

2.6. Proračunske kontrole

Kontrola napona u tlu: dopušteni napon u tlu iznosi $\sigma_d = 220 \text{ kN/m}^2$, a maksimalni stvarni napon u tlu ispod temelja je veći od dopuštenog. Jedna od mera kojom bi se rešio problem je zamena materijala na mestu temeljenja zgrade do određene dubine i nabijanje novog materijala vibropločama do postizanja potrebnog modula stišljivosti.

Kontrola relativnog spratnog pomeranja: horizontalna spratna pomeranja spadaju u domen kontrole graničnog stanja upotrebljivosti i pravilnik EN 1998-1 propisuje dopuštene vrednosti za međuspratna horizontalna pomeranja na sledeći način:

$$d_r \cdot v \leq 0.005h$$

gde je:

d_r – međuspratno relativno pomeranje

h – spratna visina

v – faktor redukcije kojim se uzima u obzir kraći povratni period seizmičkog dejstva.

Na navedenom objektu je prikazan uslov zadovoljen.

Kontrola normalizovane vrednosti aksijalne sile u stubu i zidu: za primarne seizmičke stubove i zidove, projektovane u srednjoj duktilnosti (DCM), vrednost normalizovane aksijalne sile ne sme biti veća od 0,65 za stubove, odnosno 0,4 za zidove.

$$v_d = N_{sd} / (A_c f_{cd})$$

$$v_d = 1004.88 / (40 \cdot 40 \cdot 1.667) = 0,37 < 0,65$$

$$v_d = 3545,2 / (330 \cdot 25) \cdot 1,667 = 0,27 < 0,4$$

gde je:

$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$ - projektna čvrstoća betona

f_{ck} - čvrstoće betona pri pritisku na cilindar (za C25/30, $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$)

γ_c - parcijalni koeficijent sigurnosti za beton (za seizmičku proračunsku situaciju $\gamma_c = 1,5$)

$A_c = b_c \cdot d_c$ - ukupna površina preseka betona

N_{sd} - aksijalna sila iz analize za seizmičku proračunsku situaciju

Kontrola ograničenja efekata drugog reda: efekti drugog reda (P- Δ efekti) ne moraju da se uzimaju u obzir ako je sledeći uslov zadovoljen za sve spratove:

$$\theta = P_{tot} \cdot d_r / (V_{tot} \cdot h) \leq 0,1$$

gde su:

θ - koeficijent osetljivosti međuspratnog relativnog horizontalnog pomeranja,

P_{tot} - ukupnog gravitaciono opterećenja na i iznad posmatranog sprata u seizmičkoj proračunskoj situaciji,

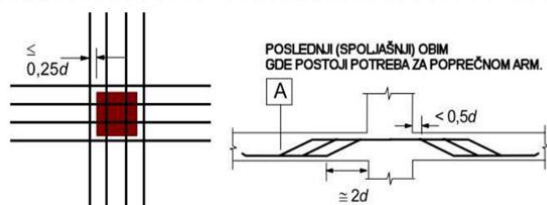
d_r - proračunsko međuspratno relativno horizontalno pomeranje,

V_{tot} - ukupna seizmička horizontalna sila u posmatranom spratu,

h - visina sprata.

Na predmetnom objektu uslovi su zadovoljeni i nije potrebno uzimanje u obzir efekata drugog reda.

Kontrola na probijanje je izvršena u kontrolnim obimima oko samog stuba i na rastojanju od dve statičke visine. Kontrola je nastavljena i u obimima dalje od kontrolnih u kojima je dobijeno probijanje. Armatura protiv proboja je usvojena u vidu koso povijenih šipki koje se povijaju za svaki kritični merodavni obim (slika 3). Osiguranje je izvršeno u temeljnoj ploči i svim međuspratnim etažama.



Slika 3. Protiv probojna armatura

2.7. Dimenzionisanje

AB elementi zgrade su dimenzionisani prema graničnom stanju nosivosti, a zatim je urađena provera ispunjenosti uslova graničnog stanja upotrebljivosti. Prema evropskim standardima, nosivost na savijanje i smicanje se izračunavaju prema pravilniku EN 1992-1-1:2004 [3]. U proračunu graničnih stanja nosivosti i upotrebljivosti treba da se koriste koeficijenti sigurnosti za materijale γ_c i γ_s , za beton i čelik respektivno. Za stalne i prolazne proračunske kombinacije, koeficijenti imaju vrednosti $\gamma_c=1,5$ i $\gamma_s=1,15$ za granično stanje nosivosti, a $\gamma_c=1,0$ i $\gamma_s=1,0$ za granično stanje upotrebljivosti.

Tabela 2. Debljina zaštitnih slojeva konstruktivnih elemenata

Element konstrukcije	Oznaka klase izloženosti	c_{nom} (mm)
Temeljna ploča	XC3	40
Međuspratna i stepenišna ploča	XC 1	25
Stubovi	XC1	30
Seizmičko platno	XC1	25

Dimenzionisane su temeljna ploča, ploča prizemlja, ploča tipskog sprata, i krovna ploča, suterenski zidovi, stepenišne i podesne ploče prizemlja i sva seizmička platna. U tabeli 2 prikazane su debljine zaštitnih slojeva konstruktivnih elemenata. Na osnovu potrebe za armaturom dobijenom dimenzionisanjem, usvojena je armatura i napravljeni su planovi armiranja svih gore navedenih elemenata u skladu sa pravilima armiranja. Međuspratne konstrukcije armirane su armaturnim mrežama koje su progušćivane armaturnim šipkama na mestima gde je to proračunski dobijeno preko

dijagrama izoliranja koje predstavljaju potrebu za armaturom u softveru Tower 6. Zidna platna su takođe armirana armaturnim mrežama na oba lica, dok su u krajevima platna grupisane vertikalne šipke. Suterenski zidovi su takođe armirani armaturnim mrežama koje su progušćivane na mestima na kojima je to proračunski dobijeno. Svi otvori na platnima i suterenskim zidovima opšivani su „pe” uzengijama. Temeljna ploča je armirana armaturnim šipkama od kojih je formirana mreža koja je progušćivana šipkama na mestima na kojima je proračunski dobijeno da je to neophodno.

2.8. Oblikovanje detalja za lokalnu duktilnost primarnih seizmičkih elemenata

Nakon sprovedenog dimenzionisanja za karakteristične elemente, pristupa se dokazu proračunske nosivosti za granično stanje nosivosti i oblikovanje detalja [4], [5]. Svi proračuni i kontrole zasnovani su na EN 1998-1:2004. Analizirani su stubovi i duktilni zid, kao primarni seizmički elementi, i na osnovu sprovedenih kontrola svi uslovi su ispunjeni.

3. POREĐENJE ODREDBI ZA PROJEKTOVANJE ZIDOVA OBJEKATA SREDNJE I VISOKE KLASSE DUKTILNOSTI

Prema EC8, u zavisnosti od ponašanja konstrukcije usled dejstva zemljotresa, razlikujemo tri klase duktilnosti:

- Nisku (DCL), za koju se praktično ne predviđa plastično ponašanje ni u jednom delu konstrukcije, a prijem opterećenja se obezbeđuje elastičnim radom i nosivošću.
- Srednju (DCM), za koju se dozvoljava relativno visok stepen plastifikacije i za koju se, posledično, propisuju njemu odgovarajuće mere za projektovanje detalja.
- Visoku (DCH), za koju se dopuštaju vrlo visoki stepeni plastifikacije i, time još strožije mere za projektovanje konstrukcije i detalja.

Za konstrukcijske elemente prilikom projektovanja za klase duktilnosti DCM i DCH ne dozvoljava se upotreba betona klase niže od C16/20 u primarnim seizmičkim elementima. U primarnim seizmičkim elementima za klasu duktilnosti DCM može se koristiti čelik za armiranje klase B i C, dok se za klasu duktilnosti DCH koristi samo čelik za armiranje klase C prema EN 1992-1-1:2004.

Faktorom ponašanja se inercijalno opterećenje, koje odgovara elastičnom spektru, redukuje na račun predviđenog nelinearnog odgovora konstrukcije. Redukcija elastičnog odgovora do nivoa prihvatljivog projektnog opterećenja moguća je do odgovarajuće granice. Niže sile podrazumevaju veći udeo nelinearnih deformacija koje konstrukcija treba da izdrži bez značajnijeg pada nosivosti. U tabeli 3 su prikazane odredbe za projektovanje zidova za klase duktilnosti DCM i DCH.

Analizirano je jedno platno u ramu V4. Dobijeni su uticaji za DCM i DCH i na osnovu njih je usvojena armatura (tabela 4). Dat je opšti zaključak o racionalnosti primene klase duktilnosti za predmetni objekat i okvirni uput za primenu klase duktilnosti za objekte uopšte.

Potreba za armaturom u ivičnim delovima zida je u oba slučaja manja od minimalne, tako da je usvojen minimalni procenat armiranja, te nema stvarne uštede armature kao jedne od prednosti DCH. Zbog velikog faktora uvećanja smičuće sile kod DCH dobijena je značajna potreba za

horizontalnom armaturom, te i u tom segmentu nema uštede. Horizontalne armature su uporedive u ukupnoj količini za DCM i DCH. Zbog povećanih zahteva lokalne duktilnosti povećana je potreba za uzengijama kojima se uteže ivični element kod DCH.

Tabela 3. Pregled odredbi za DCM i DCH

ZIDOV debljina zida, $b_w \geq$	DCH $\max(150\text{mm}, h_s/20)$	DCM
dužina kritične zone	$\geq \max(l_w, H_w/6)$ $\leq \min(2l_w, h_s)$ ako je zid ima ≤ 6 spratova $\leq \min(2l_w, 2h_s)$ ako je zid ima > 6 spratova <i>utegnuti element</i>	
$d_{sv} \geq$	6mm, $0,4(f_{yk}/f_{yk0})/2 d_{sv}$	6 mm, $d_{sv}/4$
razmak $s_v \leq$	$6d_{sv}$, $b_w/3$, 125mm	$8d_{sv}$, $b_w/2$, 175mm
$\omega_{sv} \geq$	0,12	0,08
<i>rebro</i>		
<i>-vertikalna armatura</i>		
$d_{sv} \geq$	8 mm	-
$d_{sv} \leq$	$b_w/8$	-
rastojanje $s_v \leq$	$\min(25d_{sv}, 250\text{mm})$	$\min(3b_w, 400\text{mm})$
<i>- horizontalna armatura</i>		
$d_{sh} \geq$	0,2%	$\max(0,1\%, 0,25p_s)$
$d_{sh} \leq$	8mm	-
$d_{sh} \leq$	$b_w/8$	-
rastojanje $s_h \leq$	$\min(25d_{sh}, 250\text{mm})$	400mm
Normalizovana vrednost aksijalne sile $\gamma_s = N_{Ed}/A_c f_{cd}$	$\leq 0,35$	$\leq 0,40$
<i>uzengije</i>		
Projektovana poprečna sila V_{Ed} = poprečna sila V_{Ed} dobijena seizmičkom analizom - faktor ϵ	ako je $H_w/l_w \leq 2$; $\epsilon = 1,2 M_{Rd0}/M_{Ed0} \leq \epsilon_q$ ako je $H_w/l_w > 2$: $\epsilon = \epsilon_q \left(\frac{7M_{Rd0}}{q} \frac{M_{Ed0}}{M_{Ed0}} + 0,1 \left(\frac{s_{sv}(f_{yk})}{s_{sh}(f_{yk})} \right)^2 \right) \leq \epsilon_q$	$\epsilon = 1,5$
$V_{Rd,max}$	40% vrednosti dobijene po EC2	dobijenom po EC2
$V_{Rd,s}$	$V_{Rd,s} = b_w(0,8l_w) \rho_s f_{yk}$	$V_{Rd,s} = d_w 2 \rho_s f_{yk} C1 G_0$, $1 \leq C1 \leq 2,5$

Tabela 4. Uticaji u zidovima za dve klase duktilnosti

	DCH	DCM
Max M_u (kNm)	2162,10	2923,28
Max T_u (kN)	403,95	517,72
Duktilnost krivine μ_ϕ	9,80	6,20

Opšti zaključak o racionalnosti primene jedne od dve navedene klase duktilnosti za predmetni objekat izveden je uzimajući u obzir gabarite objekta (relativno mali objekat), važnosti objekta, seizmičku zonu, lokaciju i broj zidova koji su dominantni. Na osnovu navedenih parametara zaključak je da je primena klase duktilnosti DCM za predmetni objekat racionalno rešenje, jer daje dovoljan nivo duktilnog rada za nivo važnosti analiziranog objekta, te nam u tom smislu primena klase duktilnosti DCH nije ni preko potrebna. Pri tome DCH nije doneo očekivane uštede usled smanjenja seizmičkih uticaja, uzimajući u obzir da su na objektu dominantni zidovi, te specifičnosti pri dimenzionisanju tih elemenata (uvećanje smičuće sile itd.). Preporuka na stranu DCH išla bi za objekte od izuzetne javne važnosti i kod objekata sa manjim brojem platana. U tom slučaju veći nivo duktilnosti objekta bi imao smisla zbog važnosti objekta, a manji broj platana bi eliminisao problem prevelikog uvećanja smičuće armature koji je karakterističan za DCH

i time omogućio da se na drugim nosećim elementima (stubovi/ramovi) smanjenim seizmičkim dejstvom ostvari ušteta u podužnoj armaturi. Veća količina uzengija u kritičnim zonama plastičnih zglobova u tom slučaju ne bi bila problem, jer bi ušteta podužne armature bila značajnija. U tom slučaju armatura u platnima bi bila uporediva, dok bi ušteta podužne armature u linijskim elementima koja nadmašuje uvećanje uzengija donela osetnu uštedu armature na objektu. Time bi do punog izražaja došle prednosti DCH, a to su duži duktilni rad konstrukcije praćen nižim nivoom seizmičkog dejstva čija bi posledica bila i ušteta u armaturi. Na analiziranom objektu, kao što je već rečeno, veća ušteta nije moguća zbog velikog broja platana čiji proračun za DCH značajno anulira uštedu armature u odnosu na DCM.

4. ZAKLJUČAK

Prema Evrokodu, projektant ima mogućnost izbora tri nivoa projektnog seizmičkog dejstva, za tri nivoa obezbeđene duktilnosti konstrukcije DCH/M/L. Viša klasa duktilnosti dozvoljava niži nivo seizmičkog dejstva, ali su zahtevi za konstruisanje detalja armature strožiji. U umerenim ili visokim seizmičkim zonama usvaja se DCM ili DCH klasa duktilnosti. Veće vrednosti faktora ponašanja koje se dodjeljuju visokoj klasi duktilnosti, podrazumijevaju da su proračunske vrednosti uticaja iz seizmičke proračunske situacije manje nego za srednju klasu duktilnosti. Izborom visoke klase duktilnosti dobijaju se manji uticaji, ali i strožiji uslovi po pitanju oblikovanja detalja (uzengije itd.) od DCM. Za predmetni objekat, DCM je racionalnije rešenje, jer daje dovoljan duktilni rad za važnost analiziranog objekta, a mana u vidu većih količina armature, kao posledice većih seizmičkih uticaja, nije izražena.

5. LITERATURA

- [1] Evrokod 1: Dejstva na konstrukcije, Beograd, 2009.
- [2] Evrokod 8: Proračun seizmički otpornih konstrukcija, Beograd, 2009.
- [3] Evrokod 2: Proračun betonskih konstrukcija, Beograd, 2006.
- [4] Vanja Alendar: Projektovanje seizmički otpornih armiranobetonskih konstrukcija kroz primere
- [5] P. Bisch, E. Carvalho, H. Degee : Eurocode 8: Seismic Design of Buildings Worked examples, Luxembourg, 2012.
- [6] <http://www.radimpex.rs> - ArmCAD 5i Tower 6.0

Kratka biografija:



Nenad Vićentić, rođen je u Loznici 1991. godine. Diplomski rad odbranio 2015. godine. Master rad odbranio 2017. godine.

KONTROLA KVALITETA U GRAĐEVINARSTVU

QUALITY CONTROL IN CONSTRUCTION

Vlatko Lukić, Vladimir Mučenski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – Definicija kvaliteta građevinskih projekata razlikuje se od kvaliteta proizvodnih ili uslužnih delatnosti, jer se proizvod ne ponavlja i unikatan je, sa specifičnim zahtevima.

Upravljanje kvalitetom predstavlja skup aktivnosti i akcija kojima se utiče na kvalitet proizvoda, rada i organizovanja.

U okviru proizvodnog sistema podsystem kontrole kvaliteta se može, a i mora tretirati samostalno, nezavisno od ostalih podsystema sa kojima je sistem kontrole u funkcionalnoj vezi.

Kontrole kvaliteta po fazama građevinske proizvodnje su:

- kontrola kvaliteta projekta,
- procedura nabavke i kontrola ulaznih materijala,
- kontrola proizvoda i građenja u montažnoj gradnji,
- kontrola AB elemenata,
- kontrola kvaliteta prefabrikovanih betonskih fasadnih elemenata i
- kontrole kvaliteta izrade temeljne ploče.

Abstract – The definition of quality of construction projects is different from the quality of production or service activity because the product is not repeated and unique, with specific requirements.

Quality management is a set of activities and actions that affect the quality of products, work and organization.

Within the manufacturing quality control system subsystem can be, and must be treated independently from other subsystems with which the control system in a functional relationship.

Quality control in stages of construction production:

- Quality control of the project
- Procurement procedures and controls on incoming materials
- Control products and construction in prefabricated construction
- Control elements AB
- Quality control of precast concrete facade elements
- Controls production quality of the base plate

Ključne reči: definicija kvaliteta, upravljanje kvalitetom, kontrola kvaliteta po fazama

1. UVOD

„Kvalitet je bio veliki problem u celoj istoriji ljudskog bića. Primeri specifikacije i inspekcije mogu se naći u Bibliji i datiraju najmanje 500 pne. Želja da proizvodi budu usklađeni sa potrebama i zahtevima kupca uvek je bila konstanta. Uvek se određivao graditelj koji će moći da ispuni tu želju“ [1].

Istraživanje u građevinskoj industriji je pokazalo da korišćenje koncepta upravljanja kvalitetom ima veliki uticaj na rezultate isplativosti građevinskih projekata i postizanje uspešnog nastupa.

2. UPRAVLJANJE KVALITETOM

„Upravljanje kvalitetom predstavlja skup aktivnosti i akcija kojima se utiče na kvalitet proizvoda, rada i organizovanja. Preciznije, menadžment građevinskim poduhvatima, predstavlja primenu znanja, veština i tehnika u aktivnostima kako bi se realizovali planirani ciljevi projekta. Jedan od sistema upravljanja je i integrirani sistem menadžmenta koji za osnovu ima upravljanje sistemom kvaliteta. Upravljanje kvalitetom uključuje utvrđivanje politike i ciljeva kvaliteta u procesima planiranja, kontrole, obezbeđenja i poboljšavanja kvaliteta realizacije građevinskih poduhvata“ [2].

Međunarodna organizacija za standardizaciju - ISO, izradila je **jedinstvene** standarde za sistem upravljanja kvalitetom - seriju ISO 9000 (1987. godine) u kojima je sadržan skup zahteva za ostvarenje kvaliteta proizvoda i usluga u poslovnom sistemu organizacije koja daje taj proizvod ili uslugu.

„Tokom desetogodišnje primene standarda serije ISO 9000, pored stalnih dopuna i izmena, ustanovljeno je da je neophodna njihova radikalna promena radi boljeg prilagođavanja pravila za upravljanje kvalitetom u poslovnom sistemu organizacija različitih delatnosti i veličine.

Zbog toga se u 2000. godini, pristupilo preuređenju ovih standarda. Ovaj poduhvat poznat je kao revizija standarda ISO 9000:2000. Domaći revidovani standardi ove serije izdati su u 2001. godini i nose oznaku JUS ISO 9000:2001“ [3].

3. KONTROLA KVALITETA

Kontrola kvaliteta počela je početkom 20. veka. Industrijska revolucija donela je kontrolu kvaliteta kao proces koji se sastoji od inspekcije proizvoda i statističke kontrole kvaliteta.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Vladimir Mučenski, docent.

„Joseph Juran¹ definiše kontrolu kvaliteta kao univerzalni upravljački proces kako bi se obezbedio kvalitet i stabilnost za sprečavanje štetnih posledica. Proces kontrole je poređenje stvarnog učinka sa ciljevima i preduzima akcije na razlikama.

Totalno upravljanje kvalitetom (Total Quality Management - TQM) je koncept rođen posle II svetskog rata. Podstaknut je potrebom takmičenja na globalnom tržištu gde su viši kvalitet, niže cene, a brži razvoj od suštinskog značaja. Danas se TQM smatra osnovnim uslovom. To je način planiranja, organizovanja i razumevanja svake aktivnosti, kao i uklanjanja nepotrebnih koraka“ [1].

Metode kontrole kvaliteta u građevinarstvu su:

Metoda inspekcije (vizualna metoda kontrole kvaliteta),

Eksperimentalna metoda (metoda merenja) i

Statistička metoda.

4. KONTROLA KVALITETA PO FAZAMA GRAĐEVINSKE PROIZVODNJE

4.1. Kontrola kvaliteta projekta

Ako se pod projektom podrazumeva umni i stručni napor na iznalaženju odgovarajućeg rešenja, a pod izradom tehničke dokumentacije radni proces, dobija se i sadržaj kontrole koju kod projektovanja treba primeniti.

„Praksa kontrole tehničke dokumentacije obuhvata sledeće oblike:

- kontrolu putem revizione komisije,
- unutrašnju kontrolu,
- spoljnu kontrolu“ [4].

4.2. Procedura nabavke i kontrola ulaznih materijala

Kontrola ulaznih materijala je od velikog značaja, jer kvalitet građevinskih elemenata i radova neposredno zavisi i od kvaliteta primenjenog materijala. Prilikom prijema materijala, odgovorno lice overom otpremnice potvrđuje ispravan kvalitet i kvantitet robe.

„Ulazni materijali kontrolišu se na sledeća dva načina:

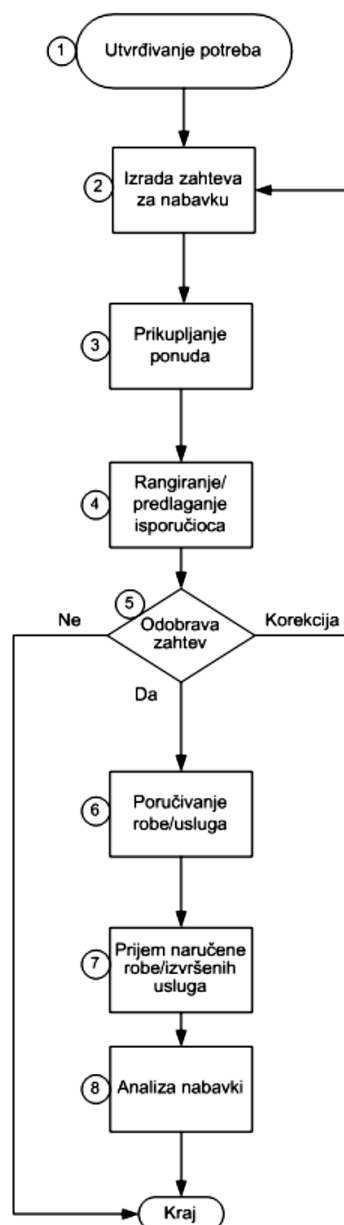
- putem izveštaja o kvalitetu koji prati materijal i dobija se od prodavaca;
- putem dopunskog ispitivanja od strane izvođača radova“ [4].

Tok procedure nabavke prikazan je na sledecem dijagramu (slika 1).

4.3. Kontrola u montažnoj gradnji

Faze kontrole proizvoda i građenja:

- proizvodnja elemenata objekta;
- transport elemenata do gradilišta;
- montaža objekta;
- predaja gotovog objekta korisniku;



Slika 1. Dijagram procedure nabavke

4.4. Kontrola AB elemenata

4.4.1. Kontrola tokom proizvodnje AB elemenata

AB (armirano-betonski) element je kombinacija armaturnog sklopa, betona definisanog kvaliteta, elemenata za kačenje i dodatnih elemenata prema specifikaciji radioničkog crteža i predstavlja gotov proizvod pogona za prefabrikaciju.

Kontrolu kvaliteta proizvedenog betona obavlja nadležna institucija na osnovu dostavljenih uzoraka betona koji se pripremaju i neguju po standardu JUS U.M1.005.

Za jednu montažnu zgradu u tabeli su prikazane, kao primer, vrste poslova na kontroli kvaliteta koje treba obaviti tokom svih faza proizvodnje [4].

Legenda - vrsta kontrole:

1. Prikupljanje podataka o kvalitetu ulaznih materijala
2. Eksperimentalna kontrola ulaznih materijala
3. Eksperimentalno ispitivanje tokom rada
4. Vizuelna kontrola tokom izrade
5. Eksperimentalno ispitivanje nakon izrade-ugrađivanja
6. Vizuelna kontrola nakon izrade-ugrađivanja
7. Funkcionalna kontrola nakon ugrađivanja [4].

¹Joseph Juran (1904 - 28, 2008) амерички инжењер и консултант за управљање, рођен у Румунији

Vrsta elementa ili radova	Vrsta kontrole kvaliteta						
	1	2	3	4	5	6	7
1. PRIPREMA TERENA I GRADILIŠTA							
Skidanje humusa i rastinja							+
1.2 Nivelacija terena			+		+		
1.3 Izgradnja privremenih objekata gradilišta	+			+		+	+
1.4 Izgradnja privremenih instalacionih mreža gradilišta	+			+	+		+
1.5 Izgradnja privremenih saobraćajnica gradilišta	+		+				+
1.6 Ostali pripremni radovi gradilišta	prema vrsti rada						
2. PREFABRIKACIJA ELEMENATA							
2.1 Prefabrikacija betonskih temeljnih greda	+	+	+	+			+
2.2 Prefabrikacija nosećih betonskih stubova	+	+	+	+			+
2.3 Prefabrikacija nosećih betonskih i drugih zidova	+	+	+	+			+
2.4 Prefabrikacija betonskih i drugih tavanica	+	+	+	+			+
2.5 Prefabrikacija betonskih i drugih krovnih ploča	+	+	+	+			+
2.6 Prefabrikacija betonskih i dr.razdelnih i pregradnih zidova	+	+	+	+			+
2.7 Prefabrikacija betonskih i dr. sanitarnih zidova ili kabina	+	+	+	+			+
2.8 Prefabrikacija betonskih stepenišnih elemenata	+	+	+	+			+
2.9 Prefabrikacija betonskih i drugih fasadnih elemenata	+	+	+	+			+
2.10 Prefabrikacija dimnjačkih i ventilacionih elemenata	+	+	+	+			+
2.11 Prefabrikacija ostalih nepomenutih delova	prema vrsti elem.						
3. GRAĐENJE OBJEKTA							
3.1 Široki iskop zemlje				+	+		
3.2 Iskop temelja				+	+		
3.3 Oplata, armatura i betoniranje temelja	+	+	+	+			+
3.4 Drenaža podruma				+			+
3.5 Hidroizolacija podruma	+		+	+	+		+
3.6 Zatrpavanje otkopa oko zgrade			+	+			
3.7 Izrada betonskih trotoara	+	+	+	+			+
3.8 Ostali nepomenuti radovi	prema vrsti rada						
4. MONTAŽA OBJEKTA							
4.1 Montaža temeljnih greda	+			+	+	+	
4.2 Montaža nosećih stubova zgrade	+			+	+	+	
4.3 Montaža nosećih zidova zgrade	+			+	+	+	
4.4 Montaža tavanice zgrade	+			+	+	+	
4.5 Montaža krovnih ploča zgrade	+			+	+	+	
4.6 Montaža razdelnih i pregradnih zidova	+			+			
4.7 Montaža sanitarnih zidova ili kabina	+			+			+
4.8 Montaža stepenišnih elemenata	+	+	+	+			+
4.9 Monolitizacija konstrukcije zgrade	+	+	+	+			+
4.10 Montaža fasadnih elemenata	+			+			+

4.11 Montaža dimnjačkih i ventilacionih elemenata	+			+			+
4.12 Montaža ostalih nepomenutih elemenata zgrade	prema vrsti elem.						
4.13 Montaža prozora	+			+		+	+
4.14 Montaža vrata	+			+		+	+
4.15 Montaža ugrađenog nameštaja	+			+		+	+
4.16 Montaža balkonskih ograda				+		+	
4.17 Montaža stepenišnih ograda				+		+	
4.18 Montaža mreže vodovoda i kanalizacije	+			+	+		
4.19 Montaža mreže jake i slabe struje	+			+	+		
4.20 Montaža mreže centralnog grejanja	+			+	+	+	
4.21 Montaža sanitarnih objekata	+			+		+	
4.22 Montaža električnog visećeg materijala	+			+		+	
4.23 Montaža grejnih tela	+			+	+	+	
4.24 Montaža lifta	+			+		+	
4.25 Montaža ostalih nepomenutih elemenata	prema vrsti elem.						
5. FINALIZACIJA OBJEKTA							
5.1 Obrada unutrašnjih površina zgrada	+			+		+	
5.2 Obrada spoljnih površina zgrada	+			+		+	
5.3 Hidroizolacija krova sa limarijom	+		+	+	+	+	
5.4 Polaganje podova	+			+		+	
5.5 Zastakljivanje prozora i vrata				+		+	
5.6 Farbanje				+		+	
5.7 Molovanje				+		+	
5.8 Ostali nepomenuti radovi	prema vrsti rada						

4.4.2. Kontrola prilikom transporta elemenata

Procedura transporta započinje prijemom zahteva za transport. Zahtev za transport ispunjava lice za čije potrebe se transport obavlja.

Planiranje transporta podrazumeva određivanje vozača i vozila, pripremu putne dokumentacije (putni nalog, tahografski listić), način utovara/istovara, način prihvata tereta na vozilu, itd...

Na osnovu zahteva za transport izdaje se nalog za utovar koji izdaje lice koje je odgovorno za obavljanje transporta.

4.4.3. Kontrola tokom montaže objekta

Ova kontrola obuhvata prvenstveno vizuelnu kontrolu, a po potrebi i eksperimentalno ispitivanje nakon ugrađivanja elementa.

Eksperimentalno ispitivanje se obavlja u terenskoj laboratoriji i spada pod obaveze izvođača radova, ili to obavlja neka druga laboratorija.

Kod završnih radova kontrola je praktično vizuelna, a ponekad funkcionalna.

4.4.4. Skladištenje nabavljene ili proizvedene robe

Prilikom dopreme robe, rukovodilac magacina proverava prispelu robu na osnovu otpremnice isporučioaca i vrši kontrolu ulazne robe ili proizvoda. Kontrola ulaza obuhvata:

- proveru pakovanja,
- kvantitativni i kvalitativni pregled i
- proveru dokumenata koji prate robu.

4.4.5. Kontrola prilikom predaje gotovog objekta investitoru

Ovom kontrolom se utvrđuje da li je objekat izgrađen saglasno odobrenoj tehničkoj dokumentaciji i uslovima. Komisija ovu kontrolu sprovodi vizuelnom i funkcionalnom metodom. Ovim metodama se uočavaju eventualni nedostaci i nezavršeni radovi nužni za funkcionisanje objekta.

4.4.6. Kontrola kvaliteta objekta u garantnom roku

U ovom periodu je izvođač radova dužan da otkloni bilo kakve nedostatke ili skrivene mane koje građevinski objekat, kao kompleksan, može imati. Ali, nedostaci nastali usled neadekvatne upotrebe ili rukovanja, ne postaju obaveza izvođača radova za popravku. Nakon isteka garantnog roka prestaje obaveza izvođača za kvalitet.

4.5. Kontrole kvaliteta izrade temeljne ploče

„Navodimo postupke i vrste kontrole koji se koriste prilikom kontrole kvaliteta izrade temeljne ploče objekta“ [5].

- Priprema temelja: *Inspekcija osnove temelja vršena je metodama osmatranja i geodetskog merenja.*
- Izrada sloja od mršavog betona d=8cm: *Inspekcija podrazumijeva kontrolu površine, dimenzija i kota, kao i kontrolu kvaliteta mršavog betona.*
- Izrada hidroizolacije: *Kontrola podrazumeva kontrolu materijala, položaja i preklopa.*
- Prijem hidroizolacije: *Izvođač potvrđuje da je izvršio kontrolu.*
- Izrada sloja od mršavog betona d=8cm: *Kontrola podrazumeva kontrolu površine, dimenzija i kota, kao i kontrolu kvaliteta.*
- Montaža oplata i otvora: *Kontrola podrazumeva kontrolu kvaliteta oplata, dimenzija i položaja.*
- Montaža donje zone armature: *Kontrola podrazumijeva kontrolu kvaliteta armature, dimenzija i položaja.*
- Montaža ankera za stubove i zidove: *Kontrola podrazumijeva kontrolu kvaliteta ankera, dimenzija i položaja.*
- Montaža gornje zone armature: *Kontrola podrazumeva kontrolu kvaliteta armature, dimenzija i položaj*
- Priprema za betoniranje: *Kontrola podrazumeva kontrolu položaja, stabilnosti i čistoće armature kao i kontrolu opreme za betoniranje.*
- Prijem bloka za betoniranje: *Kontrola podrazumeva verifikaciju ispravnosti izvedenih radova.*
- Betoniranje armirano betonske ploče d=90cm, MB30: *Kontrola podrazumeva kontrolu kvaliteta betona, dimenzija i kota, kao i kontrolu sredstava za rad.*
- Nega betona: *Kontrola podrazumeva kontrolu neprekidne nege u vremenu određenom projektom betona, a u skladu sa detaljnom tehnologijom izvođenja betonskih radova.*

5. ZAKLJUČAK

Ulaganje u unapređenje kvaliteta proizvoda u građevinarstvu, kao i adekvatno upravljanje dugoročno će se isplatiti, jer se sa ulaganjem u kvalitet, smanjuju troškovi «nekvaliteta», a zbog stabilnosti procesa povećava produktivnost i uvećava odnos vrednosti i cene za proizvod, samim tim i ukupan profit preduzeća.

Globalizacija tržišta, primena savremenih tehnologija i inovativnih materijala u gradnji, ulazak domaćih građevinskih kompanija u sistem WCM-a (svetske klase proizvodnje), kao i dalja informatizacija postojećih znanja omogućavaju sve veću tražnju potrošača za višim nivoom kvaliteta objekta. To znači da aktuelni uslovi poslovanja od građevinskih firmi kao i ostalih preduzeća zahtevaju da imaju superiornu strategiju i da na tržištu svojim nastupom ostvare značajnu konkurentsku prednost, koja se postiže i održava ostvarenjem bazičnih ciljeva vezanim za kvalitet, troškove i fleksibilnost.

Ovo dalje pretpostavlja da građevinske kompanije imaju konkurentne sposobnosti i da su u stalnom unapređenju kvaliteta objekta i racionalnom upravljanju kvalitetom u uvedenom i prema modelu standarda ISO 9001 sertifikovanom Sistemu kvaliteta [1] [3].

6. LITERATURA

- [1] Razzak A. R, (2011) “Quality Management in Construction Project“, by Taylorand Francis group, LLC, Dauton, Ohio, 2011
- [2] Božilović S., Miletić V., „Naučni rad na JEL-u“, Beograd, 2014
- [3] Čirović, Lazić-Vojinović, „Upravljanje Kvalitetom u Građevinarstvu“ prerađeno i dopunjeno izdanje, Viša Građevinsko-Geodetska škola Beograd, 2006
- [4] Stručni skup, „Kontrola Kvaliteta“, 1991
- [5] Rakočević M., Knežević M., Rutešić S., Ivanišević N., Stevanović B., „Menadžment“ - časopis za teoriju i praksu menadžmenta, 2012

Kratka biografija:



Vlatko Lukić rođen je u Zrenjaninu 1987. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo – Tehnologija i organizacija građenja odbranio je 2017.god.



Vladimir Mučenski je docent Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu. Zvanje doktora nauka stekao je 2013 godine. Predavač je na osnovnim, master i doktorskim studijama iz oblasti Upravljanja projektima i Upravljanja rizicima u građevinarstvu.

TEHNOLOGIJA MONTAŽE I UTVRĐIVANJE VREMENA MONTAŽE ELEMENATA HALE**TECHNOLOGY ASSEMBLY AND DETERMINING THE TIME OF ASSEMBLY OF A HALL**

Jelena Katić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – Na konkretnom primeru izgradnje hale u Šimanovcima posmatrana je i opisana tehnologija izrade, transporta i montaže prefabrikovanih elemenata konstrukcije gde je akcenat stavljen na samu montažu elemenata sa osvrtom na eksperimentalno utvrđivanje vremena montaže primenom metode fotopregleda. Prikazano je vreme potrebno za montažu elemenata konstrukcije hale koje je mereno na gradilištu za vreme montaže tih elemenata.

Abstract – In the particular case of the construction of the hall in Šimanovci observed and described the technology of production, transportation and assembly of prefabricated construction elements where the emphasis is placed on the assembly of elements with a focus on experimental determination of the time of assembly using the method photo-viewing. Shown is the time required for assembly of structural elements of the hall, which was measured at the site during installation of these elements.

Cljučne reči: Tehnologija montaže, vreme montaže elemenata hale, fotopregled

1. UVOD

Primenom gotovih prefabrikovanih elemenata i njihovom montažom na samom gradilištu moguće je ostvariti poboljšanje kvaliteta i smanjenje rokova građenja.

Pri analizi načina izrade montažne konstrukcije objekta potrebno je razmotriti metodu montaže za celi objekat i tehnologiju montaže pojedinih elemenata.

Metoda montaže je tehnika da se sklapanjem pojedinačnih elemenata dobije celina tj. objekat.

Tri bitne faze kroz koje prolaze elementi do potpunog oformljenja konstrukcije objekta su:

1. izrada elementa,
2. transport elementa i
3. montaža elementa.

Na konkretnom primeru izgradnje hale u Šimanovcima posmatrane su i opisane sve tri faze. Prikazano je i vreme potrebno za montažu elemenata konstrukcije hale koje je mereno na samom gradilištu za vreme montaže tih istih elemenata od 26.09.-08.10.2016. godine.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Milan Trivunić, red.prof.

2. PROIZVODNJA I TRANSPORT PREFABRIKOVANIH ELEMENATA

Proizvodnja prefabrikovanih elemenata je proizvodnja u fabrički kontrolisanim uslovima, što omogućava nezavistan rad od vremenskih uslova i spoljne temperature tokom cele godine.

Tehnološka linija je linija kod koje se elementi (kalupi) ne kreću, prefabrikacija na pistama.

Transport gotovih elemenata počinje u fabrici, na skladištu, postavljanjem elemenata u pravilan položaj na transportno vozilo (kamion sa prikolicom).

Na gradilištu se direktno sa kamiona vrši montaža pojedinih elemenata (glavnih nosača, rožnjača) autodizalicom, te se pristizanje elemenata na gradilište mora odvijati prema utvrđenoj dinamici montaže. Stubovi su se istovarali na gradilištu, u blizini mesta montaže, u zavisnosti kako je kamion sa elementima stizao i kako je bila planirana montaža, zbog procene da je tako lakše zahvatiti, podići i montirati element i zbog mogućnosti dizalice. Takođe pojedine ivične pravougaone rožnjače su se prvo istovarile na gradilištu jer nisu bili stigli i postavljeni glavni nosači na koje se te rožnjače oslanjaju. Do ovoga je došlo zbog loše organizacije proizvodnje i transporta.

Tabela 1. *Vreme potrebno za istovar svakog elementa*

Dani	Elementi	Istovar [min]	Prosek [min]
26.09.2016.	STUB (9 kom)	2:26 - 3:27	3
27.09.2016.	STUB (11 kom)	1:36 - 3:09	3
01.10.2016.	Rožnjača	2.37	3
03.10.2016.	Rožnjača	2.33	3
07.10.2016.	Rožnjača	2.41	3

Operacije koje su merene na gradilištu i na osnovu kojih je dobijeno vreme potrebno za istovar su:

1. spuštanje lanaca do elementa,
2. zahvatanje elementa,
3. dizanje elementa i
4. spuštanje elementa u blizini mesta ugradnje.

3. TEHNOLOGIJA MONTAŽE I ANALIZA VREMENA MONTAŽE ELEMENATA HALE

Način montaže pojedinog elementa zavisi od vrste objekta, vrste elementa, geometrije, težine i mesta na koje se postavlja u konstrukciju, kao i od vrste sredstva kojim se zahvata element i sredstva kojim se vrši montaža (dizalice).

Metoda koja je korišćena za određivanje utroška radnog vremena montaže konstrukcije hale u celini, odnosno pojedinih elemenata koji je sačinjavaju je metoda fotopregleda.

Snimanje se vrši tokom cele smene ili više smena dok proces nije u potpunosti završen. Trajanje radnih operacija meri se časovnikom, a upisivanje se vrši brojno, grafički ili mešovito. Tačnost zapisivanja vremena može biti od 0,5-1,0 min. Može se videti i broj montiranih elemenata tokom trajanja radnog vremena za jedan dan. Takođe, montaža pojedinih elemenata je prikazana i na fotografskim snimcima.

Montaža elemenata sadrži niz operacija koje je potrebno izvršiti da bi se postavljanje svakog elementa u konstrukciju izvršilo brzo, kvalitetno i sigurno.

Operacije koje su merene prilikom montaže svakog elementa su raščlanjene na:

- kačenje (zahvatanje) elementa,
- podizanje elementa,
- spuštanje i postavljanje elementa,
- skidanje lanaca i
- spuštanje lanaca do sledećeg elementa.

Posmatrani elementi objekta hale u Šimanovcima su:

- temeljne čašice,
- stubovi,
- glavni nosači,
- sekundarni nosači-rožnjače.

3.1 Temeljne čaše

Nakon završetka pripremnih radova kamionom se dopremaju temeljne čaše koje se prave u obližnjoj fabrici prefabrikovanih elemenata, potom sledi njihov istovar (Slika 1.) u blizini mesta ugradnje.



Slika 1. Istovar temeljnih čaša

Zatim sledi postavljanje elementa u odgovarajući položaj uz pomoć ankera, lanaca i daske, okretanjem elementa. Nakon što se element postavi u odgovarajući položaj spušta se u temeljnu jamu na prethodno pripremljenu betonsku podlogu (Slika 2.). Kontrola ispravnosti položaja se vrši libelom i na kraju sledi učvršćavanje elementa betonom odgovarajuće marke.

3.2 Stubovi

Pre same montaže stuba mora se izvršiti priprema ležišta u koju spada nivelisanje dna temeljnih čaša, obeležavanje osovine stubova, postavljanje čelične pločice i distancera. Kada stubovi stignu, radi se istovar stubova sa kamiona u blizini mesta ugradnje pa se tek onda pristupa montaži elementa.



Slika 2. Postavljanje temeljne čaše

Plan montaže stubova možemo definisati u tri faze:

- ❖ 1. FAZA – zahvatanje i podizanje stuba u vertikalni položaj. Vršiti se uz pomoću čeličnih užadi i trna (Slika 3.).
- ❖ 2. FAZA – spuštanje i privremeno učvršćavanje stuba pomoću drvenih klinova koji se kasnije, nakon betoniranja temeljne čašice do određene visine vade i meri se ispravnosi položaja postavljenog elementa uz pomoć libele (Slika 4.).
- ❖ 3. FAZA – skidanje čeličnih trnova i užadi sa stuba povlačenjem kanapa sa jedne strane za koji su vezani.



Slika 3. Zahvatanje i podizanje stuba



Slika 4. Privremeno učvršćavanje stuba

Nakon postavljanje svih stubova sledi provera ispravnosti položaja, zatim može da se pristupi betoniranju spoja.

Tabela 2. Vreme potrebno za montažu svakog stuba

Datum	Elementi	Ukupno [min]	Prosek [min]
26.09.2016	STUB (9 kom)	7:47 -16:13	10
27.09.2016.	STUB (11 kom)	6:18 -20:10	

3.3 Glavni nosač

Montaža glavnih nosača se sastoji se iz sledećih faza:

- zahvatanje elementa,
- dizanje elementa,
- spuštanje i postavljanje elementa,
- provera ispravnosti položaja elementa,
- skidanje lanaca,
- izrada spoja.

Zahvatanje i dizanje elementa se radi direktno sa kamiona (Slika 5.). Prilikom podizanja dva radnika sa zemlje, pomoću užadi zavezanih za element, podešavaju element da ispravno sedne na stub. Spoj grede i stuba se vrši uz pomoć neoprenskih ležišta i armaturnih šipki koje su pričvršćene u stubu i prilikom montaže na oba kraja grede nalaze se radnici u hidrauličnim korpama koji izvode precizno naleganje elementa na taj način što šipke armature iz stuba prolaze kroz otvore koji se nalaze na krajevima grede (Slika 6.). Zatim sledi provera ispravnosti položaja elementa, skidanje lanaca i stalno učvršćavanje elementa zalivanjem otvora cementnim malterom.



Slika 5. Podizanje elementa sa kamiona



Slika 6. Spuštanje i postavljanje elementa

Tabela 3. Vreme potrebno za montažu svakog g. nosača

Datum	Elementi	Ukupno [min]	Prosek [min]
1.10.2016	GREDA (8 kom)	7:34 -14:32	13
3.10.2016	GREDA (2 kom)	14:05 -17:09	
7.10.2016	GREDA (4 kom)	11:11 -14:11	
8.10.2016	GREDA (1 kom)	11:22	

3.4 Rožnjače

Proces montaže rožnjače je sličan kao i proces montaže glavnih nosača.

Montaža rožnjača se sastoji se iz sledećih faza:

- zahvatanje elementa,
- dizanje elementa,
- spuštanje i postavljanje elementa,
- skidanje lanaca,
- izrada spoja.

Zahvatanje i dizanje elementa se radi direktno sa kamiona. Montaža rožnjače je montaža preko prepreke (Slika 7.) jer se kao prepreka na putanji strele dizalice pri okretanju oko osovine nalazi glavni nosač. Neke ivične rožnjače su se prvo istovarile i montirale sa zemlje jer su zbog neorganizovanosti proizvodnje i transporta stigle pre nego što su se montirali g. nosači na koje se postavljaju.



Slika 7. Montaža rožnjače preko prepreke

Prilikom podizanja dva radnika sa zemlje, pomoću užadi zavezanih za element, podešavaju element da ispravno sedne na gredu. Spoj grede i rožnjače (Slika 8.) se vrši uz pomoć neoprenskih ležišta i armaturnih šipki koje se nalaze na gredi i prilikom montaže na oba kraja rožnjače nalaze se radnici u hidrauličnim korpama koji izvode precizno naleganje elementa na taj način što šipke armature prolaze kroz otvore koji se nalaze na krajevima rožnjače. Zatim sledi skidanje lanaca i stalno učvršćavanje elementa zalivanjem otvora cementnim malterom.



Slika 8. Spoj glavnog nosača i rožnjače



Slika 9. Postavljanje rožnjače na nosač

Tabela 4. Vreme potrebno za montažu svake rožnjače

Datum	Elementi	Ukupno [min]	Prosek [min]
1.10.2016.	Rožnjača (7 kom)	6:16-10:53	7
3.10.2016.	Rožnjača (17 kom)	3:47-7:46	
7.10.2016.	Rožnjača (10 kom)	4:42-9:38	
8.10.2016.	Rožnjača (10 kom)	4:19-9:57	

3.5 Dizalica

Pored posmatranja i merenja vremena potrebnog za montažu svakog elementa na gradilištu u Šimanovcima, zabeleženo je i potrebno vreme dizalice da se premesti sa jedne pozicije na drugu i namesti za montažu sledećeg elementa. Na osnovu svih tih vremena dobijamo procenat efektivnog rada dizalice u toku montaže koje prosečno iznosi 36%.

4. ZAKLJUČAK

Obradom svih podataka i na osnovu prethodnih tabela, kao konačna analiza, dobijeno je:

- ukupno vreme potrebno za istovar 20 stubova → 53 minute,
- prosečno vreme potrebno za istovar 1 stuba → 3 minute,
- ukupno vreme potrebno za montažu 20 stubova → 195 minute,
- prosečno vreme potrebno za montažu 1 stuba → 10 minuta,
- ukupno vreme potrebno za montažu 15 glavnih nosača → 193 minute,
- prosečno vreme potrebno za montažu 1 glavnog nosača → 13 minuta,
- ukupno vreme potrebno za istovar 3 rožnjače → 9 minuta,
- prosečno vreme potrebno za istovar 1 rožnjače → 3 minute,
- ukupno vreme potrebno za montažu 44 rožnjače → 267 minute,
- prosečno vreme potrebno za montažu 1 rožnjače → 7 minuta,
- ukupno vreme potrebno za montažu 20 stubova, 15 glavnih nosača i 44 rožnjače (79 elemenata) → 655 minuta (10 h 55 min).

Tabela 5. Ukupna vremena za sve elemente

Elementi	Broj elemenat	Ukupno vreme [min]		
		Istovar	Montaža	Rad dizalice
Stub	20	53	195	364
Glavni Nosač	15	–	193	308
Rožnjača	44	9	267	397

Tabela 6. Prosečna vremena za jedan element

Elementi	Prosečno vreme [min]		
	Istovar	Montaža	Rad dizalice
Stub	3	10	19
Glavni Nosač	–	13	21
Rožnjača	3	7	10

Poštovanje rokova izgradnje objekta postiže se kvalitetnom postavljenom organizacijom građenja što predstavlja dobru organizovanost i usklađenost sve tri faze: proizvodnje, transporta i montaže.

Organizacijom i merama koje proističu iz toga smanjuju se gubici vremena usled niza zastoja koji su posledica slabe organizacije i njene primene.

Osnova dobre i brze montaže predstavlja dobra organizacija proizvodnje i transporta kao i stručnost samih radnika.

Rad treba planirati i organizovati na način da se omogući lančani sistem montaže tj. rad na montaži treba teći bez vremenskih prekida.

Nakon provedenog vremena na gradilištu i praćenja toka montaže, od proizvodnje elemenata pa do formiranje objekta, došla sam do sledećih zaključaka:

Slaba organizacija proizvodnje pa i transporta dovela je do usporavanja montaže i do nepotrebnog gubitka vremena. Zbog toga montaža elemenata hale se nije odvijala u kontinuitetu već postoji prazan hod, dani kada se montaža nije radila i sve to zbog loše organizacije same proizvodnje jer elementi nisu bili gotovi kada je bilo planirano.

Pošto sam prisustvovala i početku proizvodnje elemenata za pomenuti objekat, primetila sam da se proizvodnja odvijala usporenim ritmom i da su radnici radili bez žurbe i nekog roka. To se kasnije odrazilo na samu montažu jer postoje dani kada se montaža nije radila i kada su poslovi što se tiče tog dela stajali.

Montaža je počela 26.09.2016. a završila se 08.10.2016. Od 12 radnih dana koliko ima u tom intervalu radilo se svega 6 dana. Ovo dovodi i do zauzimanja i troškova autodizalice, koja je sve to vreme bila na gradilištu.

Organizacija transporta je isto mogla biti bolje organizovana jer se vreme gubilo na čekanju kamiona da dovedu sledeću turu elemenata.

Što se tiče same radne snage njihova disciplina i organizacija je bila na nivou, radnici su iskusni, visoko kvalifikovani i izvršavaju radove kvalitetno.

Vreme trajanja montaže je moglo biti kraće samo da je organizacija bila bolja.

Dobra organizacija je pola posla!

Ovi podaci mogu da posluže za utvrđivanje radnih normi vremena za neki rad i za planiranje i organizaciju novih procesa montaže.

5. LITERATURA

- [1] Milan R. Trivunić, Jasmina J. Dražić "Montaža betonskih konstrukcija zgrada", Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, AMG knjiga Beograd, 2009.

Kratka biografija:



Jelena Katić rođena je u Novom Sadu 1990. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva-Tehnologija i organizacija građenja odbranila je 2017.god.

**ANALIZA MEĐUNARODNOG PROJEKTA NOVI ORBITALNI AUTOPUT –
PAKET 3, U KATARU****ANALYSIS OF INTERNATIONAL PROJECT NEW ORBITAL HIGHWAY –
PACKAGE 3, QATAR**Svetlana Kovačević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

Kratak sadržaj – *Predmet ovog rada jeste analiza međunarodnog projekta – NOH3, u Kataru, sa ciljem istraživanja savremenog građevinskog poslovanja na Bliskom Istoku.*

Abstract – *The Subject of this thesis is analysis of international project – NOH3, in Qatar, in intention to conduct a research of contemporary business in area of civil engineering, in the Middle East.*

Ključne reči: *Međunarodni projekti, poslovanje na Bliskom Istoku, PMI (Project Manager Institute)*

1. UVOD

U ovom delu rada opisana je trenutna urbanistička situacija u zemljama Persijskog zaliva. Analizirani su ekonomski i geopolitički faktori koji su uticali na tok razvoja gradova u ovim podnebljima. Nagla ekspanzija u građevinskom sektoru je posledica brzog ekonomskog rasta izazvanog eksploatacijom nafte i gasa ali i težnje za diverzifikacijom ostalih sektora u Zalivskim državama, poput turizma, trgovine i bankarstva.

Investicioni projekti na ovim prostorima imaju uticaja na svetsku građevinsku scenu. Iz tog razloga, osnovni cilj rada je istraživanje realizacije velikih projekata na Bliskom Istoku. Ispitivanje je izvršeno na dva načina; kroz analizu upravljanja konkretnim projektom i komparaciju rukovođenja projektima na tržištima zapadnih zemalja i Bliskog Istoka.

Na kraju poglavlja opisan je razvoj glavnog grada Katara – Dohe, problem naglog rasta i primarni ciljevi opisanog programa Novi orbitalni autoput.

2. PROGRAM NOVI ORBITALNI AUTOPUT (NEW ORBITAL HIGHWAY – NOH)

Odabrani projekat, čijom analizom su ujedno opisane specifičnosti građevinske prakse na Bliskom Istoku, samo je deo programa NOH. Kako bi se pristupilo detaljnom istraživanju upravljanja na odabranom projektu, prethodno se moraju definisati ključni aspekti celokupnog programa Novi orbitalni autoput.

2.1. Opis programa NOH

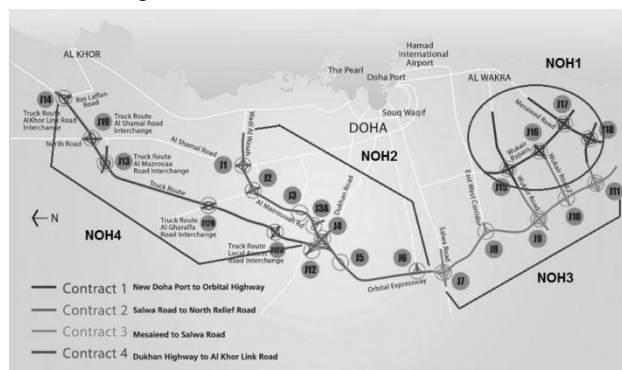
Usled nedovoljno razvijene infrastrukturne mreže, koja nije mogla da isprati nagli rast Dohe, javljaju se izuzetne gužve u saobraćaju.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Igor Peško.

NOH predstavlja sistem putne mreže koja će smanjiti gradska zakrčenja u saobraćaju i povezati industrijske gradove na severu i jugu Katara.

Program Novi orbitalni autoput praktično predstavlja zaobilaznicu oko Dohe i sastoji se iz četiri projekta označenih kao Paketi 1,2,3 i 4 (NOH1, NOH2, NOH3 i NOH4). Na slici 1, prikazana je trasa autoputa, sa naznačenim paketima.



Slika 1. *Prikaz trase Novog orbitalnog autoputa*

U pitanju je putna mreža dužine približno 190 km. Na najvećem delu sastoji se iz pet traka za regularan i dve za saobraćaj teretnih vozila, u oba pravca. Kako je predviđen porast saobraćaja u narednim godinama, ostavljen je prostor za proširivanje puta za po dve trake za redovan saobraćaj u oba pravca. Karakteristika ovog projekta je i veliki broj dvo-stepenih denivelisanih raskrsnica, kojih je ukupno 22.

Pored toga, trasa puta prelazi preko prostranog sistema cevi za gas, kako prelazi preko najvećeg polja gasa na kopnu Katara. Dat je velik akcenat na kvalitetnu izradu prelaza i zaštite gasovoda na mestima ukrštanja sa autoputem.

Infrastrukturu autoputa činiće i posebni prolazi za kamile, isključenja sa parking zonama, biciklističke staze, odvode atmosferskih voda (većina puteva u tim krajevima nema odvode), ITS (*Intelligent Transport System*) i njihove kontrolne sisteme, metalne branike duž cele trase i uređene zelene površine pored puta (takođe luksuz za ta podneblja). Nadalje, navedene su dužine trase i broj denivelisanih raskrsnica za svaki paket pojedinačno:

1. NOH1 čini 45km putne mreže i sadrži 4 denivelisane raskrsnice.
2. NOH2 čini 48km putne mreže i sadrži 8 denivelisanih raskrsnica.
3. NOH3 čini 55km putne mreže i sadrži 5 denivelisanih raskrsnica.

4. NOH4 čini 43km putne mreže i sadrži 5 denivelisanih raskrznica.

2.2. Osnovne informacije o upravljanju realizacijom programa NOH

Planirano vreme realizacije programa je 4 godine (2014-2018). Investitor je Organ za javne radove – Ašgal (*Ashghal –Public Works Authority*), koji predstavlja ogranak Ministarstva opštinskog i urbanističkog planiranja Katara. Konsultantska kompanija koja štiti interese investitora je AECOM (specijalistička, internacionalna kompanija). Nadalje, za svaki paket pojedinačno su birane kompanije koje su odgovorne i za projektantski i za izvođački deo. Odabrani tip ugovora je ključ u ruke.

Kako je čak i za ove kompanije bilo preobimno prihvatanje svih odgovornosti vezanih za paket autoputa, birane su projektantske kompanije kao podizvođači. Za svaki paket ponaosob odgovorne kompanije i njihove odabrani projektantski podizvođači su:

1. Za NOH1 glavni izvođač je Joannou & Paraskevaides Overseas Ltd and J&P - AVAX S.A. *Joint Venture*, a projektantski podizvođač je WSP – William Sale Partnership.
2. Za NOH2 glavni izvođač je QDVC – BIN OMRAN *Joint Venture*, a projektantski podizvođač je Hyder Consulting Middle East Limited.
3. Za NOH3 glavni izvođač je. Leighton Contracting Qatar WLL - Al Jaber Engineering LCC *Joint Venture*, a projektantski podizvođač je Mott MacDonald Ltd.
4. Za NOH4 glavni izvođač je DAEWOO Engineering & Construction, a projektantski podizvođač je Dar Al-Handasah (Shair and Partners).

Svi ugovori su napisani na arapskom i engleskom jeziku. Kako je u pitanju međunarodni projekat, najzastupljeniji jezik je engleski.

2.3. Sličnosti i razlike programa NOH u odnosu na ostale međunarodne projekte

Na osnovu pređašnje opisanih aspekata programa NOH izvršena je generalizacija osnovnih odlika poslovanja u celom regionu. Potom su zaključci o datom tržištu upoređeni sa situacijom u zapadnim zemljama. Takođe je izvršena paralelizacija sa međunarodno usvojenim pravilima građevinskog poslovanja.

Nagli ekonomski razvoj u Zalivskim zemljama učinio je dato tržište primamljivim za strane investitore. Pored prisustva velikog broja stranih preduzeća, javlja se i potreba za inostranom radnom snagom. U ovakvom multinacionalnom okruženju, prirodno je bilo usvajanje međunarodnih normi i pravilnika.

Pored toga, usled naglog razvoja državama je bilo jednostavnije da usvoji tuđe pravilnike, uz primenjene korekcije, nego da pravi sopstvene. Posebno je osetan britanski i američki uticaj na datom tržištu. Stoga, pri upravljanju većim projektima usvojeni su američki, britanski i međunarodno priznati standardi ANSI/PMI i BS 6709. Takođe, ugovorni odnosi su često bazirani na FIDIC-ovim formama.

Sa druge strane, postoje i velike razlike u navedenim tržištima. Jedna od karakteristika tržišta na Bliskom Istoku je vezana za osnivanje inostranog preduzeća. Naima, osim u slobodnim trgovinskim zonama, strancima je zabranjeno ulaganje 100% kapitala u pokretanje poslova. Ipak, postoji više procedura koje omogućavaju poslovanje inostranih kompanija. Najčešće primenjivani postupak u praksi je pokretanje inostranog preduzeća pod pokroviteljstvom takozvanog sponzora (pojedinaac ili lokalna kompanija) koji poseduje 51% kapitala kompanije.

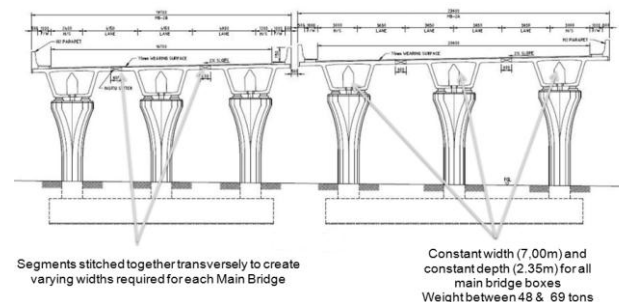
Nadalje, arapi imaju fleksibilniji odnos prema vremenu. Tako poslovni sastanci mogu često kasniti ili biti odlagani. Takođe su razvili drugačiju poslovnu etiku. Preferiraju direktnu komunikaciju kroz sastanke, koji su u početku ležereni (ne vode se razgovori konkretno o poslu već se vrši upoznavanje partnera). Ipak, ovo tradicionalno društvo brzo prihvata promene. NOH predstavlja novu generaciju projekata gde se po prvi put primenjuje ugovor ključ u ruke na ovim prostorima.

Pored toga, usvojen je visok stepen profesionalizacije u poslovanju, posebno u državnim sektorima. Od razlika potrebno je navesti i jeftinu radnu snagu koja je najčešće nedovoljno kvalifikovana, te se mora obratiti posebna pažnja i kontrola na brigade, prilikom izvođenja radova. Naravno, usled teških klimatskih uslova (visoke temperature i vlažnost vazduha) razvili su se drugačiji tehničko-tehnološki pristupi gradnji.

3. DETALJAN OPIS PROJEKTA NOH3

Pošto su navedeni svi važniji aspekti celokupnog programa NOH, pristupilo se detaljnoj analizi Paketa 3. Usledili su opis izgleda i sastava trase puta i svih značajnijih konstruktivnih elemenata autoputa. Izdvojene su i specifičnosti vezane za sve elemente. Na primer, slojevi puta se dosta razlikuju od evropskih standarda usled drugačije klime, velikog predviđenog opterećenja i dugog eksploatacionog roka (120 godina). Takođe, svi AB elementi su rađeni od betona visokih fizičko-mehaničkih karakteristika (C 55/67).

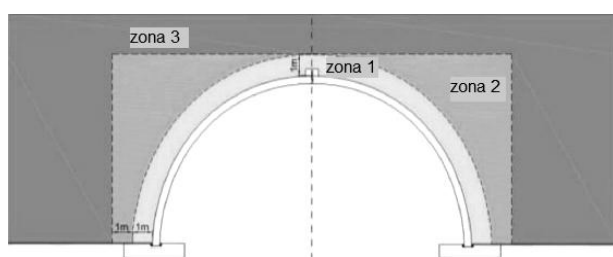
Opisane su konstrukcije podvožnjaka za kamione, bicikliste i pešake, sporedni i glavni mostovi na denivelisanim raskrscima i prelazi za gasovode. Svi ovi elementi, osim podvožnjaka za kamione su izrađeni od prefabrikovanih elemenata. Primenjena je segmentna gradnja mostova, naknadnim naprežanjem. Na slici 2, prikazan je karakterističan poprečni presek glavnog mosta.



Slika 2. Karakteristični presek glavnog mosta

Na slici se može uočiti da se usvojen složen preseki sastoje iz više manjih sandučastih profila. Takođe ispod svakog segmenta se na projektovanom rasponu nalaze stubovi, koji su rađeni *in-situ*. U slučaju sporednih mostova, usvojeni su jednodelni sandučasti preseki, kako su namenjeni za manji broj traka. Sporedni mostovi su sličnih kontstrukcijskih osobina i statičkog sistema kao i glavni.

Ipak, svi sporedni mostovi su horizontalno zakrivljene konstrukcije što uvodi komplikacije pri projektovanju i izvođenju ovih elemenata puta. Konstrukcije podvožnjaka za bicikliste i prelaza za gasovode su napravljene od tankozidnih, lučnih AB segmenata koji se zatrpavaju zemljom. Ove konstrukcije, koje predstavljaju zajednički rad AB elemenata i nasute zemlje (nasipanje se vrši u 3 sloja), nazivaju se *TechSpan*-ovi. Na slici 2, prikazan je tipski poprečni presek ovih konstrukcija.



Slika 3. Tipski poprečni presek *TechSpan*-a

Pored toga, slična tehnologija je primenjena i kod svih potrebnih potpornih zidova. Potporni zidovi su izgrađeni od mehanički stabilizovane zemlje, gde je samo lice zida prekriveno tankim AB pločama (*MSE* zidovi). Na kraju, podvožnjaci za kamione su rađeni kao klasične konstrukcije sastavljene od zidova (gde ne prolazi put - stubova) i ploča (gde ne prolazi put - greda).

Svi navedeni elementi se primenjuju i u ostalim krajevima sveta, ipak ovde se izdvajaju prema izuzetnim gabaritima, broju i tehnologiji izgradnje.

4. STRUKTURA MENADŽMENT TIMA NA NOH3

Rukovodeća kompanija zapravo predstavlja *joint venture* HLG-a i Al Jaber Engineering-a. Formiran je poseban tim sa članovima iz obe kompanije, koji će po završetku projekta biti raspušten. Na čelu tima nalaze se izvršni generalni direktori. Na sledećoj hijerarhijskoj lestvici, tim je podeljen na sedam odeljenja na čijem čelu se nalaze odgovarajući menadžeri. Odeljenja su:

- komercijalno odeljenje (*Commercial division*),
- odeljenje za kontrolu dokumentacije (*Document Control division*),
- projektanski odeljak (*Design division*),
- odeljenje za operativu (*Operational division*)
- odeljenje za kontrolu kvaliteta (*Quality Assesment and Quality Control division*),
- odeljenje za bezbednosne mere (*Safety division*),
- ljudski resursi (*Human Resource division*).

U okviru rada najdetaljnije je analizirana operativa, kako je njihova delatnost od najvećeg značaja za građevinu. Sve uloge su ključne za uspešno izvođenje, od projekt menadžera pa do tako zvanih foreman-a, vođa radnih brigada. Zanimljivo je što su foreman-i birani prema dva kriterijuma.

Kako većina radnika slabo ili uopšte ne vlada engleskim jezikom, pored stručne spreme foreman-i moraju da znaju engleski i maternji jezik svoje radne brigade. Time je rešena potencijalna jezička barijera između vrha i najnižih lestvica tima.

U ovom delu navedeni su i vodeći podizvođači na projektu. Na primer, za kompletnu izgradnju mostova je odgovorna podizvođačka, specijalistička kompanija VSL. Slično je i sa *TechSpan*-ovima i *MSE* zidovima, čiji tehnologiju je razvila kompanija Reinforced Earth, koji su podizvođači na ovom projektu.

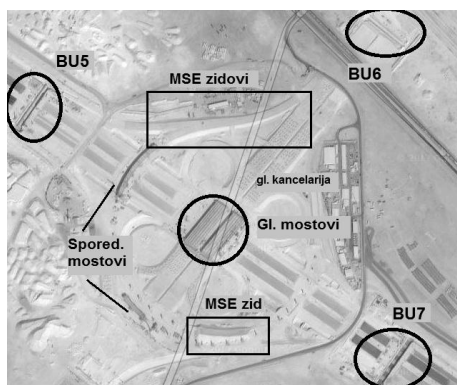
4. OPIS NOH3 KROZ OBLASTI ZNANJA

Poslednji korak u analizi projekta NOH3 je opisi svih aspekata kroz oblasti znanja, definisanih u okviru knjige PMBOK, izdate od strane američkog Instituta za projektni menadžment (*Project Management Institute – PMI*). Vremenom su ove publikacije usvojene za zvanične američke propise. Danas su ovi propisi usvojeni na međunarodnom nivou, te se mogu implementirati na gotovo svaki projekat. U radu su na ovaj način sagledani svi delovi projekta iz neposrednog ugla. Opisane su konkretne situacije na gradilištu i mehanizmi rukovođenja tima u specifičnim okolnostima. Prikaz ogoljene realnosti kroz okvir američkog menadžment sistema daje mnogostruke efekte. Prvo, većina situacija u kojima se nađu učesnici na projektu, mogu se globalizovati na regionalnom nivou. Ovim je obezbeđen uvid u građevinsko poslovanje na Bliskom Istoku, ali su date i neke vrste smernica kako se treba ponašati i reagovati u okolnostima pomenutog tržišta. Drugo, opisom projekta putem oblasti znanja ističu se gotovo ironično sve zajedničke karakteristike ali i izražene razlike u načinu poslovanja na zapadu i istoku. PMI je definisao ukupno deset osnovnih oblasti znanja, ali usled specifičnosti građevinske struke definisane su dodatne oblasti koje pokrivaju aspekte bezbednosti, zaštite na radu i zaštitu životne sredina (na koju bi projekat mogao da utiče). U okviru rada analizirane su sledeće oblasti znanja:

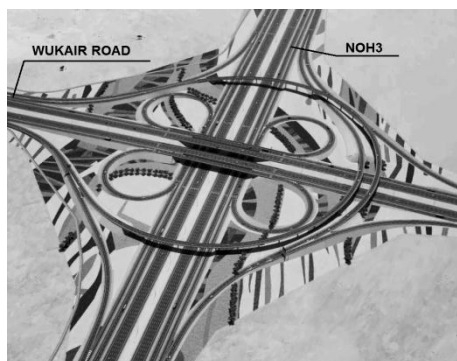
- upravljanje integracijom projekta (*Project Integration Management*),
- upravljanje obimom projekta (*Project Scope Management*),
- upravljanje vremenom na projektu (*Project Time Management*),
- upravljanje troškovima na projektu (*Project Cost Management*),
- upravljanje kvalitetom na projektu (*Project Quality Management*),
- upravljanje ljudskim resursima na projektu (*Project Human Resource Management*),

- upravljanje komunikacijama na projektu (*Project Communications Management*),
- upravljanje rizikom na projektu (*Project Risk Management*),
- upravljanje nabavkama na projektu (*Project Procurement Management*),
- upravljanje zainteresovanim stranama (*Project Stakeholder Management*) i
- upravljanje zdravljem, bezbednošću, sigurnošću i okruženjem na projektu (*Project Health, Safety, Security and Environmental Management*).

Procesima na projektu je posvećeno više ili manje pažnje u zavisnosti od njihove relevantnosti za građevinsku struku. Najdetaljnije je opisano upravljanje obimom i vremenom na projektu, gde je hronološki praćena realizacija projekta. Opisane su specifične metode izgradnje svih elemenata puta. Ovom prilikom se može napomenuti da je organizacija izgradnje denivelisanih raskrsnica bila najzahtevija. Naime, urađena je paralelizacija izgradnje elemenata raskrsnica. Tako su istovremeno građeni podvožnjaci, mostovi i prelazi za gasovode. Na slikama 4 i 5, prikazana je jedna od raskrsnica (obeležena kao J9 na projektu) u fazi izgradnje i predviđen izgled po završetku projekta.



Slika 4. Denivelisana raskrsnica u toku izgradnje



Slika 5. Denivelisana raskrsnica po zavšetku izgradnje

U ovom procesu izdvojene su karakteristične situacije u kojima se može naći građevinski inženjer u ovakvom poslovnom ambijentu. Takođe su analizirani klimatski i kulturološki uticaji na upravljanje kako obimom i vremenom tako i drugim procesima. Na primer, visoke temperature tokom leta zahtevaju rad u noćnim smenama. Pustinjske oluje i pljuskovi su takođe imale uticaja na proces izgradnje. Pored toga, dosta pažnje je posvećeno opisima upravljanja komunikacijama i kontrolom kvaliteta na projektu.

5. ZAKLJUČAK

Na kraju su izdvojeni svi delovi rada iz kojih se mogu doneti zaključci o savremenoj građevinskoj praksi na Bliskom Istoku. Kroz opis projekta NOH3 i komparaciju sa praksom na zapadu može se zaključiti da je u pitanju potpuno jedinstveno tržište koje evoluira velikom brzinom.

Poslovanje na Bliskom Istoku postavlja visoke prepreke koje se ogledaju u strogim klimatskim uslovima, velikoj konkurenciji i složenoj društveno-političkoj situaciji. Sa druge strane, može se slobodno reći da je ovo mesto jedno veliko građevinsko igralište, gde se izrazitom brzinom stiče iskustvo, stvaraju se ideje i budućnost novih tehnologija.

6. LITERATURA

- [1] Florian Wiedmann, Ashraf M. Salama, Alain Tierstein: *Urban Evoulution of the City of Doha: an Investigation into the Impact of Economic Transformation on Urban Structures*. Ankara: METU JFA (Journal of the Faculty of Arhitecture, Meddle East Technical University), 2012.
- [2] Branislav Ivković, Željko Popović: *Upravljanje projektima u građevinarstvu*. Beograd: Građevinska knjiga, 2005.
- [3] *A Guide to the Project Management Body of Knowledge, Fifth Edition*. Njutaun: Project Management Institute, 2013.
- [4] Ashghal [zvanična web stranica]. Dostupno na: <http://www.ashghal.gov.qa>

Kratka biografija:



Svetlana Kovačević rođena je u Novom Sadu, 1991. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu iz oblasti Građevinarstvo odbranila je 2017. godine.

UPOREDNA ANALIZA PROJEKTOVANJA ARMIRANOBETONSKE VIŠESPRAATNE ZGRADE SREDNJE I VISOKE KLASSE DUKTILNOSTI – DEO 1**COMPARATIVE ANALYSIS OF PROJECTING A REINFORCED CONCRETE MULTI-STOREY BUILDING OF MEDIUM AND HIGH CLASS DUCTILITY – PART 1**

Jelena Tamburić, Vidosav Valjarević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – *Kroz ovaj rad analizirane su razlike projektovanja stubova i duktilnih zidova seizmički otporne višespratne zgrade srednje i visoke klase duktilnosti prema EN 1998-1:2004. Analiziran je i uticaj redukcije krutosti konstrukcije kao i promene referentnog maksimalnog ubrzanja tla na granično stanje upotrebljivosti i potrebu obuhvatanja efekata drugog reda.*

Abstract – *This paper deals with analysing the differences of pillar and ductile wall projecting on a seismically resistant multi-storey building of medium and high class ductility according to EN 1998-1:2004. The influence of material stiffness of the construction as well as the changes of the respondent maximum soil acceleration on the limit state of the usage and the need to comprise the effects of the second order were also analysed.*

Ključne reči: *AB višespratna zgrada, EN 1998-1:2004.*

1. UVOD

Seizmički otporne betonske zgrade moraju se projektovati tako da se obezbedi kapacitet disipacije energije i ukupno duktilno ponašanje. Ukupno duktilno ponašanje obezbeđuje se ako zahtevi duktilnosti globalno uključuju veliki deo konstrukcije, prvenstveno lokacije na svim njenim spratovima, dok se za obezbeđenje duktilnog oblika loma podrazumeva sprečavanje krtog loma, a zgrade koje su na ovakav način proračunate prema EN 1998-1:2004 [5] mogu se klasifikovati u dve klase duktilnosti, srednju DCM i visoku DCH. Standardom ni na jedan način nije favorizovana jedna klasa duktilnosti u odnosu na drugu, a takođe ne postoje nikakvi uslovi prilikom odabira jedne od njih. Razlika između dve klase duktilnosti je u odnosu nosivosti i duktilnosti, pa se tako DCH konstrukcije odlikuju većom duktilnosti a manjom nosivosti, dok je kod DCM konstrukcija obrnuto. Odnos nosivosti i duktilnosti predstavljen je faktorom ponašanja, koji grubo predstavlja meru globalne duktilnosti konstrukcije. Faktorom ponašanja se seizmičko dejstvo predstavljeno elastičnim spektrom odgovora redukuje, a sa povećanjem redukcije raste stepen izabrane duktilnosti, čime se može reći da se izborom klase duktilnosti određuje nivo seizmičkog dejstva koji konstrukcija prima elastičnim radom. U skladu sa tim, konstrukcije visoke klase duktilnosti imaju veći faktor ponašanja, samim tim manji nivo seizmičkog dejstva koji primaju elastičnim radom.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz dva master rada čiji mentor je bio doc. dr Zoran Brujić.

Velika nosivost, praćena velikom krutosti, suprotstavljena je zahtevima za obezbeđenjem visoko duktilnog ponašanja, zbog čega bi DCH konstrukcije trebalo da obezbeđuju nešto viši stepen sigurnosti od kolapsa konstrukcije za vrlo jake zemljotrese. Međutim, manja nosivost, odnosno manji intenzitet seizmičkih sila prema kojima se konstrukcija dimenzioniše za elastični rad, može biti ostvarena samo ukoliko se obezbedi siguran duktilan rad konstrukcije i zadovolje zahtevi vezani za ograničenje pomeranja. Tako, konstrukcija DCH klase duktilnosti ima veća realna pomeranja od konstrukcije DCM klase duktilnosti, zbog čega je kod DCM konstrukcije mnogo lakše ispuniti zahteve vezane za ograničenje pomeranja ali i zahteve vezane za obezbeđenje od krtog loma.

Ovaj rad treba posmatrati zajedno sa radom [1], a oba rada razmatraju dispoziciono identičnu konstrukciju različite klase duktilnosti, s tim da se u okviru ovog rada detaljnije analizira DCM konstrukcija, a sve u cilju izvođenja zaključaka na bazi komparativne analize projektovanja zgrada različite klase duktilnosti, kao i preporuke koje klase duktilnosti bi predmetna zgrada trebala biti projektovana.

2. PROJEKTOVANJE ZGRADA PREMA EN 1998

Kretanje tla nekim ubrzanjem izaziva pomeranje temeljne konstrukcije, ali i pomeranje gornje konstrukcije koje zavisi i od karakteristika konstrukcije. Ova deformacija može dovesti do kolapsa konstrukcije, a sagledavanjem mehanizma kolapsa višespratnih zgrada dolazi se do smernica za adekvatan proračunski tretman, dimenzionisanje, kao i pojedine izvođačke aspekte. Sam kolaps konstrukcije vezuje se za ekstremne uslove opterećenja, s tim što konstrukcija projektovana na seizmička dejstva ima zadatak da pretrpi određena oštećenja, kroz angažovanje njenog ne-elastičnog (plastičnog) ponašanja. U tom cilju, vrlo je važno obezbediti duktilno ponašanje konstrukcije, a prekomerna nosivost ili krutost na nepovoljnim mestima mogu imati fatalne posledice, dok se sa duge strane na drugim mestima mora obezbediti neophodni nivo nosivosti. Takođe, treba imati na umu da do kolapsa konstrukcije ne dolazi usled horizontalnih pomeranja konstrukcije izazvanih seizmičkim dejstvom, već su gravitaciona opterećenja ta koja dovode do kolapsa.

Uzroci kolapsa mogu biti mnogobrojni, a kako bi se kolaps konstrukcije sprečio, potrebno je pridržavati se određenih pravila, koja se uglavnom odnose na dispoziciono rešenje, dakle već u ranim fazama idejnog projekta potrebno je pridržavati se određenih principa kako bi zgrada posedovala zemljotresnu otpornost.

Načelno, treba se pridržavati sledećih principa: ujednačenost, simetrija i konstrukcijska rezerva, jednostavnost konstrukcijskog sistema, otpornost i krutost u dva pravca, torziona otpornost i krutost, ponašanje spratnih tavanica kao krutih dijafragmi i adekvatno fundiranje.

U EN 1998-1:2004 [5] postavljeni su kriterijumi ocene regularnosti konstrukcije zgrada, kojima se dopunjuju prethodni načelni koji su se uglavnom odnosili na simetričnost i uniformnost. Prema ovim kriterijumima, sa stanovišta seizmičkog proračuna, konstrukcija može biti klasifikovana kao regularna ili neregularna u osnovi i po visini, s tim da konstrukcija, bez obzira na regularnost, može biti projektovana kao neregularna, ali u tom slučaju pojedini postupci kojima se proračun može uprostiti, ne mogu biti iskorišćeni. Tako, u slučaju neregularnih konstrukcija model konstrukcije ne može biti uprošćeni ravanski već prostorni, metoda bočnih sila se takođe ne može koristiti već multimodalna analiza, a vrednost faktora ponašanja q mora biti umanjena množenjem referentne vrednosti sa 0.8 u slučaju zgrada koje su neregularne po visini.

Sile koje se javljaju u konstrukciji koja je izložena seizmičkom dejstvu, zavise od seizmičkih karakteristika lokacije ali i od mehaničkih karakteristika konstrukcije. Seizmičko dejstvo je slučajnog karaktera i zavisi od lokacije, a karakteristike budućeg pomeranja tla se ne mogu unapred pouzdano odrediti, već se određuju na osnovu verovatnoće pojave zemljotresa koji se u razmatranom periodu vremena može javiti na posmatranoj lokaciji. Tako, nema ekonomskog smisla projektovati konstrukciju na zemljotres koji se ne može javiti za veka konstrukcije, ali nema smisla ni projektovati konstrukciju tako da jake zemljotrese prihvati elastičnim (nedisipativnim) radom, budući da bi se tada dobile glomazne konstrukcije. Cilj je da konstrukcija slabe, odnosno česte, zemljotrese izdrži bez štete, umerene samo sa štetom nekonstruktivnih elemenata elastičnim radom konstrukcije, dok jake zemljotrese, koji se mogu javiti "jednom" u toku eksploatacionog veka, treba da prihvati duktilnim (disipativnim) radom.

Stabilno i duktilno ponašanje armiranobetonskih zgrada mora se obezbediti u određenim zonama konstrukcije, koje se moraju prethodno definisati, čime se i oštećenja lokacijski ograničavaju logikom da je bolje da se pojave na određenim mestima, nego na okolnim. Plastifikacijom ovih zona ograničavaju se inercijalne sile koje deluju na konstrukciju uz utrošak (disipaciju) energije. Disipacija energije posebno je značajna pri ponovljenim cikličnim opterećenjima, kakvo je zemljotres, a betonske zgrade otporne na zemljotres treba da obezbede odgovarajući kapacitet konstrukcijske disipacije energije bez značajnijeg umanjavanja ukupne nosivosti usled horizontalnih i vertikalnih opterećenja. Najpoželjniji način disipacije energije je preko plastifikacije savojne armature u zonama plastičnih zglobova, pri čemu valja izbeći bilo koji tip krtog loma (smičući ili po pritisnutom betonu). Van zona plastičnih zglobova, konstrukcija se projektuje na način da ostane u elastičnom području rada za vreme razvoja plastičnih zglobova.

Koncept snižavanja seizmičkog opterećenja formiranjem plastičnog mehanizma limitirane nosivosti podrazumeva

da su prethodno odabrana mesta formiranja plastičnih zglobova. Dakle, prvi korak podrazumeva usvajanje kinematički pogodnog mehanizma, odnosno zona plastičnih zglobova, kojim se potrebna globalna duktilnost razvija uz što manje zahteve po lokalnu duktilnost. U tom cilju, veoma je važno da raspoređivanje ne-elastičnih deformacija, odnosno zahteva za lokalnom duktilnosti, bude ravnomerno po celoj konstrukciji, a primarno po njenoj visini. Sistem fleksibilnog sprata je ovde nedopustiv, ujedno i zabranjen standardom, budući da kompletnu ne-elastičnu deformaciju realizuje u jednoj etaži, pritom, ukupno horizontalno pomeranje je skoro nezavisno od konstrukcijskog sistema. Poželjni oblik ne-elastičnog ponašanja podrazumeva da su zone disipacije energije locirane na krajevima greda, čime se zahtev za globalnom duktilnošću uniformno raspoređuje po visini konstrukcije. Pritom, plastični zglobovi izbegnuti su u stubovima, koji su stabilitetno posmatrano važniji elementi, a i kod kojih je teže postići visoko duktilno ponašanje, zbog prirode njihovog opterećenja i načina armiranja. Dodatno, plastični zglobovi formirani na krajevima greda ne ugrožavaju stabilnost konstrukcije, pritom, postoji mnogo mesta na kojima se mogu pojaviti.

Iako su poželjna mesta za formiranje plastičnih zglobova krajevi greda, u cilju obezbeđenja formiranja mehanizma, stubovi se projektuju za duktilno ponašanje samo u zonama uklještenja. U slučaju konstrukcijskog sistema sa duktilnim zidovima, kakav je slučaj na razmatranoj konstrukciji, duktilno ponašanje krajeva greda omogućeno je duktilnom rotacijom uklještenja duktilnih zidova, čime zidovi ostaju u elastičnom radu celom visinom iznad duktilne zone kod uklještenja.

Delovi konstrukcije van zona plastičnih zglobova ponašaju se elastično, tako da moraju izdržati najveće uticaje koji se mogu javiti u plastičnim zglobovima pri pomeranjima usled zemljotresa. Dakle, zahtevana nosivost ovih elemenata određena je nosivošću plastičnih zona, pri čemu je nebitno da li će lom ovih elemenata biti krt ili duktilan. Takođe, za razliku od zona plastičnih zglobova, predimenzionisanje ovih elemenata ne dovodi do štetnih posledica.

Zgrada ne može biti projektovana velike nosivosti i velike duktilnosti, već može biti veće nosivosti a manje duktilnosti, ili obrnuto. Ovaj odnos nosivosti i duktilnosti, koji može biti korišćen prilikom projektovanja zgrada, definisan je različitim klasama duktilnosti. Seizmički otporne betonske zgrade koje su projektovane tako da se obezbedi kapacitet disipacije energije i duktilno ponašanje klasifikuju se u dve klase duktilnosti, zavisno od njihovog kapaciteta histerezisne disipacije energije:

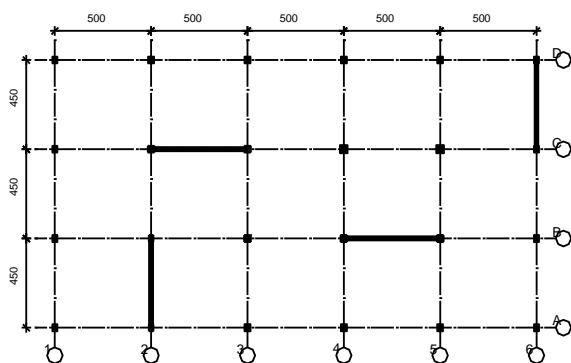
- DCM (srednja duktilnost), za koju se dozvoljava relativno visok stepen plastifikacije i za koju se propisuju njemu odgovarajuće mere za projektovanje detalja.
- DCH (visoka duktilnost), za koju se dopuštaju vrlo visoki stepeni plastifikacije i, zato, propisuju strožije mere za projektovanje konstrukcije i detalja.

Obe klase duktilnosti odgovaraju zgradama kod kojih su proračun, dimenzionisanje i obrada detalja urađeni prema posebnim zahtevima za seizmičku otpornost, omogućujući da konstrukcija razvije stabilne mehanizme sposobne

za veliku disipaciju histerezisne energije pod ponovljenim povratnim opterećenjem, bez pojave krtog loma. Odabirom duktilnog rada konstrukcije, dobija se konstrukcija koja na jako seizmičko dejstvo odgovara ne-elastičnim ponašanjem, a samo na umerena odgovara elastičnim ponašanjem. Time se seizmičko dejstvo predstavljeno elastičnim spektrom odgovora redukuje u skladu sa željenim stepenom duktilnosti, čime se može reći da nivo seizmičkog dejstva koji se prima elastičnim radom konstrukcije zavisi od klase duktilnosti. S obzirom na to da projektni nivo dejstva zavisi od klase duktilnosti, projektni nivo dejstva određen je faktorom ponašanja q kojim se elastični spektar odgovora redukuje, a čija vrednost raste sa porastom stepena izabrane duktilnosti, dakle nivo seizmičkog dejstva je viši kod DCM nego kod DCH konstrukcije. Međutim, vrednost faktora ponašanja, odnosno stepen redukcije elastičnog spektra, nije određena samo izborom klase duktilnosti, već ona zavisi i od tipa konstrukcijskog sistema definisanog prema EN 1998-1:2004 [5]. Tip konstrukcijskog sistema nije moguće odrediti samo pogledom na konstrukciju, već se on određuje udelom nosivosti pojedinih elemenata konstrukcije u seizmičkoj proračunskoj situaciji.

3. PRORAČUNSKI MODEL KONSTRUKCIJE

Razmatrana je armiranobetonska konstrukcija višespratne zgrade spratnosti PO+PR+7. Konstrukcija je ukrućenog skeletnog sistema, pravougaone osnove sa četiri polja dužine 5.0m u podužnom x-pravcu, i tri polja dužine 4.5m u poprečnom y-pravcu. Osnova kao i raspored zidova za ukrućenje prikazani su na slici 1. Iako regularna u osnovi i po visini, konstrukcija je modelirana prostornim modelom pomoću programa Tower 7 koji služi za statičku i dinamičku analizu. Konstrukcija treba da bude modelirana što je moguće realnijim prostornim modelom, što podrazumeva da se modeliranim elementima zadaju što realnije mehaničke i geometrijske karakteristike, kako bi se što adekvatnije prikazala raspodela krutosti i mase. Ovim se značajni oblici deformacije i inercijalne sile korektno uzimaju u obzir u analizi konstrukcija na seizmička dejstva.



Slika 1. Osnova konstrukcije sa rasporedom duktilnih zidova

Geometrijske karakteristike elemenata zadate su sa zanemarenjem čelika za armiranje, tj. definisane su bruto betonskim presekom. Međutim, krutosti elemenata na savijanje i smicanje moraju biti redukovane kako bi se uticaj prslina uzeo u obzir, dok je torziona krutost greda, zbog velikog pada torziona krutosti u graničnom stanju nosivosti usled torzionih prslina, redukovana na 10%

krutosti homogenog betonskog preseka. EN 1998-1:2004 [5] predlaže redukciju savojne i smičuće krutosti na 50% krutosti neisprskalih elemenata i to samo u seizmičkim proračunskim situacijama. Međutim, nigde se ne ograničava primena redukcije ovih krutosti i za ostale proračunske situacije, pri kojima će takođe doći do redukcije krutosti usled isprskalosti elemenata. U vezi sa tim, redukcija krutosti svih elemenata ostvarena je redukcijom modula elastičnosti betona za 50%, dok će u cilju analize biti korišćen i model konstrukcije bez redukcije savojne i smičuće krutosti.

Proračun uticaja sprovodi se linearno elastičnom analizom, a nelinearno ponašanje konstrukcije uzima se u obzir redukcijom elastičnog spektra odgovora faktorom ponašanja, kao i navedenom redukcijom savojne i smičuće krutosti.

Dimenzije greda, međuspratnih ploča i temeljne konstrukcije ne zavise od duktilnosti konstrukcije, tako da su sve grede x-pravca dimenzija $b_w/h_w=30/35$ cm, y-pravca $b_w/h_w=30/32$ cm, dok su ploče debljine $h=20$ cm. Temeljna konstrukcija formirana je od temeljne ploče debljine $h=40$ cm, koja je ojačana gredama dimenzija $b_w/h_w=40/80$ cm, dok je tlo modelirano Winkler-ovim modelom. Sa druge strane, dimenzije duktilnih zidova i stubova zavise od izabrane duktilnosti konstrukcije. Duktilni zidovi, čiji je raspored u osnovi prikazan na slici 1, su kod DCM konstrukcije svi debljine rebra $b_{wo}=20$ cm, dok su zidovi DCH konstrukcije od nivoa PO do nivoa IISP morali u osama B i C da budu debljine rebra $b_{wo}=25$ cm, a u osi 2 $b_{wo}=30$ cm, dok je ivični zid u osi 6, kao i zidovi u ostalim osama na preostaloj visini, debljine rebra $b_{wo}=20$ cm. Svi zidovi modelirani su površinskim konačnim elementima između stubastih proširenja koja su modelirana linijskim konačnim elementima. Dimenzije stubova su promenljive po visini, a usvojene su prema maksimalnoj normalizovanoj aksijalnoj sili za seizmičku proračunsku situaciju, koja za DCM konstrukciju iznosi $v_d=0.65$, a za DCH konstrukciju $v_d=0.55$. Vrednosti aksijalnih sila u stubovima mogu se odrediti tek nakon statičkog i dinamičkog proračuna konstrukcije, a kako je cilj projektovati konstrukciju najmanjih mogućih dimenzija, najmanje dimenzije stubova usvojene su nakon nekoliko iteracija statičkog i dinamičkog proračuna konstrukcije, u okviru kojih su varirane dimenzije stubova po visini konstrukcije.

Klasa betona celokupne DCM i DCH konstrukcije je C30/37, sa izuzetkom duktilnih zidova DCH konstrukcije koji su klase betona C50/60, a koristi se čelik za armiranje B500 klase C.

Razlozi zbog kojih su zidovi DCH konstrukcije morali da budu veće debljine u kritičnoj oblasti i više marke betona, objašnjeni su u delu vezanom za projektovanje duktilnih zidova koji se nalazi u tekstu vezanom za rad [1], tačka 3.

4. SEIZMIČKO DEJSTVO

Seizmički proračun konstrukcije, bez obzira na regularnost konstrukcije, sprovodi se na prostornom modelu multimodalnom spektralnom analizom. Pre samog seizmičkog proračuna konstrukcije potrebno je sprovesti modalnu analizu, na osnovu koje se određuju dinamičke karakteristike konstrukcije (svojstvene vrednosti i oblici oscilovanja), tabela 1. S obzirom na to

da se analiza seizmičkog dejstva vrši multimodalnom spektralnom analizom, uticaj svih tonova koji značajno doprinose globalnom odgovoru konstrukcije mora se uzeti u obzir. Kako bi se ovaj zahtev postavljen u EN 1998-1:2004 [5] ispunio, prilikom proračuna multimodalnom spektralnom analizom mora se uzeti 90% efektivne modalne mase konstrukcije, dodatno moraju se uzeti svi tonovi čija efektivna modalna masa učestvuje sa više od 5% ukupne mase konstrukcije, te kako se ne bi zanemario neki ton čija efektivna modalna masa ima učešće veće od 5%, broj tonova odgovara broju kojim se angažuje više od 95% efektivne modalne mase konstrukcije.

Tabela 1. Periodi oscilovanja DCH i DCM konstrukcije

Period	T [s] DCH	T [s] DCM
1	1.5731	1.6470
2	1.2701	1.3305
3	1.2218	1.2770
4	0.3544	0.3722
5	0.2826	0.2967

Iz tabele 1 može se primetiti da su periodi oscilovanja DCH konstrukcije manji od perioda oscilovanja DCM konstrukcije, čime je krutost DCH konstrukcije veća od krutosti DCM konstrukcije, što je suprotno od očekivanog. Ovo je posledica toga što je DCH konstrukcija morala da poseduje zidove veće krutosti, tj. više klase betona.

Eksplisitivna nelinearna analiza se izbegava primenom elastične analize zasnovane na redukovanom elastičnom spektru odgovora, tj. projektnom spektru za elastičnu analizu. Redukcija elastičnog spektra odgovora ostvaruje se uvođenjem faktora ponašanja q , čime se uvažava činjenica da duktilnim ponašanjem konstrukcije dolazi do disipacije energije. Faktor ponašanja q je aproksimacija odnosa seizmičkih sila koje bi delovale na konstrukciju kada bi njen odgovor u potpunosti bio elastičan sa 5% relativnog viskoznog prigušenja i sila koje mogu da se koriste u analizi linearno elastičnog modela, a da je pri tome obezbeđen zadovoljavajući odgovor konstrukcije. Vrednost ovog faktora može da bude različita za različite horizontalne pravce konstrukcije, iako će klasifikacija duktilnosti biti ista za sve pravce.

Granica najnižeg projektnog opterećenja za različite vrste konstrukcijskog sistema predstavlja najvišu prihvatljivu duktilnost konstrukcije u uslovima zemljotresa, tj. najveći odnos nelinearnih deformacija i strožije uslove za konstruisanje detalja. Kao što je već rečeno, niže sile podrazumevaju veći udeo nelinearnih deformacija koje konstrukcija treba da izdrži bez značajnijeg pada nosivosti, tj. dolazi do bržeg formiranja plastičnih zglobova. Rano formiranje plastičnih zglobova, pri malim horizontalnim silama, snižava opštu stabilnost konstrukcije za gravitaciona i ostala horizontalna dejstva. U skladu sa tim, ograničava se najniža vrednost projektnog opterećenja za različite vrste konstrukcijskih sistema, odnosno ograničava se najviša vrednost faktora ponašanja. Gornja vrednost faktora ponašanja q određuje se nezavisno za svaki proračunski pravac prema izrazu 1:

$$q = q_0 \cdot k_w \geq 1.5 \quad (1)$$

U izrazu 1, q_0 je osnovna vrednost faktora ponašanja, zavisna od tipa konstrukcijskog sistema, dok je k_w faktor

koji uzima u obzir preovlađujuću vrstu loma konstrukcijskih sistema sa zidovima.

Iz izraza 1 može se primetiti da faktor ponašanja zavisi od tipa konstrukcijskog sistema, koji može biti određen nakon statičkog i dinamičkog proračuna konstrukcije, budući da zavisi od dela bazne seizmičke sile koju prihvataju određeni elementi konstrukcije. Nakon nekoliko iteracija, utvrđeno je da duktilni zidovi u oba horizontalna pravca prihvataju više od 65% bazne sile, čime se konstrukcijski sistem u oba horizontalna pravca svrstava u duktilni sistem nevezanih zidova. Ovom tipu konstrukcijskog sistema odgovara faktor ponašanja $q=4$ za DCH konstrukciju, odnosno $q=3$ za DCM konstrukciju.

5. OGRANIČENJE RELATIVNOG SPRATNOG POMERANJA

Da bi se obim oštećenja pri običnom zemljotresu, koji može da se pojavi svakih 50 godina na primer, sveo u prihvatljive granice ograničavaju se međuspratna relativna horizontalna pomeranja usled zemljotresa koji ima veću verovatnoću pojave nego projektno seizmičko dejstvo.

Proračun pomeranja konstrukcije sprovodi se linearno elastičnom analizom za projektno seizmičko dejstvo, na osnovu čega se dobijaju pomeranja konstrukcije na granici elastičnosti d_e , odnosno formiranja plastičnih zglobova. Pomeranja realne (duktilne) konstrukcije d_s , izraz 2, koja se karakteriše nelinearnim odgovorom, su veća te se pomeranja dobijena elastičnom analizom uvećavaju faktorom ponašanja za pomeranja q_d , koji se usvaja da je jednak faktoru ponašanja q .

$$d_s = q_d \cdot d_e \quad (2)$$

Uvećanjem elastičnih pomeranja faktorom q , koji je približno jednak odnosu projektne seizmičke sile i sile koja bi se dobila za elastičan odgovor konstrukcije, sledi da su pomeranja pri linearnom i nelinearnom odgovoru jednaka, tzv. „koncept jednakih pomeranja“. Samim tim, ista pomeranja bi se dobila za nivo opterećenja koji odgovara elastičnom odgovoru konstrukcije $q=1$, ali znatno veće seizmičke sile. Naravno ovo je samo aproksimacija, budući da realna procena pomeranja podrazumeva i obuhvatanje realnih karakteristika materijala u smislu krutosti.

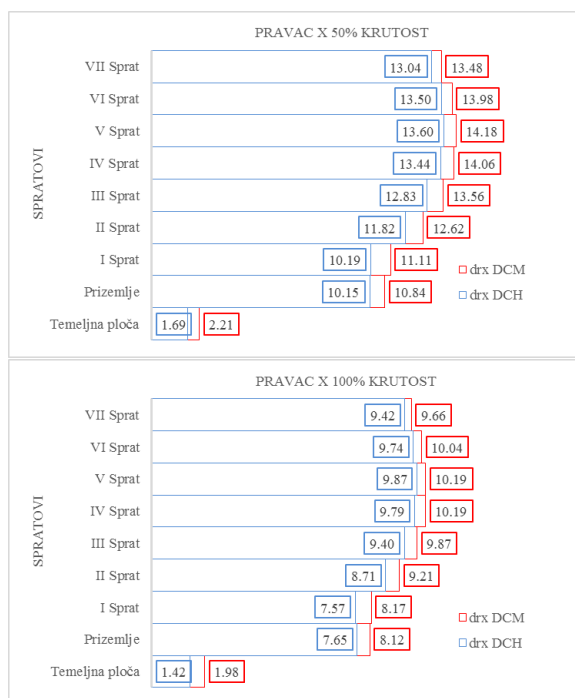
Ograničenje relativnog spratnog pomeranja zavisi od vrste nekonstruktivnih elemenata, a pod spratnim pomeranjem d_r se podrazumeva razlika pomeranja vrha i dna jednog sprata duktilne konstrukcije. Kako se proračun pomeranja sprovodi sa projektnim seizmičkim dejstvom, uvodi se faktor redukcije v kojim se uzima u obzir kraći povratni period seizmičkog dejstva. Moraju se razmatrati sledeća ograničenja, gde je h visina posmatranog sprata:

- za zgrade koje poseduju nenoseće elemente od krutih materijala koji su vezani za konstrukciju:
 $d_r, v \leq 0.005h$;
- za zgrade koje sadrže duktilne nenoseće elemente:
 $d_r, v \leq 0.0075h$;
- za zgrade koje poseduju nenoseće elemente koji su vezani tako da ne ometaju deformaciju konstrukcije ili za zgrade bez nenosećih elemenata:
 $d_r, v \leq 0.01h$.

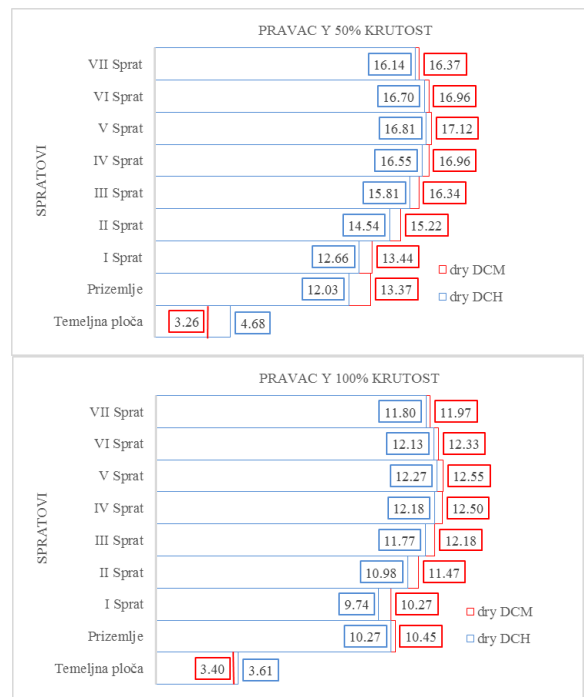
Međuspratna relativna horizontalna spratna pomeranja d_r moraju biti određena za svaki ton, što znači da i vrednosti pomeranja tačaka konstrukcijskog sistema usled projektnog seizmičkog dejstva d_s moraju biti određene za svaki ton. Program Tower 7 nema mogućnost određivanja ovih pomeranja po tonovima, već samo seizmičke sile po spratovima određuje po tonovima, na osnovu kojih je preko ekscentriciteta centra mase i krutosti moguće odrediti momente torzije u nivou svake etaže. Iz tog razloga, u posebnom modelu koji odgovara razmatranoj konstrukciji, tj. na istom modelu kao i do sada samo sa drugim slučajevima opterećenja, zadati su posebni slučajevi opterećenja koji odgovaraju svakom tonu i pravcu seizmičkog dejstva. Naime, seizmičke sile za svaki ton i svaki slučaj opterećenja $S_x(+e)$, $S_x(-e)$, $S_y(+e)$ i $S_y(-e)$, predstavljaju jedan slučaj opterećenja. Za ovakav model linearno elastičnom statičkom analizom određuju se pomeranja d_e po tonovima, a na osnovu njih pomeranja d_s po tonovima. Konačno, sada je i pomeranja d_r moguće odrediti po tonovima, nakon čega sledi njihovo kombinovanje po pravcima kvadratnim korenom zbira kvadrata uticaja za svaku horizontalnu komponentu.

Sa porastom željene duktilnosti konstrukcije raste i faktor ponašanja, čime se nivo projektnog dejstva koji konstrukcija treba da primi elastičnim radom smanjuje. Smanjenjem projektnog nivoa seizmičkog dejstva, smanjuje se krutost konstrukcije, zbog čega je očekivano da DCH konstrukcija ima veća pomeranja. Međutim, s obzirom na to da su zidovi DCH konstrukcije više klase betona i veće debljine, samim tim veće krutosti, od zidova DCM konstrukcije, pomeranja DCM konstrukcije su veća, slike 2 i 3.

Konstrukcija manje krutosti ima veća pomeranja, što je i očekivano, dok u slučaju povećanja referentnog maksimalnog ubrzanja tla sa $PGA=0.15g$ na $PGA=0.30g$, pomeranja d_r rastu za duplo u odnosu na ona koja su prikazana na slikama 2 i 3.



Slika 2. Maksimalna međuspratna relativna horizontalna pomeranja x-pravca, $PGA=0.15g$



Slika 3. Maksimalna međuspratna relativna horizontalna pomeranja y-pravca, $PGA=0.15g$

Bez obzira na krutost i duktilnost konstrukcije, ograničenje relativnog spratnog pomeranja zadovoljeno je po najstrožijem kriterijumu.

6. ZAVRŠNA RAZMATRANJA

Kao što je pomenuto u uvodnom delu, zaključci na bazi komparativne analize ne mogu biti izvedeni samo na osnovu ovog rada, zbog čega je u okviru teksta vezanog za ovaj rad prikazan samo deo analize, koji se odnosi na model konstrukcije, seizmičko dejstvo i ograničenje relativnog spratnog pomeranja. Nastavak istraživanja predstavljen je u tekstu vezanom za drugi rad koji sa ovim čini jednu celinu, tj. u tekstu vezanom za rad [1].

7. LITERATURA

[1] Vidosav Valjarević: Upporedna analiza projektovanja armiranobetonske višespratne zgrade srednje i visoke klase duktilnosti, Novi Sad, 2017.

Korišćena literatura je identična za rad [1] i ovaj, a kako je broj strana ograničen, celokupna korišćena literatura prikazana je u okviru teksta u radu [1].

Kratka biografija:



Jelena Tamburić rođena je u Užicu 1990. god. Nakon završene srednje građevinske škole 2009. god. upisuje Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, Građevinski odeljenje, smer Konstrukcije. Zvanje diplomiranog inženjera građevinarstva stiče 2015. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Betonske konstrukcije odbranila je u maju 2017. god.

UPOREDNA ANALIZA PROJEKTOVANJA ARMIRANOBETONSKE VIŠESPRATNE ZGRADE SREDNJE I VISOKE KLASSE DUKTILNOSTI – DEO 2**COMPARATIVE ANALYSIS OF PROJECTING A REINFORCED CONCRETE MULTI-STOREY BUILDING OF MEDIUM AND HIGH CLASS DUCTILITY – PART 2**Vidosav Valjarević, Jelena Tamburić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

Kratak sadržaj – *Kroz ovaj rad analizirane su razlike projektovanja stubova i duktilnih zidova seizmički otporne višespratne zgrade srednje i visoke klase duktilnosti prema EN 1998-1:2004. Analiziran je i uticaj redukcije krutosti konstrukcije kao i promene referentnog maksimalnog ubrzanja tla na granično stanje upotrebljivosti i potrebu obuhvatanja efekata drugog reda.*

Abstract – *This paper deals with analysing the differences of pillar and ductile wall projecting on a seismically resistant multi-storey building of medium and high class ductility according to EN 1998-1:2004. The influence of material stiffness of the construction as well as the changes of the respondent maximum soil acceleration on the limit state of the usage and the need to comprise the effects of the second order were also analysed.*

Ključne reči: *AB višespratna zgrada, EN 1998-1:2004.*

1. UVOD

Seizmički otporne betonske zgrade se prema EN 1998-1:2004 [5] mogu klasifikovati u dve klase duktilnosti, srednju DCM i visoku DCH, pri čemu standardom ni na jedan način nije favorizovana jedna klasa duktilnosti u odnosu na drugu, što znači da je izbor ostavljen projektantu. Razlike projektovanja zgrada dve klase duktilnosti, kao i proračunski model razmatrane konstrukcije i seizmičko dejstvo, koje zavisi od izabrane klase duktilnosti, prikazane su u tekstu vezanom za rad [12], zbog čega se ovaj rad ne može razmatrati odvojen i predstavlja celinu jedino sa radom [12], a u ovom tekstu radovi su morali da budu odvojeni zbog pravila Zbornika. Oba rada razmatraju dispoziciono identičnu konstrukciju različite klase duktilnosti, s tim da se u okviru ovog rada detaljnije analizira DCH konstrukcija, a sve u cilju izvođenja zaključaka na bazi komparativne analize projektovanja zgrada različite klase duktilnosti, kao i preporuke koje klase duktilnosti bi predmetna zgrada trebala biti projektovana.

U okviru teksta vezanog za rad [12], prikazano je istraživanje koje se odnosi na ograničenje relativnog spratnog pomeranja, dok će se u ovom delu teksta prikazati nastavak istraživanja i izvedeni zaključci komparativne analize razmatrane zgrade različite klase duktilnosti, koji su izvedeni na osnovu rada [12] i ovog rada.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Zoran Brujić.

2. EFEKTI DRUGOG REDA (P-Δ EFEKTI)

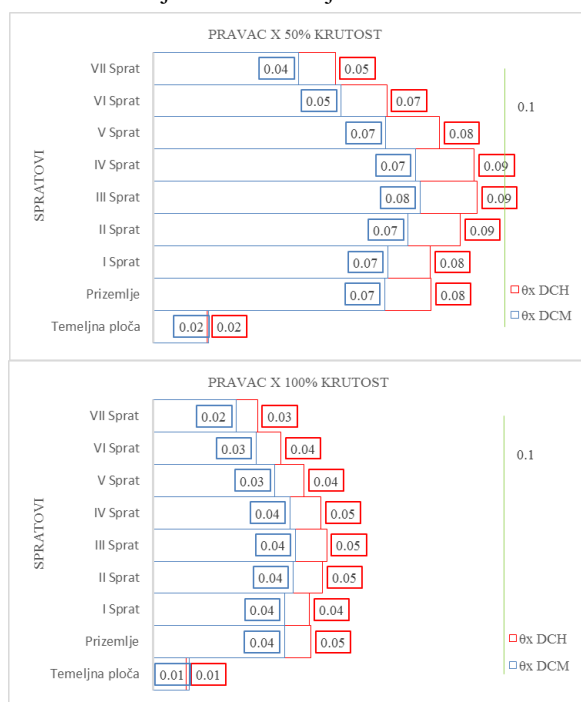
U deformaciji konstrukcije postoje ograničenja, kako zbog oštećenja, tako i zbog potrebe ograničenja uticaja drugog reda. Efekti drugog reda se najčešće ne analiziraju, između ostalog i iz razloga što ne postoji jednostavan postupak njihove kontrole, izuzev konstrukcija sa fleksibilnim prizemljem ili spratom, koje su zabranjene standardom, kod kojih ovi efekti mogu biti posebno značajni. Prema EN 1998-1:2004 [5] efekti drugog reda (P-Δ efekti) ne moraju se analizirati ukoliko je koeficijent osetljivosti relativnog međuspratnog horizontalnog pomeranja θ manji od 0.1:

$$\theta = \frac{P_{tot} \cdot d_r}{V_{tot} \cdot h} \leq 0.10 \quad (1)$$

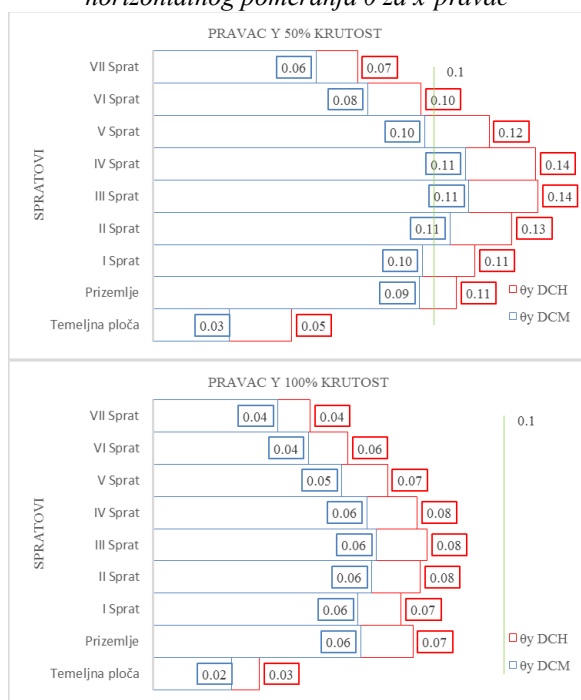
Ukoliko je $0.1 < \theta \leq 0.2$, efekti drugog reda (P-Δ efekti) se moraju uzeti u obzir, s tim da se dozvoljava približan postupak zasnovan na množenju relevantnih uticaja od seizmičkih dejstava faktorom $1/(1-\theta)$, a kada je $\theta > 0.2$ zahteva se geometrijski nelinearna analiza konstrukcije. Ni u kom slučaju θ ne sme biti veće od 0.3. Vrednosti P_{tot} , V_{tot} , i d_r u izrazu 1, moraju da odgovaraju istoj kombinaciji opterećenja, a koeficijent θ treba odrediti za svaki ton. Ovo je jako komplikovan posao, a u pojedinim tonovima V_{tot} bi moglo da bude jednako nuli. U tom slučaju vrednost koeficijenta θ usvaja se jednakom nuli. Međutim, maksimalne vrednosti koeficijenata θ mogu se odrediti uzimanjem maksimalnih vrednosti međuspratnih relativnih horizontalnih pomeranja, koje su određene u tački 5 teksta vezanog za rad [12], za oba smera seizmičkog dejstva, i ukupne seizmičke smičuće sile u posmatranim spratovima određene za sve tonove.

Iako su međuspratna relativna horizontalna pomeranja, koja figurišu u izrazu 1, kod DCH konstrukcije manja u odnosu na DCM konstrukciju, takav slučaj nije i sa koeficijentom θ . Kao delilac u izrazu 1 nalazi se ukupna seizmička smičuća sila u posmatranom spratu V_{tot} , koja je zbog manjeg faktora ponašanja veća kod DCM konstrukcije, dok se proračunska međuspratna relativna horizontalna pomeranja u ovom slučaju malo razlikuju kod DCH i DCM konstrukcije, čime je koeficijent θ na svim spratovima manji kod DCM konstrukcije i za slučaj 50% i za slučaj 100% krutosti konstrukcije, slike 1 i 2. Bez obzira na to, ni u jednom slučaju koeficijent θ ne prelazi vrednost 0.2, kada bi geometrijski nelinearna analiza konstrukcije bila neophodna, tako da bi ova vrednost koeficijenta mogla biti prekoračena jedino u slučaju nagle redukcije krutosti u nivou jednog sprata. Međutim, u oba slučaja za konstrukciju sa 50% krutosti vrednost koeficijenta θ u y-pravcu prelazi 0.1, slika 2,

zbog čega se uticaji od seizmičkog dejstva u y-pravcu multipliciraju faktorom $1/(1-\theta_y)$, dok kod konstrukcije sa 100% krutosti nije ovakav slučaj.



Slika 1. Koeficijent osetljivosti međuspratnog relativnog horizontalnog pomeranja θ za x-pravac



Slika 2. Koeficijent osetljivosti međuspratnog relativnog horizontalnog pomeranja θ za y-pravac

Dakle, kao što se na slikama 1 i 2 može videti, krutost konstrukcije ima veliki uticaj na koeficijent θ , ali najveći uticaj na ovaj koeficijent ima usvojena klasa duktilnosti konstrukcije, preko faktora ponašanja. Naime, da su ove konstrukcije projektovane istih krutosti, tj. istih dimenzija elemenata i klase betona, uticaj klase duktilnosti konstrukcije preko faktora ponašanja bio bi još veći.

Pored prethodno navedenog, koeficijent θ je i u funkciji ukupnog gravitacionog opterećenja na i iznad

posmatranog sprata za seizmičku proračunsku situaciju P_{tot} i visine posmatranog sprata h , koji jedino zavise od dispozicije konstrukcije. Zanimljivo je i to da referentno maksimalno ubrzanje tla PGA , ne utiče na koeficijent θ . U slučaju $PGA=0.3g$, ukupna seizmička smičuća sila u posmatranim spratovima V_{tot} i međuspratno relativno horizontalno pomeranje d_r rastu za duplo u odnosu na slučaj kada je $PGA=0.15g$, a kako su ostale vrednosti izraza 1 nezavisne od dinamičkih karakteristika konstrukcije, koeficijent θ ostaje nepromenjen.

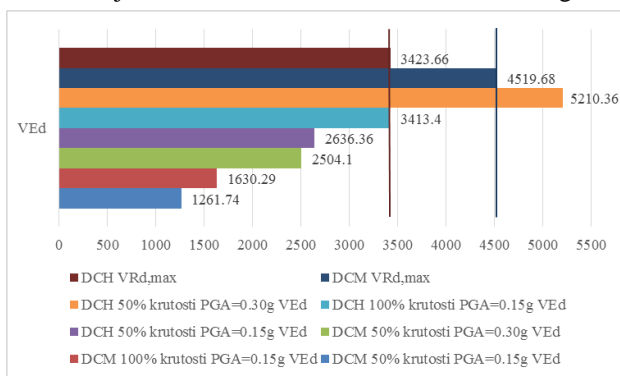
3. PROJEKTOVANJE DUKTILNIH ZIDOVA

Niži intenzitet seizmičkog dejstva može biti ostvaren samo ukoliko se obezbedi siguran duktilan rad konstrukcije, što ukazuje da sa porastom duktilnosti imamo strožije zahteve za obezbeđenjem od krtog loma, koji se dosta lakše postižu kod DCM nego kod DCH konstrukcija. Jedan od ovih zahteva odnosi se na obezbeđenje od loma pritiskute dijagonale u rebru usled smicanja, koji mora biti ispunjen kod zidova DCH konstrukcije. Ovim zahtevom, maksimalna smičuća sila koju zid DCH klase duktilnosti može da primi u kritičnoj oblasti, manja je za 60% u odnosu na maksimalnu smičuću silu koju isti takav zid DCM klase duktilnosti može da primi u toj oblasti. Imajući na umu da je projektna transversalna sila zida, za konstrukciju istih krutosti, manja kod DCH konstrukcija ovo ne deluje kao strog zahtev. Međutim, u EN 1998-1:2004 [5] se zbog nepouzdanosti distribucije momenata po visini zida i nemogućnosti određivanja proračunskih vrednosti transversalnih sila, projektne transversalne sile množe sa koeficijentom uvećanja ε kako bi se dobile proračunske vrednosti transversalnih sila. Koeficijent uvećanja kod DCM konstrukcija iznosi $\varepsilon=1.5$, dok se kod DCH konstrukcija njegova vrednost proračunava. Na razmatranoj DCH konstrukciji, proračunska vrednost koeficijenta uvećanja veća je od faktora ponašanja konstrukcije, čime je ovaj koeficijent jednak faktoru ponašanja, $\varepsilon=4$. Dakle, kod DCH konstrukcije projektne transversalne sile uvećavaju se četiri puta kako bi se dobile proračunske transversalne sile, dok se u slučaju DCM konstrukcije one uvećavaju jedan i po put. Posmatrajući sada prethodni zahtev po kome je maksimalna smičuća sila koju zid DCH klase duktilnosti može da primi za 60% manja od maksimalne smičuće sile koju zid DCM klase duktilnosti može da primi, može se primetiti da je navedeni zahtev prestrog za DCH konstrukcije.

U istraživanju se težilo konstrukciji sa što manjim dimenzijama elemenata koje dozvoljava usvojena klasa duktilnosti. U skladu sa tim, dimenzije stubova usvojene su prema maksimalnoj normalizovanoj aksijalnoj sili. Međutim, ovo nije toliko uticalo na ponašanje konstrukcije koliko je uticao prethodni uslov postavljen kod zidova. Kako bi proračunska transversalna sila zida DCH klase duktilnosti bila manja od maksimalne smičuće sile, zidovi DCH konstrukcije morali su da budu više klase betona od ostatka konstrukcije kao i od zidova DCM konstrukcije. Tako su zidovi DCH konstrukcije klase betona C50/60, dok su zidovi DCM konstrukcije klase betona C30/37. Međutim ni ovo nije bilo dovoljno, zbog čega su zidovi DCH konstrukcije u kritičnoj oblasti

veće debljine od zidova DCM konstrukcije, izuzev ivičnog zida u osi B.

Projektne transversalne sile, za seizmičku proračunsku situaciju, zida u osi B za konstrukcije dve klase duktilnosti, manje su kod zida DCH konstrukcije od transversalnih sila DCM konstrukcije, što je i očekivano s obzirom na niži intenzitet seizmičkog dejstva. Međutim, projektne transversalne sile moraju se uvećati faktorom uvećanja kako bi se dobili dijagrami proračunskih transversalnih sila, čime se dobija da maksimalna proračunska transversalna sila u kritičnoj oblasti zida u osi B za DCH konstrukciju iznosi $V_{Ed}=2636.36\text{kN}$, dok za DCM konstrukciju ona iznosi $V_{Ed}=1261.74\text{kN}$, slika 3. Dakle, iako su projektne transversalne sile DCH konstrukcije manje, maksimalna proračunska transversalna sila u kritičnoj oblasti ovog zida DCM konstrukcije je za 52% manja od maksimalne proračunske transversalne sile u kritičnoj oblasti DCH konstrukcije. Sada se treba prisjetiti zahteva „lom pritisnute dijagonale u rebru usled smicanja“ kojim je maksimalna smičuća sila zida DCH konstrukcije za 60% manja od maksimalne smičuće sile zida DCM konstrukcije i primetiti koliko je ovaj zahtev strožiji kod DCH konstrukcija u odnosu na DCM konstrukcije, čime se može postaviti pitanje do koje spratnosti zgrade bi zahtev postavljen kod DCH konstrukcija mogao biti ispunjen. Sve ovo odnosilo se na konstrukciju sa 50% krutosti elemenata i $PGA=0.15\text{g}$.

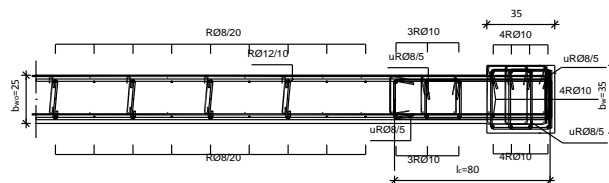


Slika 3. Proračunska smičuća sila V_{Ed} zida u osi B u kritičnoj oblasti

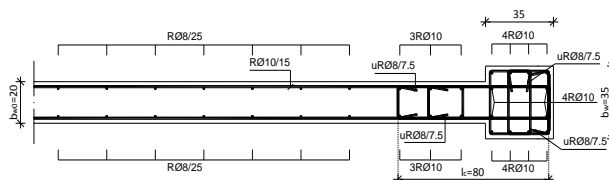
Ukoliko bi se ovakva konstrukcija projektovala sa 100% krutosti svih elemenata, navedena konstrukcija bi imala veći intenzitet projektnih transversalnih sila, slika 3. U tom slučaju, ukoliko bi faktor uvećanja ostao isti, uslov postavljen kod zidova bi takođe bio ispunjen, budući da je maksimalna smičuća sila koju zid DCH konstrukcije, poprečnog preseka kao na slici 4, može da primi u kritičnoj oblasti $V_{Rd,max}=3423.66\text{kN}$, a zid DCM konstrukcije $V_{Rd,max}=4519.68\text{kN}$, čiji je poprečni presek prikazan na slici 5. Primetiti da iako je zid DCH konstrukcije više klase betona i veće debljine, maksimalna smičuća sila je manja, kao i to da je maksimalna proračunska transversalna sila zida DCH konstrukcije jako blizu maksimalnoj smičućoj sili, dok je kod DCM konstrukcije ona daleko od nje.

Ukoliko bi se ovakva konstrukcija sa 50% krutosti elemenata, projektovala na lokaciji na kojoj je referentno maksimalno ubrzanje tla $PGA=0.30\text{g}$, uslov postavljen kod zidova ne bi bio ispunjen kod DCH konstrukcije, dok bi kod DCM konstrukcije maksimalna proračunska

transverzalna sila u kritičnoj oblasti zida u osi B bila daleko od maksimalne smičuće sile koju zid može da primi, slika 3. Ovo se takođe odnosi na slučaj da koeficijent uvećanja ostane isti, a da bi kod DCH konstrukcije ovaj uslov bio ispunjen debljina rebra zida u kritičnoj oblasti morala bi da bude $b_w=40\text{cm}$, dok bi kod DCM konstrukcije ostala $b_w=20\text{cm}$. Dakle, prva stvar koju treba proveriti prilikom projektovanja konstrukcija DCH klase duktilnosti je uslov „loma pritisnute dijagonale u rebru usled smicanja“, budući da njegovo neispunjenje bitno utiče na ponašanje konstrukcije prilikom zemljotresa, tj. ukoliko bi se kontrola zidova ostavila za kraj, neispunjenje ovog uslova bi dosta uticalo na projektovanje greda i stubova, čak toliko da bi kod visokih zgrada sa DCH klase duktilnosti morali da pređemo na DCM.



Slika 4. Poprečni presek zida u osi B u kritičnoj oblasti DCH konstrukcije, $PGA=0.15\text{g}$



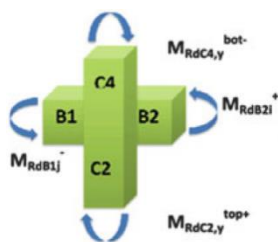
Slika 5. Poprečni presek zida u osi B u kritičnoj oblasti DCM konstrukcije, $PGA=0.15\text{g}$

4. PROJEKTOVANJE STUBOVA

Jedina bitna razlika u projektovanju stubova za dve klase duktilnosti je u tome što se kod DCH konstrukcija zahteva zadovoljenje lokalne duktilnosti, predstavljene koeficijentom lokalne duktilnosti μ_ϕ , u svim kritičnim oblastima stubova. Ovaj zahtev je nešto blaži po spratovima nego u najnižoj kritičnoj oblasti stubova, zbog čega i nije kritičan, tj. lako se ispunjava. Međutim, najveći problem prilikom projektovanja stubova obe klase duktilnosti je zahtev da zbir proračunskih vrednosti momenata nosivosti stubova vezanih u čvoru mora biti bar 30% veći od zbira proračunskih vrednosti momenata nosivosti greda vezanih u tom čvoru, koji je postavljen samo za okvirne zgrade sa dva ili više spratova i ekvivalentne okvirne sisteme.

Plastični zglobovi na krajevima greda predviđaju se i kod ostalih konstrukcijskih sistema, zbog čega nije najjasnije zbog čega se prema EN 1998-1:2004 [5] zahtev odnosi samo na pomenute konstrukcijske sisteme. U ovom slučaju, kada je tip konstrukcijskog sistema duktilni sistem nevezanih zidova, ovaj zahtev se treba proveriti za oba horizontalna pravca i za po dva alternativna smera u svakom. Kako su stubovi dominantno pritisnuti, njihovim dimenzionisanjem prema proračunskim uticajima dobija se minimalna armatura, zbog čega je zahtev momentne nosivosti krajeva stubova merodavan za dimenzionisanje preseka stubova.

Prethodni zahtev dodatno se komplikuje činjenicom da se proračunski momenti greda verovatno neće ravnopravno raspodeliti po stubovima vezanim u čvoru. Naime, ukoliko bi se proračunski momenti nosivosti greda samo sabrali i uporedili sa takođe samo sabranim momentima nosivosti stubova, to bi podrazumevalo da se momenti nosivosti greda ravnopravno raspodeljuju po stubovima, tj. da 50% sume momenata nosivosti greda uvećane 30% mora da primi jedan, odnosno drugi stub. Na ovaj način mogla bi da se načini greška, budući da bi jedan stub mogao da prihvati veći procenat uvećanih momenata nosivosti greda u odnosu na drugi stub. Koji deo sume momenata nosivosti greda uvećane za 30% treba da prihvati jedan stub ne može se tačno utvrditi, pri čemu ni EN 1998-1:2004 [5] ne daje konkretna objašnjenja. Prema [11], deo proračunskih momenata nosivosti greda koji jedan stub mora da primi može se odrediti iz odnosa projektnih aksijalnih sila stubova vezanih u posmatranom čvoru za seizmičku proračunsku situaciju.



Slika 6. Čvor u kom se susište grede B1 i B2 i stubovi C2 i C4

$$M_{Rc2,y}^{top+} + M_{Rc4,y}^{bot-} \geq 1.3 \cdot (M_{RdB1,j}^- + M_{RdB2,j}^+) \quad (2)$$

$$M_{Rc2,y}^{top+} = (N_{Ec2}^{top} + N_{Ec2}^{bot}) \cdot M_{Rc4,y}^{bot-} \quad (3)$$

Za čvor prikazan na slici 6, pomoću izraza 2 i 3, može se odrediti deo momenta nosivosti greda koji stub C2 treba da prihvati $M_{Rc2,y}^{top+}$ i deo momenta nosivosti greda koji stub C4 treba da prihvati $M_{Rc4,y}^{bot-}$. Ovakvom raspodelom uvećanih momenata nosivosti, potreba za armaturom stubova se značajno povećava u odnosu na to kada se ovaj uslov kontroliše za raspodelu momenata kojom se oni raspodeljuju ravnopravno po stubovima. Jedan takav primer je recimo čvor u nivou VIISP, rama u osi B, DCH konstrukcije, gde je mehanički koeficijent armiranja stuba POS SB3-8, za x-pravac delovanja seizmičkog opterećenja, povećao se sa $\omega_I=0.21$ na $\omega_I=0.34$.

5. ZAVRŠNA RAZMATRANJA

Radom [12] i ovim pokušano je da se dispoziciono identična zgrada projektuje za DCM i DCH klasu duktilnosti, očekujući da će se DCH konstrukcija odlikovati manjom nosivost. Naime, ideja projektovanja DCH konstrukcija je da se nižim seizmičkim dejstvom dobije manja nosivost, samim tim i manja krutost, u odnosu na DCM konstrukciju, što podrazumeva veća pomeranja izazvana bržom pojavom plastičnih zglobova i veću disipaciju energije. Međutim, ovim primerom dobijeno je suprotno. Periodi oscilovanja manji su kod DCH konstrukcije, što je direktan pokazatelj da je u ovom slučaju DCM konstrukcija manje krutosti od DCH konstrukcije. Ne samo to, i međuspratna relativna horizontalna spratna pomeranja ovo potvrđuju, budući da

su veća kod DCM konstrukcije, dok je koeficijent θ veći kod DCH konstrukcije, ali na vrednost ovog koeficijenta više utiče usvojena klasa duktilnosti, preko faktora ponašanja, nego krutost konstrukcije. Do svega ovoga doveli su strožiji zahtevi postavljeni kod DCH konstrukcija, na osnovu čega se može zaključiti da je ovo primer zgrade koja treba biti projektovana za DCM klasu duktilnosti, budući da baš ti zahtevi ovu konstrukciju čine krućom i dovode do toga da nijedna od nazivnih prednosti DCH projektovanja nije ostvarena.

6. LITERATURA

- [1] Evrokod 0 - Osnove proračuna konstrukcija, EN 1990:2002, Beograd, 2006.
- [2] Evrokod 1 (1) - Dejstva na konstrukcije - Deo 1-1: Opšta dejstva - Zapremne težine, sopstvena težina, korisna opterećenja za zgrade, SRPS EN 1991-1-1:2002, Beograd, 2009.
- [3] Evrokod 1 (3) - Dejstva na konstrukcije - Deo 1-3: Opšta dejstva - Opterećenja snegom, SRPS EN 1991-1-3:2003, Beograd, 2009.
- [4] Evrokod 2 (1) - Proračun betonskih konstrukcija - Deo 1-1: Opšta pravila i pravila za zgrade, SRPS EN 1992-1-1:2004, Beograd, 2006.
- [5] Evrokod 8 (1) - Proračun seizmički otpornih konstrukcija - Deo 1: Opšta pravila, seizmička dejstva i pravila za zgrade, SRPS EN 1998-1:2004, Beograd, 2009.
- [6] Marković Z.: Presek stanja i primena evrokodova u Srbiji od EN 1990 do EN 1999, Prezentacija, Beograd, 2015, 26 p.
- [7] Tower 7, Program za statičku i dinamičku analizu konstrukcija, upustvo za rad sa programom [ažurirano za Build 7520]; dostupno na: <http://www.radimpex.rs/download.php?lang=en&id=1>
- [8] Vanja Alender: Projektovanje seizmički otpornih armiranobetonskih konstrukcija kroz primere, vežbe u okviru kursa Projektovanje i građenje betonskih konstrukcija 2.
- [9] Republički seizmološki zavod; dostupno na: http://www.seismo.gov.rs/Seizmicnost/Karte_hazarda_1.htm
- [10] Doc. dr Zoran Brujić: Betonske konstrukcije u zgradarstvu (prema Evrokodu); dostupno na: <http://betonske-konstrukcije.blogspot.rs/p/blog-page.html>
- [11] Ioannis Avramidis, Asimina Athanatopoulou, Konstantinos Morfidis, Anastasios Sextos, Agathoklis Giaralis. Eurocode-Compliant Seismic Analysis and Design of R/C Buildings.
- [12] Jelena Tamburić: Usporedna analiza projektovanja armiranobetonske višespratne zgrade srednje i visoke klase duktilnosti, Novi Sad, 2017.

Kratka biografija:



Vidosav Valjarević rođen je u Užicu 1990. god. Nakon završene srednje građevinske škole 2009. god. upisuje Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, Građevinski odsek, smer Konstrukcije. Zvanje dipl. inž. građ. stiče 2015. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Betonske konstrukcije odbranio je u maju 2017. god.

**PROBLEMATIKA ORGANIZOVANJA IZGRADNJE OBJEKTA SREDNJE VISINE U
UŽEM GRADSKOM JEZGRU****PROBLEMS IN ORGANIZATION OF CONSTRUCTING MIDDLE HEIGHT
BUILDINGS IN CITY CENTER**

Igor Carević, Vladimir Mučenski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu se govori o problemima i uzrocima problema koji se javljaju na gradilištu, kao i o načinu na koji se ti problem mogu izbeći. Daju se smernice za organizovanje gradilišta kao i metode za planiranje građenja. Rađena je organizacija gradilišta i izbor unutrašnjeg transporta za stambeno poslovni objekat Su+Pr+Gal+I2+Pk, u Novom Sadu, Braće Ribnikar br.2.

Abstract – This thesis describes problems and causes of problems on construction site. It also describes some solutions for these problems and techniques to avoid them. There are some guidelines and suggestions for organization of construction site as well as few planning methods. Organization of construction site is done together with transport for building in Novi Sad, Braće Ribnikar no.. 2.

Ključne reči: Organizacija građenja, problemi na gradilištu.

1. UVOD

Prilikom prostornog usklađivanja sredstava za rad na gradilištima, sa ciljem ostvarivanja što veće produktivnosti i humanizacije rada, dolazi do problemskih situacija sa više ciljeva i nejasno određenim zavisnostima [1].

Znanje o odvijanju procesa građenja nije određeno i jasno, teško je predvidivo na duži rok, potrebno je stalno obnavljanje, brzo zastareva. Proces građenja, u svome odvijanju, nailazi na prepreke i poremećaje, koje voditelj građenja samo može slutiti, a mora misliti o mogućnostima, koje još nisu dokazive i delovati odmah bez prethodnog znanja iz eksperimenata.

Problematika organizovanja gradilišta se sastoji iz:

- izbora sredstava za realizaciju, sa svim njihovim logističkim zahtevima (vrsti, veličini) u okviru raspoloživih resursa preduzeća,
- način upotrebe sredstava, kao prostorni raspored.

Svaki investitor nastoji ugovoriti što kraći rok izvođenja svojih objekata, ali skraćenje ima ograničenja i cenu.

Produženje vremena građenja za investitora je gubitak radi troškova neaktivnog kapitala, za izvođača produženje

NAPOMENA:

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

rokovima ima dvosmerno delovanje: povećava režijske troškove zavisne od vremena, ali omogućuje realizaciju objekta sa manjim i jeftinijim kapacitetima, kao i smanjenje rizika stvorenih odnosom sa dobavljačima i podizvođačima.

2. PLANIRANJE GRAĐEVINSKE PROIZVODNJE

Planiranje građevinske proizvodnje - izgradnje građevinskih objekata zahteva korišćenje različitih metoda koje omogućavaju modeliranje posmatranih procesa, prilikom korišćenja bilo koje metode vema je bitno sagledati proces na osnovu prethodno stečenog iskustva.

Za potrebe planiranja i kasnije upravljanje građenjem, pored iskustva potrebni su sledeći podaci - planovi:

- Plan napredovanja radova - toka građenja,
- Plan resursa - plan materijala,
- Plan radne snage,
- Plan mehanizacije,
- Plan troškova (finansija).

Ukoliko izvođači radova imaju mogućnost da zaposle veći broj ljudi rad na više frontova omogućuje paralelizaciju rada, što znatno ubrzava proces izgradnje objekta.

Metode planiranja u građevinarstvu koje se najčešće koriste su:

- Tehnika mrežnog planiranja,
- Metoda gantograma,
- Metoda ciklograma.

Većina gradilišta se nađe u nevoljama više zbog neorganiziranosti tj. menadžerskih uticaja nego zbog tehničkih problema. Građevinski menadžment može napraviti značajna poboljšanja u uštedi vremena i troškova tokom procesa bez uključivanja mnogih dodatnih poslova. Uloga građevinskih menadžera je održavati i kontrolisati radni učinak, a zatim poduzimati mere za ispravljanje nezadovoljavajućih situacija.

Ponavljjanja građevinskih poduhvata u nekim aspektima i delovima uvek ima, što omogućuje učenje i povećanje znanja (uhodavanje, trening) ali nema sveobuhvatne metodologije, koja bi mogla iz istorije slučajeva dati jednoznačno recept za realizaciju u smislu: gde, kako, kada i čime da se gradi? Gde posebno leže uzroci

nesigurnosti provođenja procesa građenja i koji su uzroci najbitniji? Na ovakvo pitanje nema apsolutnog odgovora, ali ima relativnih, zavisnih od aspekata, a i tada se srećemo sa dosta različitih rešenja.

2.1. Planiranje unutrašnjeg transporta

Unutrašnji transport je nedjeljiv deo proizvodnje, koji ima vezivnu funkciju u objedinjavanju rada mašina i ljudi s materijalima. Prvi veliki problem organizacije unutrašnjeg transporta je usklađivanje ritma rada podsistema za proizvodnju i skladišta koje ovaj transport opslužuje. Drugi važan problem je usklađivanje transporta u prostoru, to jest takvo prostorno organizovanje proizvodnih procesa da položaj njihovih sredstava bude optimalan u smislu lokacije.

Unutrašnji transport je nerazdvojno vezan za tok procesa građenja, te bi se njegovom racionalizacijom mogle ostvariti značajne koristi za celokupan proces građenja.

Probleme unutrašnjeg transporta, među njima i korišćenje kapaciteta transportnih sredstava, treba razmatrati uporedno s problemima i zahtevima ostalih procesa građenja, jer izolovana aktivnost transporta retko može da bude sama sebi cilj.

3. ORGANIZACIJA GRAĐENJA U OKVIRU PRIPREME GRAĐENJA

Uklapanje tehnološkog podsistema u ukupni prostor gradilišta je jedan od osnovnih zadataka određivanja gradilišnog rasporeda.

Planiranje organizacije gradilišta obično počinje dimenzionisanjem i usvajanjem proizvodnih i transportnih kapaciteta pojedinih elemenata. Nakon ove faze određuju se dimenzije potrebnih skladišta i deponija, kao i pomoćnih objekata, posle čega se pristupa raspoređivanju elemenata uređenja gradilišta po sledećem redu prioriteta:

- a) lokalizovanje i uvažavanje svih infrastrukturnih priključaka nametnutih iz okoline
- b) razmeštanje proizvodnih uređaja (npr. fabrike za beton i dr.) s težnjom blizine potrošnje produkta (betona) i u oblasti koje pokrivaju transportna sredstva
- c) lokalizovanje i utvrđivanje oblasti delovanja transportnih sredstava, uzevši u obzir sve međusobne moguće proizvodne odnose elemenata uređaja (kranovi, staze, dohvati)
- d) raspoređivanje deponija i skladišta za prevoz i prenos materijala

Uobičajeni postupak planiranja uređenja gradilišta zasnovan na spomenutim smernicama uglavnom je rezultat iskustva koje je stečeno na ranijim radovima, pri čemu se moguće varijante intenzivno procenjuju i usvajaju.

Sistemske pristup kao sintetička metoda ima univerzalnu važnost u odlučivanju o prostornom rasporedu elemenata gradilišta.

Za potrebe organizacije gradilišta, može se reći da postoje dve grupe metoda:

- a) Metode sa pretežno *sistematično-analitičkim* pristupom struktuiranja rešenja.

Obeležje ovih metoda je razlaganje problema na manje delove, te nastojanje da se njihovo rešenje poveže u celinu.

- b) Metode sa pretežno *intuitivno-kreativnim* pristupom struktuiranju rešenja.

Obeležja ovih metoda su: višestranost asocijacija, spontanost u stvaranju analogija i poređenja.

4. ZASTOJI, GUBICI I UTICAJNI FAKTORI NA PROCES RADA I PLANIRANJE U GRAĐEVINARSTVU

Kod svake proizvodnje i usluge postoje zastoji i gubici. Građevinarstvo je posebno pogodno gubicima zbog različitih uticaja okruženja na građenje, teških uslova rada, klimatskih uslova i slično. Ti gubici se veoma često ne mogu izbeći ali je vredno pokušati svesti ih na najmanju moguću meru.

Najčešći zastoji i gubici u građevinarstvu su:

- gubici zbog spoljašnjih uticaja;
- gubici organizacione prirode;
- gubici tehnološke prirode;
- gubici u materijalu;
- gubici (zastoji) kod mehanizacije;
- gubici kod rada radnika.

5. ANALIZA I IZBOR OPTIMALNE METODE TRANSPORTA I UGRADNJE SVEŽE BETONSKE MASE

Transport sveže betonske mase se može podeliti, kao i za sve građevinske materijale, na spoljašnji i unutrašnji transport.

Spoljašnji transport se odnosi na transport od mesta deponovanja ili spravljanja materijala na udaljenim skladištima i postrojenjima do gradilišta, dok unutrašnji transport predstavlja transport materijala od mesta dopremanja na gradilište ili mesta privremenog deponovanja na gradilištu pa do mesta ugradnje materijala u konstrukciju/objekat.

Kada je u pitanju sveža betonska masa posebnu pažnju treba obratiti na spoljašnji transport iz razloga što se danas sveža betonska masa veoma često doprema kao gotov (osnovni) materijal na gradilište i posebnu pažnju treba posvetiti održavanju sveže betonske mase u stanju koje je pogodno i prihvatljivo za ugradnju.

Najzastupljenija sredstva za unutrašnji transport sveže betonske mase su pumpe za beton, toranjske dizalice opremljene korpama za transport (kiblama) i pokretne konvejske trake.

Pumpe za beton na današnjim gradilištima predstavljaju dominantno sredstvo unutrašnjeg transporta sveže betonske mase.

Podelu pumpi za beton na osnovu mobilnosti je moguće izvršiti na stacionarne i mobilne (auto) pumpe.

Toranjske dizalice opremljene kiblama se koriste u slučajevima kada iz nekog razloga nije moguća primena unutrašnjeg transporta pumpama za beton.

Razlozi za to su najčešće visina transporta, ograničavajuće okolnosti na samoj lokaciji (npr. nemogućnost pristupa pumpi adekvatnih kapaciteta), ali i karakteristike sveže betonske mase (npr. betoni sa niskim vodocementnim faktorom ili malim količinama cementa se ne mogu transportovati pumpama).

5.1. Izbor spoljašnjeg i unutrašnjeg transporta sveže betonske mase prilikom izgradnje stambeno poslovnog objekta Su+Pr+Gal+12+Pk, u Novom Sadu, Braće Ribnikar br.2

U tabeli 1 prikazana je cena mehanizacije po satu i praktični učinci mehanizacije po satu.

Tabela 1 – cena mehanizacije po satu i praktični učinci mehanizacije po satu

NAZIV TRANSPORTNOG SREDSTVA	Cena rada po h u EUR	Praktični učinci (m ³ /h)
Auto pumpa za beton	209,36	32,06
Stacionarna pumpa za beton	63,37	35,57
Kran sa kiblom	21,23	8,57

U tabeli 2 je prikazana moguća kombinacija transportnih sredstava, sračunata je cena unutrašnjeg transporta i ugradnje sveže betonske mase do trećeg sprata (2499m³) i od trećeg sprata do krova (3246m³), kao i vreme koje je potrebno za transport i ugradnju prethodno pomenutih količina sveže betonske mase.

Korišćenjem kрана sa kiblom za unutrašnji transport se vreme betoniranja znatno produžuje, zato je za takav način betoniranja potrebno uvoditi i drugu smenu betoniraca, kako bi se ubrzali radovi i da bi tokom redovne smene kran mogao da se koristi za preostali unutrašnji transport.

Rok završetka radova se nemanja bez obzira na kombinaciju unutrašnjeg transporta sveže betonske mase, zato što se menja radno vreme i broj radnika, tako da se svaka betonaža završi u jednom danu.

Najveći praktični učinak ima stacionarna pumpa za beton. Stacionarna pumpa je pogodna za visoke i srednje visoke objekte na kojima se vrši ugradnja veće količine betona [2]. Stacionarna pumpa za beton uz uređaj za distribuciju sveže betonske mase omogućuje gotovo nesmetani rad kрана, ostavlja mogućnost dovoženja i unutrašnjeg transporta materijala i opreme, što predstavlja veliku prednost u poređenju sa drugim vidovima transporta. Pošto se betoniranje na objektu u ulici Braće Ribnikar br. 2. obavlja gotovo svakodnevno u malim količinama sa aspekta utroška vremena na pranje i čišćenje stacionarne pume nije isplativo u poređenju sa betoniranjem uz pomoć kрана sa kiblom. Korišćenje auto pumpe (sa obzirom da kran postoji na gradilištu) je isplativo samo za unutrašnji transport sveže betonske mase u količini većoj od 20m³.

Unutrašnji transport na gradilištu u ulici Braće Ribnikar br. 2 će se obavljati uz pomoć auto pumpe i kрана sa kiblom. Praktični učinak auto pumpe je mnogo veći od kрана sa kiblom, prilikom korišćenja auto pumpe za unutrašnji transport sveže betonske mase, kran gotovo nesmetano može da obavlja preostali unutrašnji transport, što u monogome ubrzava radove, ali zbog prostora koji zauzima auto pumpa nije moguća komunikacija gradilišta sa sredstvima spoljašnjeg transporta. Zbog prethodno navedenih razloga trebalo bi unutrašnji transport sveže betonske mase u količini preko 20m³ do trećeg sprata (koliko dozvoljava dohvat auto pumpe) obavljati uz pomoć auto pumpe a preostale etaže betonirati uz pomoć kрана sa kiblom.

Treba obratiti pažnju na eventualne kvarove sredstava unutrašnjeg transporta, kako bi se posledice svele na minimalne mere.

Tabela 2 – vreme i cena unutrašnjeg transporta sveže betonske mase u zavisnosti od vrste transportnog sredstva

NAZIV TRANSPORTNOG SREDSTVA	Cena unutrašnjeg transporta i ugradnje sveže betonske mase do trećeg sprata (EUR)	Cena unutrašnjeg transporta i ugradnje sveže betonske mase od trećeg sprata do krova (EUR)	Ukupna cena unutrašnjeg transporta i ugradnje sveže betonske mase (EUR)	Vreme unutrašnjeg transporta sveže betonske mase do trećeg sprata	Vreme unutrašnjeg transporta sveže betonske mase od trećeg sprata do krova	Ukupno vreme unutrašnjeg transporta sveže betonske mase
Kombinacija auto pumpe i kрана sa kiblom	16 318	8 050	24 368	78h	379h	457h
Kombinacija auto pumpe i stacionarne pumpe	16 318	13 114	29 432	78h	91,5h	169,5h
Samo stacionarna pumpa	10 096	13 114	23 210	70h	91,5h	161,5h
Samo kran izuzev TP koja se betonira auto pumpom	9 437	8 050	17 487	283h	379h	662h

6. ZAKLJUČAK

Kada je u procesima građenja potrebno uskladiti rad sredstava prostorno, vremenski i po bitnim funkcionalnim obeležijama, uz uslov da se pri tome što ravnomjernije opterete sredstva i ljudi, ostvari cilj - što veća produktivnost i humanizacija rada, pojavljuju se problemi s više ciljeva i nejasno određenim uvetima pojedinih mogućih rešenja.

Najbolja rešenja organizacije procesa izgradnje objekta se dobijaju koristeći iskustvo u odgovarajućim metodama, uz obavezno planiranje svih procesa pre početka radova, pošto odluke koje se donose u procesu rada mogu biti pogrešne ili nezadovoljavajuće a nakon što su donešene ne mogu biti promenjene.

7. LITERATURA

- [1] Kazimir Kurić, "Graditeljski projekt menadžment (planiranje, upravljanje, rukovođenje)", izdavač: Savez inženjera Srbije – centar za razvoj, Beograd, 2005.
- [2] Igor N. Peško, "Tehnologija izvođenja grubih građevinskih radova", FTN izdavaštvo, Novi Sad, 2016.

Kratka biografija:



Igor Carević rođen je u Novom Sadu 1991. godine diplomirao je na građevinskom odseku Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu 2016. godine, na smeru konstrukcije. Od 2014. do 2016. god. radio u firmi "SIP technology", od 2016. god. radi u građevinskom preduzeću "RAZ". Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva – Tehnologija i organizacija građenja odbranio je 2017. god.

RETENZIJA LASTA SA KOLEKTOROM DO NOVOG GORNJEG MOKROLUŠKOG KOLEKTORA**RETENTION POND LASTA WITH SEWER UP TO THE EXISTING NEW MAIN SEWER NOVI GORNJI MOKROLUSKI KOLEKTOR**Mladen Hadžija, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

Kratak sadržaj – Usled atmosferskih padavina većeg povratnog perioda na području grada Beograda dolazi do izlivanja Mokroluškog potoka u blizini autoprevoznika Lasta pokraj autoputa E75. U cilju prevazilaženja ovog problema ovim master radom predviđa se izgradnja pregrade i formiranje retenzije koja bi uticala na transformaciju poplavnog talasa. Proverena je propusna moć korita Mokroluškog potoka nizvodno od profila predviđenog za izgradnju pregrade ukupne dužine oko 650m i projektovano je zacevljenje potoka do postojećeg Novog Gornjeg Mokroluškog kolektora koji dalje vodu transportuje do recipijenta – reke Save.

Ključne reči: Hidrotehnički objekti i sistemi, Komunalna hidrotehnika, Atmosferska kanalizacija

Abstract – Due to atmospheric precipitation with greater return period on the territory of the Belgrade city comes to flooding of the stream called Mokroluški potok nearby transportation company Lasta beside highway E75. In order to overcome this problem, this master thesis envisages the barrier and forming a retention pond that would affect the transformation of the flood wave. I tested flowpower of the Mokroluški potok's stream bed downstream of the foreseen profile for barrier construction, in total length of approximately $\approx 650\text{m}$ and then designed tunneling of this stream with sewage collector all the way down to the existing sewage collector called Novi Gornji Mokroluški kolektor which transports water to the recipient – river Sava.

Key words: Hidrotechnical objects and systems, Communal hydrotechnics, Storm sewer

1. UVOD

Sliv Mokroluškog potoka čine više dolina duž kojih su formirane pritoke Mokroluškog potoka (Čuburski potok, Bavički potok, Kumodraški potok i Duboki potok). Duž ovih potoka koji predstavljaju ujedno i liniju najnižeg terena započeta je izgradnja kanalizacione mreže. Potreba za Novim Gornjim Mokroluškim kolektorom javlja se zarad rasterećenja Starog Mokroluškog kolektora (opšti sistem) i prihvatanja oticaja atmosferskih voda sa sliva Malog i Velikog Mokrog Luga.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Srđan Kolaković, red.prof.

2. OPIS REŠENJA**2.1. Retenzija Lasta**

Pri pojavi atmosferskih padavina većeg povratnog perioda, usled relativno velike slivne površine dolazi do ne prihvatljivo velikog proticaja na izlaznom profilu koji se nalazi u blizini autoprevoznika Lasta. U cilju smanjenja proticaja nizvodno od izlaznog profila predviđena je izgradnja retenzije sa pregradom od kamenog nabačaja [1]. Ova pregrada ima za cilj da akumulira određenu količinu vode u retenziji sa svoje uzvodne strane ispuštajući nizvodno manji proticaj od onog koji dolazi u retenziju. Kao evakuacioni organi predviđeni su temeljni ispust i bočni preliv. Prečnik cevi temeljnog ispusta je DN1600 i projektovan je tako da proticaj kroz njega pri pojavi atmosferskih padavina hiljadugodišnjeg povratnog perioda bude što manji, a da pri tome voda unutar retenzije ne dostigne kotu 160,00mm na kojoj se nalaze već izgrađeni stambeni objekti kako isti ne bi bili potopljani. Temeljni ispust je uvek otvoren, odnosno nije predviđeno zatvaranje protoka kroz temeljni ispust. Ivica bočnog preliva postavljena je na visinsku kotu koja obezbeđuje da pri pojavi atmosferskih padavina povratnog perioda većeg od sto godina ne dođe do preliivanja preko pregrade od kamenog nabačaja koje se ne sme dozvoliti.

Dno sabirnog kanala bočnog preliva projektovano je u skladu sa [2]. Detaljnom analizom slivne površine došlo se do sledećih zaključaka, odnosno morfometrijskih karakteristika sliva:

- Površina $A=2.65\text{km}^2$
- Obim $O=7.47\text{km}$
- Dužina sliva po vodotoku $L=2.98\text{km}$
- Odstojanje od profila do težišta sliva po vodotoku $L_c=1.21\text{km}$

Nakon izvršene analize sliva i hidrološkog proračuna dobijeni su hidrogrami koji „ulaze“ u retenziju. Proračun je rađen za sledeće povratne periode:

- desetogodišnji,
- pedesetogodišnji,
- stogodišnji i
- hiljadugodišnji.

Proračun je rađen SCS metodom na bazi jediničnog hidrograma [3], a maksimalni proticaji dobijenih hidrograma (tzv. pikovi) prikazani su u tabeli 1.

Tabela 1. *Pikovi ulaznih hidrograma*

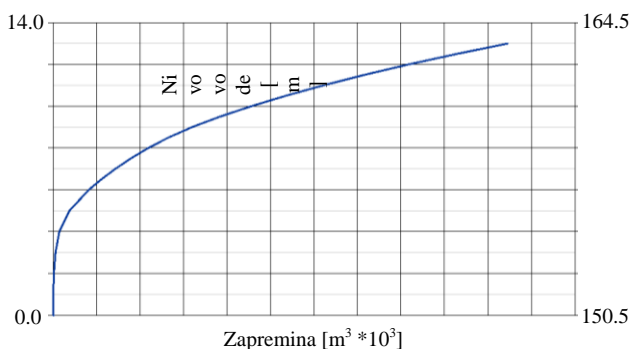
$Q_{max10\%}$	$Q_{max2\%}$	$Q_{max1\%}$	$Q_{max1\%}$
[m ³ /s]			
11.37	17.45	20.17	29.21

Nakon dobijenih rezultata hidrološkog proračuna u vidu ulaznih hidrograma u retenziju Lasta pristupilo se proračunu izlaznih hidrograma i dobijeni su rezultati čije vrednosti prikazuje tabela 2:

Tabela 2. Pikovi izlaznih hidrograma

$Q_{max10\%}$	$Q_{max2\%}$	$Q_{max1\%}$	$Q_{max0.1\%}$
[m ³ /s]			
9.89	12.51	13.43	26.27

Kriva zapremine akumulacije prikazana je na slici 1.

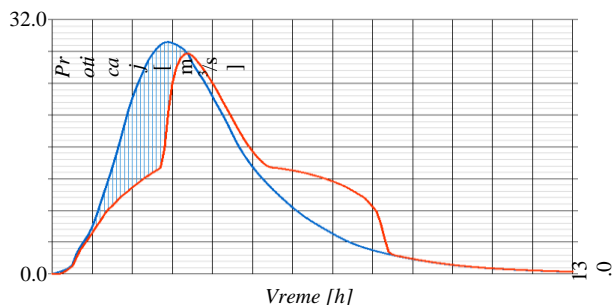


Slika 1. Kriva zapremine akumulacije Lasta

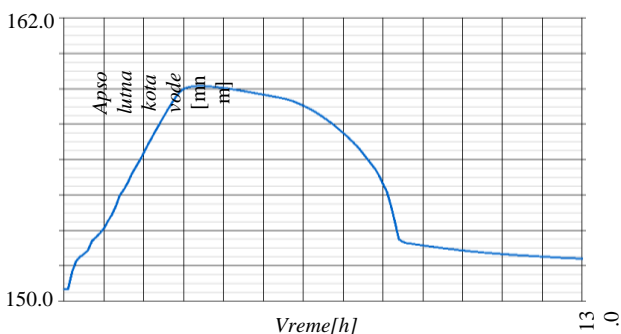
Transformacija poplavnog talasa prikazana je na primeru slučaja atmosferskih padavina hiljadugodišnjeg povratnog perioda na slici 2.

Plava linija predstavlja ulazni hidrogram, a crvenom je prikazan izlazni hidrogram.

Prikaz promene nivoa vodnog ogledala u akumulaciji tokom vremena za isti povratni period padavina može se videti na slici 3.

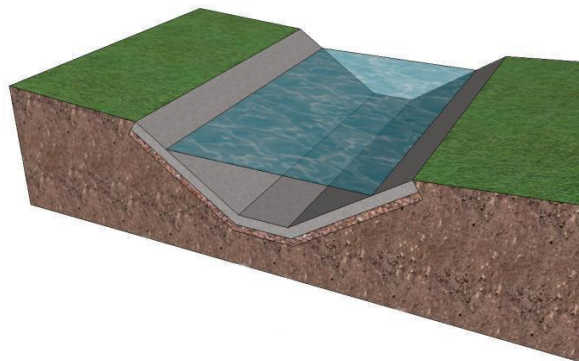


Slika 2. Transformacija poplavnog talasa



Slika 3. Promena nivoa vodnog ogledala u akumulaciji Lasta

Takođe bilo je potrebno regulisati korito Mokroluškog potoka uzvodno od pregrade Lasta na merodavni proticaj desetogodišnjeg povratnog perioda. U tu svrhu predviđeno je trapezno korito sa nagibom kosina 1:1.5, širinom dna 0,7m, nagibom dna 1,9‰, ukupne dužine ≈244m. Duž ove trase predviđene su i dve kaskade, svaka visine 0,95m u cilju postizanja manjeg pada dna kanala. Obloga je betonska. Oblik korita jasno je prikazan na slici 4.



Slika 4. Regulisano korito Mokroluškog potoka uzvodno od pregrade Lasta

2.2. Regulacija Mokroluškog potoka

Propusna moć postojećeg betonskog korita Mokroluškog potoka nizvodno od planirane pregrade Lasta bila je od ključne važnosti da li će biti potrebna regulacija ovog dela korita ili ne. Na trasi dugačkoj ≈650m postoji 12 kaskada i 2 manja mosta koja su morala biti uzeta u obzir prilikom proračuna. Proračun je rađen u softverskom paketu Hec-Ras [5] gde je ustanovljeno da bi malim poboljšanjima propusna moć predmetnog potoka na posmatranom delu mogla znatno da se poveća. Odlučeno je da se projektuje mali odbrambeni zid širine 0,3m, promenljive visine, ne veće od 0,5m koji bi omogućio izdizanje nivoa vodnog ogledala u kritičnim situacijama i tako sprečio eventualno izlivanje vode iz korita Mokroluškog potoka. Približno na polovini ove deonice postoji uliv iz pravca retenzije Lasta-Petlja koji zbog male retenzione moći pomenute retenzije doprinosi znatnom povećanju merodavnog proticaja za dimenzionisanje, odnosno regulaciju dela Mokroluškog potoka nizvodno od pomenutog uliva. Merodavan proticaj za uzvodni deo bio je pik izlaznog hidrograma iz retenzije Lasta za stogodišnji povratni period koji iznosi $Q_{max,1\%}=13,43\%$, a za nizvodni je bio uvećan za količinu koja se uliva $14,86\text{m}^3/\text{s}$ što zajedno čini $28,29\text{m}^3/\text{s}$.

2.3. Novi Gornji Mokroluški kolektor

Atmosferske vode iz Mokroluškog potoka doprevaju do „gornje“ ulivne građevine. Jedan deo dospеле količine vode se zacevljuje i transportuje podzemno, a drugi, u slučaju nailaska vode većeg povratnog perioda prelijeva se u tzv. privilegovani tok koji predstavlja neuređeno korito, tj. liniju najnižih tačaka terena po kojoj se voda u tom slučaju razlijeva.

Za potrebe količine prelijevanja preko prelijeva korišćena je poznata jednačina 1 iz [4]

$$Q_{prel} = m * L * \sqrt{2g} * H^{3/2} \quad (1)$$

Predviđa se kolektor kružnog poprečnog preseka, prečnika DN2200 sa 2 kaskadna šahta, 7 revizionih i jednom prelivnom građevinom, tzv. rasteretnom koja bi služila da rastereti postojeći stari fekalni kolektor potkovičastog poprečnog preseka i da iz njega preliva jedan deo vode u Novi Gornji Mokroluški kolektor. Zbog već izgrađenih stambenih objekata na predviđenoj trasi kolektora nije postojala mogućnost ugradnje kolektora otvorenim iskopom već je predviđena ugradnja kolektora metodom mikrotuneliranja. Da bi se uopšte krenulo u opis tehnologije izvođenja radova ovom metodom, neophodno je definisati određene termine:

- *Startna jama* – pripremljena jama definisanih dimenzija Ø7,0m u koju se upušta garnitura za bušenje i iz koje počinje sam postupak bušenja.
- *Ciljna jama* – pripremljena jama definisanih dimenzija Ø7,0m iz koje se izvlači bušaća glava nakon završenog postupka bušenja.
- *Glava za bušenje* – deo bušaće garniture cilindričnog oblika na kojoj se nalazi niz noževa od specijalnog čelika. Pod visokim horizontalnim pritiskom, putem hidraulike, glava rotira i buši tlo.
- *Bentonit* - suspenzija, smeša kaolina i vode koja ima funkciju omekšavanja tla ispred glave za bušenje i zaptivanja prostora oko radne cevi, koja se utiskuje postupkom tuneliranja.

Sam proces tuneliranja se obavlja u tri faze:

- Prva faza – priprema i montaža opreme

U ovoj fazi se na gradilište dopremaju cevi koje će se utiskivati kompletna garnitura za bušenje. Oprema i cevi se raspoređuju na za to pripremljen prostor uz startnu jamu. Pomoću dizalica u jamu se spušta uređaj za potiskivanje, koji se fiksira na uporni zid. Uporni zid se izvodi prema posebnom statičkom proračunu, kojeg daje izvođač tuneliranja, a na bazi geomehantičkog ispitivanja tla. Nakon uređaja za potiskivanje u jamu se spušta glava za bušenje, koja se sastoji od dva dela, svaki dužine po 3 m. Istovremeno se uređaj za potiskivanje spaja hidrauličkim cevima na agregat, a u bušaću glavu se montiraju dva cevovoda: cevovod za dovod bentonita u bušaću glavu i cevovod za odvod isplake iz bušaće glave na uređaj za separaciju. Paralelno se vrši i montaža uređaja za separaciju, uređaj za pripremu i doziranje bentonita, komadnog kontejnera, rezervoara za gorivo i pomoćnih kontejnera, kao i instalacije struje i vode.

- Druga faza – bušenje

Nakon što je montirana sva potrebna oprema vrši se geodetska kontrola projektovane ose bušenja, što izvodi ovlašćena firma koju imenuje Investitor. O kontroli ose se potpisuje protokol, i tek tada, ako je sve u redu, počinje se sa postupkom bušenja. Bušenje počinje sa utiskivanjem kompletne glave za bušenje, a nakon toga se u jamu spušta prva cev koja se specijalnim spojnicama spaja za glavu za bušenje, te se u njoj montiraju sve potrebne instalacije (cev za bentonit, isplaku, hidraulički i elektro kablovi). Nakon pripreme cev se utiskuje, a na njeno mesto se spušta nova cev i ceo postupak se ponavlja dok bušaća glava ne uđe u ciljnu jamu. U glavi za bušenje se

nalazi merni instrument (teodolit, kamera i laser) čiji se impulsi šalju na pult u komandnom kontejneru, gde operater putem kompjuterski obrađenih podataka, vrši korekcije putanje bušaće glave, prema zadatim parametrima iz projekta (uzdužni profil i propisani pad cevovoda). Istovremeno se vrši i dodatna kontrola smera i dubine bušenja GPS uređajem. Predviđena brzina bušenja je 12 mcevi/dan.

- Treća faza – demontaža opreme

Utiskivanjem zadnje radne cevi glava za bušenje izlazi u ciljnoj jami. Time je postupak bušenja završen.

3. ZAKLJUČAK

Predstavljenim rešenjem znatno bi se umanjili nizvodni proticaji i na taj način sprečilo nekontrolisano izlivanje vode po terenu koje uzrokuje štetne posledice. Efekat bi bio još veći da je na raspolaganju veća zapremina retenzije, odnosno da ne postoje nelegalno izgrađeni objekti na koti 160,00mm koju pokriva kriva zapremine akumulacije. Korito Mokroluškog potoka uz malu intervenciju u vidu izgradnje odbrambenog zida na kritičnim delovima uz ivicu korita može da prihvati ovako transformisane proticaje nizvodno od pregrade do nivoa stogodišnjeg povratnog perioda i transportuje ih bez poteškoća nizvodno do postojeće ulivne građevine. Ova ulivna građevina, uz određene korekcije na samom objektu prihvatila bi vodu od Mokroluškog potoka i upuštala je u novoprojektovani kolektor. Ovaj kolektor, kružnog poprečnog preseka vodu bi dalje transportovao do postojeće donje ulivne građevine, odakle bi upuštanjem u postojeći Novi Gornji Mokroluški kolektor voda bila transportovana do krajnjeg recipijenta – reke Save. Izvođenje ovog sistema atmosferske kanalizacije je veoma skupa investicija pa je dobar savet i topla preporuka uraditi više varijantnih rešenja kojima bi se eventualno došlo do ekonomičnijeg rešenja koje bi, razume se bilo ništa manje efikasno od ovde navedenog.

4. LITERATURA

- [1] prof. dr Srđan Kolaković, "Hidrotehnički objekti i sistemi – skripta pisanih predavanja", FTN-Novi Sad 2006.
- [2] prof. dr Lj.M.Savić, "Uvod u hidrotehničke građevine", Građevinski fakultet – Beograd, 2003.
- [3] prof. dr Emir Zelenhasić, "Inženjerska hidrologija", Naučna knjiga Beograd, 1991.
- [4] prof. dr Božidar Batinić, "Hidraulika", Građevinski fakultet – Beograd, 1994.
- [5] Hec Ras – User's Manual

Kratka biografija:



Mladen Hadžija rođen je u Novom Sadu 1987. god. gde je završio i srednju tehničku školu Jovan Vukanović. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo – Hidrotehnički objekti i sistemi odbranio je 2017.god.

U realizaciji Zbornika radova Fakulteta tehničkih nauka u toku 2016. godine učestvovali su sledeći recenzenti:

Aco Antić	Dušan Dobromirov	Milan Simeunović	Rastislav Šostakov
Aleksandar	Dušan Gvozdenac	Milan Trifković	Slavica Mitrović
Erdeljan	Dušan Kovačević	Milan Trivunić	Slavko Đurić
Aleksandar Ristić	Dušan Uzelac	Milan Vidaković	Slobodan Dudić
Bato Kamberović	Duško Bekut	Milena Krklješ	Slobodan Krnjetin
Biljana Njegovan	Đorđe Ćosić	Milica Kostreš	Slobodan Morača
Bogdan	Đorđe Lađinović	Milica Miličić	Sonja Ristić
Kuzmanović	Đorđe Obradović	Milinko Vasić	Srđan Kolaković
Bojan Batinić	Đorđe Vukelić	Miloš Slankamenac	Srđan Popov
Bojan Lalić	Đura Oros	Milovan Lazarević	Srđan Vukmirović
Bojan Tepavčević	Đurđica Stojanović	Miodrag	Staniša Dautović
Bojana Beronja	Filip Kulić	Hadžistević	Stevan Milisavljević
Branislav Atlagić	Goran Sladić	Miodrag Zuković	Stevan Stankovski
Branislav Nerandžić	Goran Švenda	Mirjana	Strahil Gušavac
Branislav Veselinov	Gordana	Damnjanović	Svetlana Nikoličić
Branislava Kostić	Milosavljević	Mirjana Malešev	Tanja Kočetov
Branislava	Gordana Ostojić	Mirjana Radeka	Tatjana Lončar
Novaković	Igor Budak	Mirko Borisov	Turukalo
Branka Nakomčić	Igor Dejanović	Miro Govedarica	Todor Bačkalić
Branko	Igor Karlović	Miroslav	Toša Ninkov
Milosavljević	Ivan Beker	Hajduković	Uroš Nedeljković
Branko Škorić	Ivana Katić	Miroslav Plančak	Valentina Basarić
Cvijan Krsmanović	Ivana Kovačić	Miroslav Popović	Velimir Čongradec
Damir Đaković	Jasmina Dražić	Mitar Jcanović	Velimir Todić
Danijela Lalić	Jelena Atanacković	Mladen Kovačević	Veljko Malbaša
Darko Čapko	Jeličić	Mladen Radišić	Veran Vasić
Darko Marčetić	Jelena Borocki	Momčilo Kujačić	Veselin Avdalović
Darko Reba	Jelena Kiurski	Nađa Kurtović	Veselin Perović
Dejan Ubavin	Jelena Radonić	Nebojša Pjevalica	Vladimir Katić
Dragan Ivanović	Jovan Petrović	Neda Pekarić Nađ	Vladimir
Dragan Ivetić	Jovan Vladić	Nemanja	Radenković
Dragan Jovanović	Jovanka Pantović	Stanisavljević	Vladimir Strezoski
Dragan Kukolj	Karl Mičkei	Nenad Katić	Vladimir Škiljajica
Dragan Mrkšić	Katarina Gerić	Nikola Brkljač	Vlado Delić
Dragan Pejić	Ksenija Hiel	Nikola Đurić	Vlastimir
Dragan Šešlija	Laslo Nađ	Nikola	Radonjanin
Dragana Bajić	Leposava Grubić	Jorgovanović	Vuk Bogdanović
Dragana	Nešić	Nikola Radaković	Zdravko Tešić
Konstantinović	Livija Cvetičanin	Ninoslav Zuber	Zoran Anišić
Dragana Šarac	Ljiljana Vukajlov	Ognjen Lužanin	Zoran Brujic
Dragana Štrbac	Ljiljana Cvetković	Pavel Kovač	Zoran Jeličić
Dragi Radomirović	Ljubica Duđak	Peđa Atanasković	Zoran Mijatović
Dragiša Vilotić	Maja Turk Sekulić	Petar Malešev	Zoran Milojević
Dragoljub	Maša Bukurov	Predrag Šiđanin	Zoran Mitrović
Novaković	Matija Stipić	Radivoje Rinulović	Zoran Papić
Dragoljub Šević	Milan Rackov	Rado Maksimović	Željten Trpovski
Dubravka Bojanić	Milan Rapajić	Radovan Štulić	Željko Jakšić