



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА



ЗБОРНИК РАДОВА ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Едиција: Техничке науке - зборници

Година: XXXIII

Број: 9/2018

Нови Сад

Едиција: „Техничке науке – Зборници“

Година: XXXIII

Свеска: 9

Издавач: Факултет техничких наука Нови Сад

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

Уредништво:

Проф. др Раде Дорословачки

Проф. др Драгиша Вилотић

Проф. др Срђан Колаковић

Проф. др Владимир Катић

Проф. др Драган Шешилија

Проф. др Миодраг Хаџистевић

Проф. др Растислав Шостаков

Доц. др Мирослав Кљајић

Доц. др Бојан Лалић

Доц. др Дејан Убавин

Проф. др Никола Јорговановић

Доц. др Борис Думнић

Проф. др Дарко Реба

Проф. др Ђорђе Лађиновић

Проф. др Драган Јовановић

Проф. др Мила Стојаковић

Проф. др Драган Спасић

Проф. др Драгољуб Новаковић

Редакција:

Проф. др Владимир Катић, главни
уредник

Проф. др Жељен Трповски, технички
уредник

Проф. др Драган Шешилија

Проф. др Драгољуб Новаковић

Др Иван Пинђер

Бисерка Милетић

Језичка редакција:

Бисерка Милетић, лектор

Софија Рацков, коректор

Марина Катић, преводилац

Издавачки савет:

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

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

CIP-Каталогизација у публикацији
Библиотека Матице српске, Нови Сад

378.9(497.113)(082)
62

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

Месечно

ISSN 0350-428X

COBISS.SR-ID 58627591

ПРЕДГОВОР

Поштовани читаоци,

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

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

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

Због тога је Наставно-научно веће ФТН-а одлучило да, од новембра 2008. год. у облику пилот пројекта, а од фебруара 2009. год. као сталну активност, уведе презентацију најважнијих резултата свих мастер радова студената ФТН-а у облику кратког рада у „Зборнику радова Факултета техничких наука“.

Поред студената мастер студија, часопис је отворен и за студенте докторских студија, као и за прилоге аутора са ФТН или ван ФТН-а.

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

У овом броју штампани су радови студената мастер студија, сада већ мастера, који су радове бранили у периоду од 30.01.2018. до 30.05.2018. год., а који се промовишу 12.07.2018. год. То су оригинални прилози студената са главним резултатима њихових мастер радова.

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

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

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

- машинства,
- електротехнике и рачунарства,
- саобраћаја,
- мехатронике,
- математике у техници,
- геодезије и геоматике,
- регионалне политике и развоја и
- сценске архитектуре и дизајна.

У свесци са редним бројем 10. објављени су радови из области:

- грађевинарства,
- графичког инжењерства и дизајна,
- архитектуре и
- инжењерског менаџмента.

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. Zoran Subotin, METODOLOGIJA PRORAČUNA ELEKTRIČNIH LIFTOVA MALIH VISINA DIZANJA I NOSIVOSTI	1547-1550
2. Bojana Simović, STUDIJA IZVODLJIVOSTI IZGRADNJE POSTROJEŃANA BIOMASU KAO BAZNOG IZVORA DAĽINSKOG SISTEMA GREJAŃA NOVOG SAĐA	1551-1554
3. Goran Podunavac, RAZVOJ ATP KlapNE PRIMENOM RAČUNARSKE DINAMIKE FLUIDA	1555-1558
4. Едвин Берта, АНАЛИЗА РАДА СИСТЕМА СИРОВЕ ВОДЕ НОВОСАДСКОГ ВОДОВОДА	1559-1562
5. Gergelj Apro, INSTALACIJA NEKONVENCIONALNIH SISTEMA GREJANJA I HLAĐENJA U OBJEKTU PORODIČNOG STANOVANJA	1563-1566
Radovi iz oblasti: Elektrotehnika i računarstvo	
1. Milijana Vuković, SATELITSKI SISTEMI I NJIHOVA PRIMENA U PRECIZNOJ POLJOPRIVREDI	1567-1570
2. Jožef Nađivan, Vladimir Katić, ISPITIVANJE 400KV SF6 POSTROJENJA NA TS LASTVA U SKLOPU HVDC CRNA GORA – ITALIJA	1571-1574
3. Bojan Jocev, INTEGRACIJA JENKINS ALATA U VISUAL STUDIO OKRUŽENJE	1575-1578
4. Stefan Trivunov, ANALIZA SLIČNOSTI I RAZLIKA U MODELOVANJU TOKOVA SNAGA I GASA	1579-1582
5. Jovan Dobrota, Veran Vasić, Đura Oros, TOPLOTNI PROCESI U ELEKTRIČNIM MAŠINAMA	1583-1586
6. Vukašin Ognjenović, Dragan Milićević, ANALIZA INDUSTRIJSKOG REŠENJA POZICIONE KONTROLE ELEKTROMOTORNOG POGONA	1587-1590
7. Tijana Nastasić, Savo Đukić, KOMPENZACIJA REAKTIVNE SNAGE UZ UVAŽAVANJE KVALITETA ELEKTRIČNE ENERGIJE	1591-1594
8. Младен Коџо, РЕАКТИВНО ПРОГРАМИРАЊЕ АНДРОИД АПЛИКАЦИЈА	1595-1598
9. Jovana Mitrović, IMPEDANTNE METODE ZA LOKACIJU KVARA	1599-1602

	STRANA
10. Марко Прпош, Страхил Гушавац, НАПАЈАЊЕ ТУНЕЛА УВАЖАВАЈУЋИ МОГУЋНОСТИ ДИСТРИБУТИВНЕ АУТОМАТИКЕ	1603-1606
11. Nenad Pavlović, ANALIZA ALGORITMA TEORIJE VEKTORA PODRŠKE ZA PRORAČUN PROGNOZE PROTOKA PRIRODNOG GASA.....	1607-1610
12. Nikola Simić, PRORAČUN REŽIMA MIKSOVANE DISTRIBUTIVNE MREŽE SA KRATKIM SPOJEM ...	1611-1614
13. Spasoja Damjanović, STATIČKA ESTIMACIJA STANJA SA OGRANIČENJIMA TIPA NEJEDNAKOSTI U PRENOSNIM MREŽAMA	1615-1618
14. Aleksandar Đaković, Vesna Spasić Jokić, MERENJE OTPORNOSTI TKIVA KOD UPOTREBE ELEKTROHIRURŠKIH JEDINICA U ELEKTROHIRURGIJI KAO BEZBEDNOSNA MERA	1619-1621
15. Marina Klišanić OPTIMIZACIJA NAPONA I TOKOVA REAKTIVNIH SNAGA DISTRIBUTIVNIH MREŽA SA GENERATORIMA	1622-1625
16. Петар Дамјановић, ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА ДИГИТАЛНОГ РЕПОЗИТОРИЈУМА ПОМОЋУ ИНТЕГРАЦИЈЕ SPRING РАДНОГ ОКВИРА И ПРЕТРАЖИВАЧА ELASTICSEARCH	1626-1629
17. Јован Попов, Милан Видаковић, РАЗВОЈ WEB АПЛИКАЦИЈА УПОТРЕБОМ .NET CORE 2.0 ОКВИРА	1630-1633
18. Violeta Aleksovski , REALIZACIJA SOFTVERA ZIGBEE UREĐAJA ZA UPRAVLJANJE PAMETNIM ZASTORIMA	1634-1638
19. Katarina Međedović, UNITY OKRUŽENJE ZA MANIPULACIJU 3D OBJEKTIMA GENERISANIH IZ SERIJE CT SNIMAKA	1639-1642

Radovi iz oblasti: Saobraćaj

1. Jelena Glogovac, VIRTUELNI MOBILNI OPERATORI NA TRŽIŠTU ELEKTRONSKIH KOMUNIKACIJA	1643-1646
2. Nemanja Stojićević, Nenad Ruškić, VREDNOVANJE MERA ZA POBOLJŠANJE USLOVA ODVIJANJA SAOBRAĆJA NA OBILAZNICI OKO ŠAPCA	1646-1650
3. Milan Simić, PRIMER MODELOVANJA SISTEMA PODRŠKE ODLUČIVANJU PRI UPRAVLJANJU LANCIMA SNABDEVANJA	1651-1654
4. Suzana Maksimović, Dragana Šarac STANJE I PERSPEKTIVA RAZVOJA ELEKTRONSKIH POŠTANSKIH SERVISA U REPUBLICI SRPSKOJ	1655-1658
5. Небојша Зорић, ПРИМЕНА ПРОПИСА У КЉУЧНИМ ОБЛАСТИМА БЕЗБЕДНОСТИ САОБРАЋАЈА	1659-1662

Radovi iz oblasti: Mehatronika

- | | | |
|----|--|-----------|
| 1. | Violeta Velemir,
PRIMENA RFID TEHNOLOGIJA ZA PRAĆENJE ROBE UNUTAR KOMPANIJE „DELPHI
PACKARD“ | 1663-1666 |
|----|--|-----------|

Radovi iz oblasti: Matematika u tehnici

- | | | |
|----|---|-----------|
| 1. | Marta Josić,
PROBLEM TRGOVAČKOG PUTNIKA: VARIJANTE I PRIMENA | 1667-1670 |
| 2. | Slađana Mitrović, Nebojša Ralević,
SEPARABILNO PROGRAMIRANJE | 1671-1674 |

Radovi iz oblasti: Geodezija i geomatika

- | | | |
|----|--|-----------|
| 1. | Predrag Georgijevski,
DEFORMACIONA ANALIZA OBJEKTA PRIMENOM INSTRUMENTA TRIMBLE S5
DR PLUS | 1675-1678 |
| 2. | Bojan Mučibabić, Milan Trifković,
STANJE PREMJERA NA TERITORIJI POLITIČKE OPŠTINE NEVESINJE | 1679-1682 |
| 3. | Saša Đurković, Goran Marinković, Jelena Lazić,
RANGIRANJE KATASTARSKIH OPŠTINA U OPŠTINI RUMA | 1683-1686 |
| 4. | Mladen Stojičić,
3D MODELOVANJE OBJEKATA NA OSNOVU OBLAKA TAČAKA | 1687-1690 |

Radovi iz oblasti: Regionalna politika i razvoj

- | | | |
|----|--|-----------|
| 1. | Srebrenko Stanković, Darko Reba,
STRATEGIJA ODRŽIVOG RAZVOJA POLJOPRIVREDE OPŠTINE MILIĆI | 1691-1694 |
|----|--|-----------|

Radovi iz oblasti: Scenska arhitektura i dizajn

- | | | |
|----|--|-----------|
| 1. | Katarina Mladenović,
SJEDINJAVANJE Performativna instalacija..... | 1695-1698 |
|----|--|-----------|

METODOLOGIJA PRORAČUNA ELEKTRIČNIH LIFTOVA MALIH VISINA DIZANJA I NOSIVOSTI**METHODOLOGY OF THE ELECTRICAL ELEVATORS CALCULATION OF SMALL LIFTING HEIGHTS AND CARRYING CAPACITY**

Zoran Subotin, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – U radu su navedeni i opisani osnovni delovi liftova na električni pogon, sa akcentom na one delove koji su značajni kod svih tipova liftova sa stano-višta visine i brzine dizanja, kao i nosivosti. Razmatrani su različiti sistemi vezivanja kabine i protivtega, što pred-stavlja osnovu za izbor onog sistema koji se može pri-meniti u edukacionim liftovima (laboratorijskim uslo-vima), kod kojih su visine dizanja i nosivosti male. Data je opšta metodologija proračuna takvih liftova, uz pri-državanje važećih standarda u toj oblasti.

Ključne reči: Liftovi, visina dizanja, nosivost lifta

Abstract – This paper describes the basic parts of electric elevators, with emphasis on those parts that are significant in all types of elevators from the aspect of lifting heights and velocities, as well as the carrying capacity. Different systems of connecting cabins and counterweights were considered, which is the basis for choosing the system that can be used in educational elevators (laboratory conditions), in which the elevation and load capacity are small. The general methodology for calculating such elevators is given, with the observance of the applicable standards in this field.

Keywords: Elevators, lifting height, carrying capacity

1. UVOD

Pod liftom se podrazumeva trajno ugrađeno postrojenje za prevoz, koje opslužuje određene stanice korišćenjem kabine (koja se kreće između najmanje dve vertikalno ugrađene vođice), čije mere i konstrukcija omogućavaju pristup ljudima ili utovar tereta. Osnovna podela liftova može se izvesti prema vrsti pogona dizanja na: električne i hidraulične liftove.

Najveća prednost liftova na električni pogon u odnosu na hidraulične liftove je ta što kod električnih liftova postoji mogućnost takve izvedbe koja isključuje upotrebu mašin-ske prostorije, što znatno utiče na uštedu potrebnog pro-stora [1]. Ovo je obezbedilo razvoj tehnologije pogonskog motora sa permanentnim magnetom, a razvoj sistema po-gonskih užetnjača omogućio je značajno smanjenje gaba-rita samih komponenti. Neke od pogodnosti liftova bez mašinske prostorije su:

- niži troškovi ugradnje u odnosu na konvencionalna liftovska postrojenja,
- tiši rad kompletnog liftovskog postrojenja zahvaljujući bezreduktorskom načinu rada,
- pogonski uređaj je u potpunosti unutar voznog okna,

2. OSNOVNI DELOVI ELEKTRIČNOG LIFTA**2.1. Pogonska mašina**

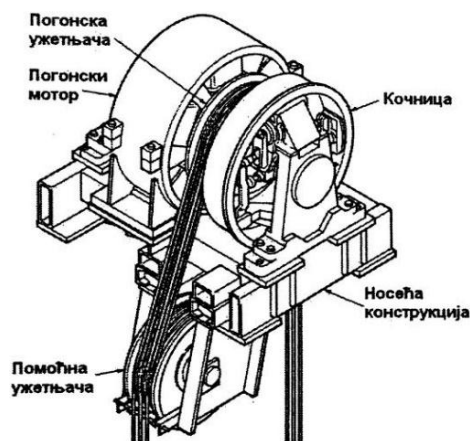
Pogonska mašina sa reduktorom. Najveću primenu, gene-ralno, ove pogonske mašine imaju za brzine kretanja iz-među 0,1 m/s i 2,5 m/s i pogodne su za opterećenja od 50 kg do 1000 kg pa i više.

Pogonski motor može biti sa stopom ili pričvršćen sa prirubnicom. Motori vezani sa stopom su dostupni u širo-kom spektru veličina i oblika, dok motori sa prirubnicom su kompaktnog dizajna. Obe varijante mogu biti odlično rešenje za određene sisteme, tako da ne postoji značajna prednost jednog u odnosu na drugi.

Pogonska mašina bez reduktora. Pogonska mašina bez reduktora nominalno se koristi za liftove velikih brzina, opsega od 2,5 m/s do 10 m/s. Međutim, danas se oni koriste za gotovo sve opsege brzina kretanja, zahvaljujući pre svega razvoju upravljanja.

Sklop pogonske mašine bez reduktora se sastoji od pogonskog motora, pogonske užetnjače, noseće konstruk-cije (postolja), kočnice, prevojnih užetnjača. Kočnica se izrađuje uglavnom kao sastavni deo pogonske užetnjače, a postoji više varijanti izvedbe u zavisnosti od tipa kočnice: doboš kočnice ili disk kočnice.

Kada je reč o pogonskim mašinama bez reduktora (sl. 1), osnovni princip i komponente su kod većine renomiranih proizvođača iste, uz promene u smislu oblika i težine.



Slika 1. Pogonska mašina bez reduktora

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Radomir Đokić, docent.

2.2. Kabina lifta

U kabini mora biti naznačeno opterećenje lifta u kilogramima, kao i dozvoljeni broj putnika. Broj putnika se može dobiti iz formule po kojoj se naznačeno (nazivno) opterećenje podeli sa brojem 75, a rezultat zaokruži na najbliži ceo broj, [2].

Korisna površina kabine lifta mora biti ograničena da bi se sprečilo propterećivanje putnicima. Kabinu lifta čine ram kabine i sama kabina lifta. Ram kabine (sl. 2) svojom čeličnom konstrukcijom nosi kabinu lifta u kojoj se nalaze putnici ili teret i predstavlja podlogu samoj kabini kao noseći element.



Slika 2. Ram kabine električnog lifta [3]

Ram kabine mora biti kvalitetno dimenzionisan kako bi svi elementi (noseći i pomoćni) mogli izdržati sva dinamička i statička opterećenja i izrađen je tako da čini jednu celinu. Užad mogu biti vezana direktno za ram kabine ili premotana preko pomoćnih užetnjača koje mogu biti postavljene ispod ili iznad rama kabine, jedna ili više njih.

2.3. Elementi za vođenje kabine i protivtega

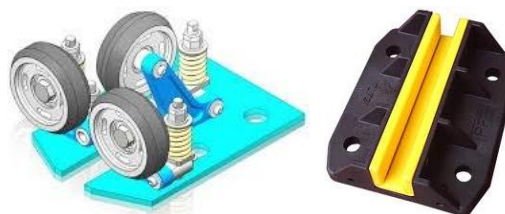
Najveći uticaj na kvalitet vožnje, ne računajući pogonski uređaj, imaju vodice lifta. Uloga vodica lifta jeste da obezbede transport kabine i protivtega u vertikalnom pravcu. Broj vodica zavisi od nominalne nosivosti lifta, a najčešće primenjivano rešenje je sa dve vodice za kabinu i dve vodice za protivteg, mada ne postoji ograničenje u broju korišćenih vodica. Postoje dva ekstremna slučaja opterećenja vodica koje one trebaju da izdrže:

- Prilikom ukrcavanja putnika ili utovara tereta u kabinu, velika opterećenja deluju upravo na vodice što je od velikog značaja kod teretnih liftova.
- Prilikom aktiviranja hvatačkog uređaja.

Dužina vodica mora biti dovoljna da kabina i protivteg nikada ne napuste vodice tokom kretanja.

Klizači na vodicama. Zadatak klizača jeste da pravilno vode kabinu i protivteg po vodicama, obično se nalaze po dva klizača na vrhu i dva klizača na dnu rama kabine i protivtega. Klizači su naročito aktivni kada je opterećenje u kabini ekscentrično usled pokretnog tereta.

Tada se težište kabine ne nalazi više na osi koja prolazi kroz užad kabine, već je pomereno i usled toga jedan par klizača koji su nasuprot jednom drugom prima opterećenje usled momenta koji teži da kabinu sa teretom izvuče iz svoje putanje. Na sl. 3 prikazani su klizači koji se često koriste u praksi.



Slika 3. Neki primeri klizača [3]

2.4. Graničnik brzine

Graničnik brzine (sl. 4a) predstavlja automatski uređaj namenjen za aktiviranje hvatačkog uređaja pri havarijskom prekoračenju brzine kretanja kabine ili protivtega naniže koja je veća od nominalne brzine.

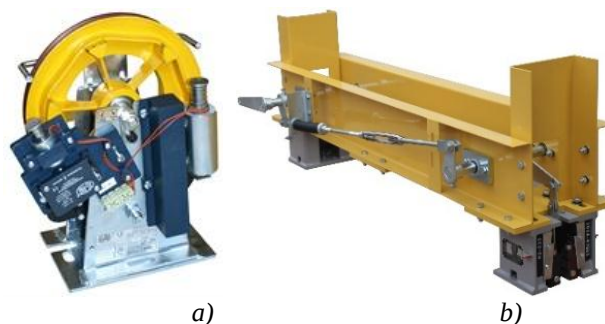
Graničnik brzine je zapravo pomoćni mehanizam hvatačkih uređaja kojeg često nazivaju regulatorom brzine. Aktiviranje graničnika brzine, a time i hvatačkog uređaja kabine mora nastati pri brzini koja nije manja od 115% naznačene brzine, a manja od:

- 0,8 m/s za hvatački uređaj sa trenutnim kočenjem, izuzev za tip sa hvatačkim rolnama,
- 1 m/s za hvatački uređaj sa hvatačkim rolnama,
- 1,5 m/s za hvatački uređaj sa trenutnim kočenjem sa prigušenjem i za hvatački uređaj sa postupnim kočenjem koji je iskorišćen za naznačene brzine koje ne premašuju 1 m/s,
- $1,25 \cdot v + 0,25 / v$, za hvatački uređaj sa postupnim kočenjem za naznačene brzine koje premašuju 1 m/s.

2.5. Hvatački uređaj

Hvatački uređaji (sl. 4b) služe za zadržavanje kabine lifta ili protivtega na vodicama, pri njihovom kretanju naniže većom brzinom od nominalno propisane, određene konstrukcijom graničnika brzine.

Osnovni zahtev koji se postavlja pred hvatačkim uređajem je da obezbedi usporavanje i zaustavljanje kabine ili protivtega na način koji je bezopasan po zdravlje ljudi koji se nalaze u kabini i da zadrži kabinu na vodicama sve do trenutka deaktiviranja hvatačkog uređaja.



Slika 4. Graničnik brzine i hvatački uređaj [3]

Kod liftova sa pogonskom užetnjačom, hvatački uređaji se mogu aktivirati samo pomoću graničnika brzine. Hvatački uređaji se mogu podeliti u odnosu na način dejstva i nazivne brzine lifta na: hvatačke uređaje trenutnog dejstva i hvatačke uređaje sa prigušenjem i postupnog dejstva. Hvatački uređaji sa trenutnim dejstvom (kočenjem) se primenjuju kod liftova nazivnih brzina jednakih ili manjih od 0,6 m/s. Hvatački uređaji sa prigušenjem se koriste kod liftova nazivnih brzina do 1 m/s, a hvatački uređaji sa postupnim kočenjem kabine se moraju primenjivati kod liftova nazivnih brzina većih od 1 m/s.

Protivteg ne mora imati na sebi hvatački uređaj ukoliko je vozno okno ugrađeno iznad pešačkih prolaza i prostorija u kojima se nalaze ljudi ako tavanica tih prostorija, odnosno jama voznog okna može izdržati udar protivtega, koji slobodno pada najvećom mogućom brzinom.

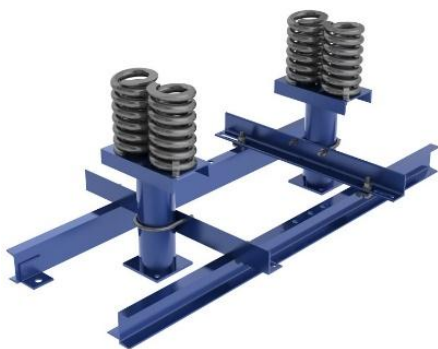
2.6. Odbojnik

Liftovi moraju imati odbojnik na donjem kraju putanje kabine i protivtega. Odbojnik služe za prinudno zaustavljanje kretanja kabine lifta ili protivtega u slučaju prekoračenja putanje u jami voznog okna lifta, kao i prekoračenja putanje u kretanju na gore.

Prema [2] postoji nekoliko različitih tipova odbojnika koji se primenjuju:

- Odbojnik koji akumuliraju energiju, linearnih i nelinearnih karakteristika i smeju se upotrebljavati samo ako naznačena brzina lifta ne prelazi 1 m/s.
- Odbojnik koji akumuliraju energiju, sa povratnim odbojnim kretanjem, smeju se upotrebljavati samo ako naznačena brzina lifta ne prelazi 1,6 m/s.
- Odbojnik sa rasipanjem energije se mogu koristiti bez obzira kolika je naznačena brzina lifta.

Na slici 5 prikazan je odbojnik sa oprugama koje su pričvršćene na metalnoj konstrukciji u jami voznog okna.



Slika 5. Opruge odbojnika [3]

2.7. Noseći elementi – čelična užad

Noseći elementi predstavljaju sastavni deo lifta i koriste se za dizanje kabine lifta. Uže (slika 6) sastoji se od više međusobno, na tačno određeni način, upletenih čeličnih žica koje čine složenu konstrukciju u cilju održavanja stabilnosti užeta kao celine.

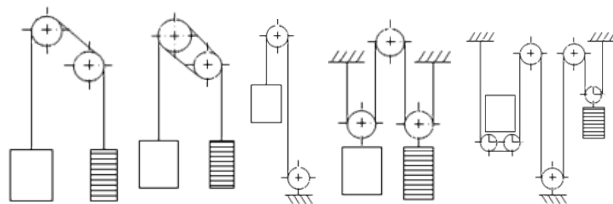


Slika 6. Čelična užad

Čelična užad su našla veliku primenu u liftovskim postrojenjima zbog svojstava, kao što su: besumni rad pri raznim brzinama kretanja, velika sigurnost pri radu, mala sopstvena težina. Prikladna su za dinamičke udare.

Pri analizi sistema vešanja kabine i protivtega, odabir najboljeg kinematskog rešenja sa pogonskom užetnjačom koji će se primeniti, zavisi od konkretnog slučaja. Parametri koji utiču na odabir pravog rešenja su pozicija pogonske mašine, veličina slobodnog prostora iznad

voznog okna za mašinsku prostoriju, nominalna nosivost i brzina kretanja. Na slici 7 prikazano je nekoliko načina vezivanja kabine i protivtega, kao i „šnjiranja“ užadi sa prevojnim užetnjačama.



Slika 7. Sistemi užadi kod liftova

3. PRORAČUN LIFTA NA ELEKTRIČNI POGON

U ovom delu rada biće izloženi samo neki delovi proračuna kao što su: proračun stacionarnih sila na strani kabine, odnosno protivtega u karakterističnim režimima rada, provera vučne sposobnosti pogonske užetnjače, izbor i provera užadi i proračun vodica kabine [2, 4].

3.1. Ukupne sile u nosećim užadima na strani kabine i na strani protivtega

- Motorski režim rada, dizanje pune kabine iz najniže stanice:

Sila na strani kabine:

$$S_{Kst} = - \left[(K + Q) \cdot (1 + f_{Kmax}) \cdot g \cdot \frac{2}{i_k} \right] \quad (1)$$

gde je:

Q - nosivost lifta,

K - masa kabine,

f_{Kmax} - koeficijent otpora kretanja kabine,

g - gravitaciono ubrzanje,

i_k - prenosni odnos vešanja.

- Motorski režim rada, spuštanje prazne kabine iz najviše stanice:

Sila na strani protivtega:

$$S_{Tst} = G \cdot (1 + f_{Tmax}) \cdot g \cdot \frac{2}{i_K} \quad (2)$$

gde je:

G - težina protivtega,

f_{Tmax} - koeficijent otpora kretanja protivtega.

Proračun ovih sila nam daje na uvid pojavu maksimalnih sila u karakterističnim režimima rada lifta na osnovu kojih je moguće izvršiti precizan proračun i izbor električnog motora lifta. Ovde su prikazane samo maksimalne sile koje se javljaju u najnepovoljnijim slučajevima.

3.2. Izbor i provera užadi

Pre izbora i provere užeta potrebno je izvršiti prethodni proračun užeta. Prethodnim proračunom užeta se potreban prečnik užeta određuje kao:

- najmanji prečnik užeta čija najmanja prekidna sila zadovoljava uslov:

$$F_{Gmin} \geq S_{Gmax} \cdot k_{Gmin} \quad (3)$$

odnosno,

- najmanji prečnik iz raspoloživog asortimana koji zadovoljava uslov:

$$d_G \geq \max \left\{ 2 \cdot \sqrt{\frac{k_{G\min} \cdot S_{G\max}}{k_p \cdot R_{mG} \cdot \pi \cdot f}}, 8 \right\} \quad (4)$$

gde je:

$S_{G\max}$ - najveća stacionarna sila u jednom nosećem užetu,
 $k_{G\min}$ - najmanji dozvoljeni stepen sigurnosti užeta,
 k_p - koeficijent pouzavanja za užu,
 R_{mG} - zatezna čvrstoća žica užeta,
 f - koeficijent ispune užeta.

3.3. Provera vučne sposobnosti pogonske užetnjače

- Slučaj 1. Ubrzavanje pri dizanju kabine sa 1,25Q iz najniže stanice:

$$\frac{(K+1,25 \cdot Q) \cdot (1+f_{K\max})}{G \cdot (1-f_{T\max}) \cdot \eta_{OU}} \cdot \frac{g+a}{g-a} \leq \frac{e^{\alpha \cdot \mu}}{C_2} \quad (5)$$

gde je:

η_{OU} - stepen iskorišćenja prenosa odbojne užetnjače,
 a - ubrzanje,
 μ - prividni koeficijent trenja,
 C_2 - koeficijent sigurnosti zbog habanja žljeba.

- Slučaj 2. Ubrzavanje pri spuštanju prazne kabine iz najviše stanice:

$$\frac{G \cdot (1+f_{T\max})}{K \cdot (1-f_{K\max}) \cdot \eta_{OU}} \cdot \frac{g+a}{g-a} \leq \frac{e^{\alpha \cdot \mu}}{C_2} \quad (6)$$

- Slučaj 3. Kočenje pri dizanju prazne kabine u najvišoj stanici:

$$\frac{G \cdot \eta_{OU}}{K} \cdot \frac{g+a}{g-a} \leq \frac{e^{\alpha \cdot \mu}}{C_2} \quad (7)$$

- Slučaj 4. Kočenje pri spuštanju kabine sa 1,25Q u najnižoj stanici:

$$\frac{(K+1,25 \cdot Q) \cdot \eta_{OU}}{G} \cdot \frac{g+a}{g-a} \leq \frac{e^{\alpha \cdot \mu}}{C_2} \quad (8)$$

- Slučaj 5. Mirovanje kabine sa 1,5Q u najnižoj stanici:

$$\frac{(K+1,5 \cdot Q) \cdot \eta_{OU}}{G} \leq \frac{e^{\alpha \cdot \mu}}{C_2} \quad (9)$$

3.4. Proračun vodica kabine

Sila od strane kabine merodavna za proračun izvijanja vodica određuje se na osnovu:

$$F_k = \frac{k_1 \cdot g \cdot (P+Q)}{n} \quad (10)$$

gde je:

k_1 - faktor udara prema [2],
 g - ubrzanje zemljine težje,
 P - mase prazne kabine i delova koje ona nosi,
 $P = 2,5 \cdot (K+Q) \cdot g$ - za hvatački uređaj sa trenutnim dejstvom,
 $P = 1,5 \cdot (K+Q) \cdot g$ - za hvatački uređaj sa trenutnim dejstvom sa valjcima,
 $P = 1 \cdot (K+Q) \cdot g$ - hvatački uređaj za postupno kočenje,
 n - broj vodica

Napon izvijanja svake od vodica:

$$\sigma_k = \frac{P \cdot \omega}{A} \quad (11)$$

gde je:

ω - koeficijent izvijanja [2],

Vitkost vođice:

$$\lambda = \frac{l_k}{i} \quad (12)$$

gde je:

l_k - usvojeno rastojanje između dve susedne konzole za koje je vodica pričvršćena,

$i = \sqrt{\frac{I_{\min}}{A}}$ - poluprečnik inercije poprečnog preseka vođice.

3. ZAKLJUČAK

Projektovanje električnih liftova je vrlo zahtevan i odgovoran posao koji traži posedovanje teoretskih znanja iz više oblasti kao i sigurnost u donošenju odluka i tačnost. U ovom radu su sprovedene neke od glavnih faza u procesu projektovanja električnih liftova. Projektovanje električnog lifta između ostalog se sastoji iz proračuna osnovnih delova u smislu zadovoljenja određenih karakteristika koje deo treba da poseduje, korišćenjem literature i standarda koji se iz godine u godinu nadograđuju i obnavljaju [5].

Često se pred projektantom jednog ovakvog električnog lifta postavljaju mnogi zahtevi koji iziskuju donošenje čitavog niza nestandardnih rešenja sistema užadi, npr. nakon čega treba da usledi procena i odabir najpovoljnijeg rešenja.

Ovaj rad bi mogao poslužiti kao polazna osnova za dalja istraživanja u ovoj oblasti, gde bi se primenom savremenih računarskih alata, pri ispitivanju noseće konstrukcije lifta, ramova kabine, protivtega itd, omogućilo vrlo brzo i efikasno dobijanje rezultata na osnovu kojih se mogu analizirati postojeća rešenja i davati predlozi za unapređenja i uputstva za nova.

4. LITERATURA

- [1] S. Tošić, "Liftovi", Mašinski fakultet Beograd, 2004.
- [2] SRPS EN 81-1;1998+A3 Evropski standard i bezbednosna pravila za konstrukciju i ugradnju liftova, 2013.
- [3] Katalozi proizvođača komponenti i liftova: KONE, OTIS, Schindler, Thussen Krupp, Dynatech, Atwell International, Sautter Lift Components.
- [4] R. Šostakov, "Proračun pogonskog mehanizma lifta", Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 2004.
- [5] J. Vladić, "Automatizovano projektovanje", Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 2006.

Kratka biografija:



Zoran Subotin rođen je u Novom Sadu 1978. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva – Mehanizacija i konstrukciono mašinstvo odbranio je 2018.god.
kontakt: subotindaca@gmail.com

**СТУДИЈА ИЗВОДЉИВОСТИ ИЗГРАДЊЕ ПОСТРОЈЕЊАНА БИОМАСУ КАО
БАЗНОГ ИЗВОРА ДАЉИНСКОГ СИСТЕМА ГРЕЈАЊА НОВОГ САДА****FEASIBILITY STUDY OF BIOMASS HEATING PLANT AS BASE LOAD HEAT
SOURCE FOR DISTRICT HEATING SYSTEM OF NOVI SAD**

Бојана Симовић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – МАШИНСТВО

Кратак садржај – Задатак овог рада заснива се на изради студије оправданости изградње базног топлотног извора на биомасу у оквиру даљинског система грејања Новог Сада. Описана је градска мрежа енергетских објеката, постојећи базни извор и могућа стратегија развоја, у оквиру које је објашњена сврха изградње новог базног извора. Приказани су и савремени трендови у области и технологије које се примењују у развијеним земљама. Сprovedена је анализа енергетских потенцијала расположиве биомасе у Србији и Војводини и упоредна техно-економска анализа три варијанте постројења на биомасу.

Abstract – The task of this study is based on feasibility study of biomass heating plant as base load heat source for district heating system of Novi Sad. This project describes a district heating system of Novi Sad, existing base load source and possible development strategy which explains why the new base load source is needed. The current trends are also described as well as the latest technologies used in developed countries. The study examines analysis of energy resources and techno-economic analysis of three different types of biomass heating plant.

Кључне речи: студија изводљивости, биомаса, слама, комунални отпад, базни извор, когенерација, топлана

1. УВОД

Највећи део енергије обезбеђује се употребом фосилних горива. Погодности у погледу њиховог коришћења у овом тренутку се не може одрећи ни једна привреда у свету, али негативни аспекти и непрестано тржишно поскупљивање подстичу тежњу да се супституишу обновљивим енергентима. Србија има значајан потенцијал у обновљивим изворима енергије који је још увек недовољно искоришћен. Директивом 2009/28/ЕС Србији је постављен амбициозни циљ да повећа учешће исте у укупној потрошњи финалне енергије на 27% у 2020. години. Највећи удео могла би имати биомаса, од које би се могло производити око четвртине укупне енергије.

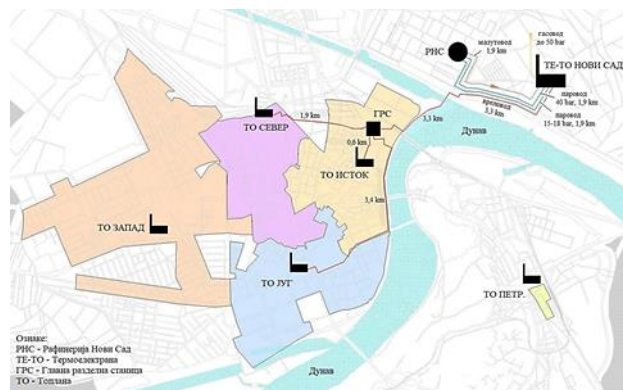
НАПОМЕНА:

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

Предуслов наведених стремљења подразумева да се добијање енергије из биомасе реализује на термоенергетским постројењима високе енергетске, еколошке и економске ефикасности. Како Град Нови Сад последњих десет година нема базни извор топлотне енергије, идеја је да се изгради постројење које користи биомасу као гориво, што би био значајан помак у достизању задатих циљева у погледу коришћења обновљивих извора енергије.

2. ТОПЛИФИКАЦИОНИ СИСТЕМ НОВОГ САДА

Град Нови Сад снабдевају три главна енергетска услужна предузећа – Новосадске топлане, Термоелектрана-топлана Нови Сад (ТЕ-ТО Нови Сад) и Нови Сад Гас. Основни енергент који се користи у техничком систему Топлане и ТЕ-ТО Нови Сад је природни гас. У саставу техничког система Новосадске топлане налази се 6 топлотних извора, Главна разделна станица (ГРС), вреловодна мрежа дужине 220,1 км и кућне подстанице у зградама (3.832 кућне подстанице). Техничко-технолошку целину система чини и ТЕ-ТО Нови Сад, која је са системом повезана преко ГРС. Топлотне изворе чини 6 топлотних извора и ТЕ-ТО. Три топлотна извора: „Југ“, „Север“ и „Исток“ су повезани са ТЕ-ТО повезним водовима преко ГРС (слика 1).



Слика 1: Топлификациони систем Новог Сада[1]

Како је у последњих десет година дошло до великих промена цена природног гаса и нафте, што цена електричне енергије у нашој земљи није пратила, производња електричне енергије коришћењем природног гаса постала је практично неисплатива чак и у когенерацијским постројењима какав је ТЕ-ТО Нови Сад. Иако јој је првобитна намена била да покрива базно топлотно оптерећење града, ТЕ-ТО се из наведених разлога укључује само по потреби [1].

3. САВРЕМЕНИ ТРЕНДОВИ У ОБЛАСТИ

У оквиру ЕУ, укључујући и земље кандидате, испоруку топлотне енергије обавља више од 5.000 предузећа. Дужи низ година се уочава тренд повећања броја нових прикључених објеката и/или повећање грејне површине постојећих објеката. Удео обновљивих извора енергије је такође у сталном порасту, а највеће учешће има биомаса.

Као један од бољих модела који је доказан у пракси је свакако пример Данске. Основа даљинског грејања у Данској су, до половине седамдесетих година прошлог века, чинили угаљ и мазут. Након тога је започело увођење природног гаса као енергента и проширење мреже система, а затим и коришћење обновљивих ресурса. Биомаса се као енергент у Данској користи још од пред индустријског периода. Нафтне кризе током седамдесетих година прошлог века навеле су Данску да реорганизује свој енергетски систем и промовише биомасу као обновљив извор енергије и алтернативу фосилним горивима. Она тренутно настоји да до 2050. године елиминира фосилна горива из употребе и замени их обновљивим ресурсима, при чему би биогорива имала кључну улогу [2].

4. АНАЛИЗА ЕНЕРГЕТСКИХ ПОТЕНЦИЈАЛА РАСПОЛОЖИВЕ БИОМАСЕ У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ

Енергетске ресурсе и потенцијале Републике Србије чине фосилна горива, као и обновљиви извори енергије. Биомаса представља значајан енергетски потенцијал (око 3,405 милиона toe) и у укупном потенцијалу обновљивих извора енергије учествује са 60,3%. Од овог потенцијала највећи део чине потенцијал дрвне биомасе – 1,53 милиона toe и потенцијал пољопривредне биомасе – 1,67 милиона, док је потенцијал биоразградивог комуналног отпада процењен на 205 хиљада toe. Пољопривредна биомаса се највећим делом налази на подручју Аутономне Покрајине Војводине. За Војводину је карактеристично високо учешће обрадивих површина у односу на укупну површину земљишта (83%), док је удео шумског подручја низак (7%). Регија је богата пољопривредном масом, посебно кукурузом, житарицама, сојом и сунцокретом. Потенцијална количина пољопривредне биомасе у Војводини је 6.245.000 t/год. Од тога само око 25% може да се користи у енергетске сврхе [3].

5. ТЕХНОЛОГИЈА САГОРЕВАЊА БИОМАСЕ

За сагоревање биомасе која су најчешће у практичној примени у индустрији могу се навести следећа важнија техничка решења и то:

- ложишта са непокретним решеткама,
- ложишта са додавањем горива одоздо,
- ложишта са покретним решеткама,
- ложишта за сагоревање у циклонима или у вртложним ложиштима и
- ложишта у флуидизованом слоју.

Са становишта степена искоришћења, најбољи резултати остварени су при сагоревању биомасе у флуиди-

зованом слоју (ефикасност преко 99%). Такође, могуће је остварити добре резултате сагоревања биомасе у циклонском ложишту. За бале сламе користе се ложишта са равном или косом решетком, за брикете равна и коса степенаста непокретна решетка, за пелете коса степенаста непокретна и покретна решетка и равна решетка са флуидизованим слојем сагоревања биогорива. Уситњена слама захтева циклонско или вртложно ложиште (ковитлац), тј. сагоревање у простору без решетке [4].

6. ТЕХНО-ЕКОНОМСКА АНАЛИЗА ИЗГРАДЊЕ ПОСТРОЈЕЊА НА БИОМАСУ

6.1. Дефинисање инсталисаног капацитета постројења и полазних параметара

У оквиру техно-економске анализе размотрене су три изведбе постројења, са дефинисаном топлотном снагом од 100 MW:

- топлана на сламу,
- когенерацијско постројење на сламу и
- когенерацијско постројење на сламу и комунални отпад.

Да би се процес сагоревања одвијао са великом енергетском ефикасношћу у погледу трансформације, неопходно је обавити адекватан одабир врсте и начина припреме биомасе као биогорива и применити ефикасну технологију сагоревања. Степен корисности постројења когенерационог типа углавном се креће у опсегу од 75% до 90%, а топлане у опсегу од 80% до 90%. У сва три посматрана случаја претпостављен је степен ефикасности постројења $\eta=85\%$. За когенерацијска постројења однос топлотне и улазне снаге r креће се у интервалу од 0,55 до 0,7. Усвојена је вредност 0,65.

У табели 1, за усвојене параметре, приказани су инсталисани капацитети у зависности од типа постројења. За когенерацијско постројење на сламу и отпад инсталисани капацитети модула су усвојени на основу максимално расположиве количине комуналног отпада који се генерише у Новом Саду на годишњем нивоу (приближно 120.000 t/год.).

Табела 1: Инсталисани капацитети у зависности од типа постројења

Тип постројења	Изразна снага		Улазна снага [MW]	r	η
	[MWt]	[MWel]			
Топлана на сламу	100	-	118	0,85	0,85
СНР на сламу	100	31	155	0,65	0,85
СНР на сламу и отпад	100	31	155	0,65	0,85
- Модуо на сламу	55	17	85	0,65	0,85
- Модуо на отпад	45	14	70	0,65	0,85

За биогориво је изабрана слама у форми бала, јер на локацији ТЕ-ТО Нови Сад постоји довољно расположивог простора за складиштење исте.

Усвојена вредност доње топлотне моћи балиране сламе износи 14.000 MJ/t. За варијанту когенерације на сламу и отпад усвојена је доња калоријска вредност комуналног отпада од 10.000 MJ/t.

Цена балиране сламе у Србији са урачунатим трошковима припреме и транспорта крећу се од 31,1 €/t, до 33,62 €/t, по средњем курсу у износу од 118,9881 динара за евро. У прорачуну је усвојена вредност од 40€/t због неминовног поскупљења енергената у будућности. Инвестициони трошкови изградње топлане на сламу износе око 310.000 € по MW улазне снаге, а когенерационог постројења на сламу око 800.000 €.

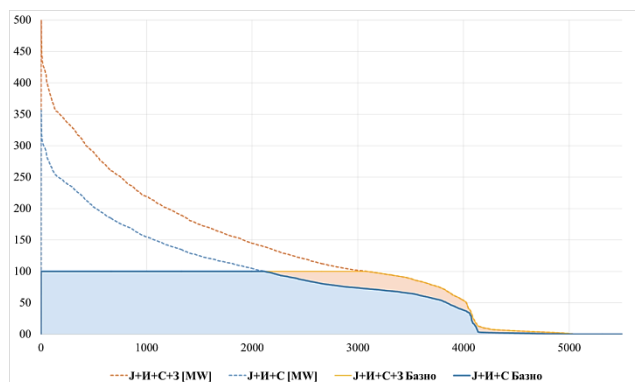
За варијанту когенерације на сламу и отпад, инвестициони трошкови блока на комунални отпад су већи у поређењу са блоком на сламу због скупљих технологија пречишћавања димних гасова и крећу се од 400 до 700 € по t спаљеног отпада. Усвојена је вредност у износу од 650 € по t спаљеног отпада.

Продајна цена топлотне енергије стамбеним и пословним потрошачима износи 5,26 дин./kWh. Подстицајна откупна цена електричне енергије произведене из биомасе износи 82,2 €/MWh, а из комуналног отпада 85,7 €/MWh.

Трошкови одржавања зависе првенствено од врсте и капацитета постројења. За когенерацију на биомасу усвојен је специфичан трошак у износу од 15 €/MWh. За топлану на биомасу претпостављено је да је износ трошкова одржавања 4% од износа инвестиционих трошкова, а за инсинератор 10%. За когенерацијско постројење на биомасу и отпад треба узети у обзир и накнаде за емисију CO₂, SO₂ и NO_x.

Цена збрињавања комуналног отпада за сагоревање у спалионици износи око 120 €/t, те је ова вредност и усвојена при прорачуну. На основу прихода од продаје енергије и укупних трошкова, може се утврдити прост период отплате инвестиције.

Сложен период отплате инвестиције је нешто дужи, јер се морају урачунати порез на добит и камата. Пореска стопа износи 10%, а каматна стопа 2,5%.



Слика 2: Годишњи дијаграм топлотног оптерећења увођењем базног извора снаге 100 MWt [1]

Испоручена енергија добија се из годишњег дијаграма топлотних оптерећења у зависности од инсталисаног капацитета постројења. На слици 2 приказан је годишњи сведени дијаграм топлотног оптерећења за Нови Сад током 2016.

6.2 Економска анализа изградње топлане на сламу

Према облику дијаграма оптерећења, испоручена топлотна енергија из постројења номиналног топлотног капацитета 100 MW износи 352.767 MWh.

Карактеристике постројења дате су у наставку:

- Ном. капацитет постројења: 100 MW
- Улазна снага: 118 MW
- Макс. количина сламе: 142.004,57 t/год.
- Инвестициони трошкови: 36.580.000 €
- Годишња зарада на испоруци топл. енергије: 15.594.454 €
- Годишњи трошкови сламе: 5.680.183 €
- Годишњи трошкови одржавања: 1.463.200 €
- Годишњи трошкови зарада запослених: 552.960 €
- Годишњи профит (без ПДВ-а): 7.898.111 €
- Прост период отплате инвестиције: 4,63 год.

Са урачунатом каматом и порезом на добит, исплативост постројења се остварује за 5,58 година.

Интерна стопа рентабилности пројекта топлане износи 14,43%. Како је већа од усвојене каматне стопе, може се закључити да је пројекат изградње топлане на сламу номиналног капацитета 100 MW економски оправдан.

За годишњу производњу 352.767 MWh топлотне енергије потребно је 90.711,51 t сламе, односно 27.776,93 t природног гаса. Утрошен природни гас на годишњем нивоу био би плаћен 10.763.560,04€, а слама 3.628.460,57 €, те би годишња уштеда на бази разлике у ценама анализираних горива била чак 7.135.099,47 €. Битнији аргумент је да би 10.763.560,04 € био чист одлив новца у иностранство, јер се природни гас увози из Русије, док би 3.628.460,57 € остало у региону и тиме омогућило нови приход и нова радна места. Ово становиште је главни покретач многим европским земљама да промовишу биоенергију.

6.3 Економска анализа изградње когенерационог постројења на сламу

Према облику дијаграма оптерећења, испоручена топлотна енергија из постројења номиналног капацитета 100 MW износи 352.767 MWh. Испоручена елек. енергија износи 109.358 MWh.

Карактеристике постројења дате су у наставку:

- Ном. топл. капацитет постројења: 100 MW
- Ном. елек. капацитет постројења: 31 MW
- Улазна снага: 155 MW
- Макс. количина сламе: 186.531,43 t/год.
- Испоручена топл. енергија: 352.767 MWh
- Испоручена елек. енергија: 109.358 MWh
- Инвестициони трошкови: 124.000.000 €
- Годишња зарада на испоруци топл. енергије: 15.594.454 €
- Годишња зарада на испоруци елек. енергије: 8.989.209 €
- Годишњи трошкови сламе: 7.461.257 €
- Годишњи трошкови одржавања: 1.640.367 €
- Годишњи трошкови зарада запослених: 721.920 €
- Годишњи профит (без PDV-а): 14.760.119 €
- Прост период отплате инвестиције: 8,4 год.

Са урачунатом каматом и порезом на добит, исплативост постројења се остварује за 10,76 година. Интерна стопа рентабилности пројекта топлане износи 1,46%. Како је она мања од усвојене каматне стопе, може се закључити да пројекат изградње ТЕ-ТО на сламу номиналног топлотног капацитета 100 MW, а електричног капацитета 31 MW није економски оправдан. Период отплате инвестиције може се смањити подстицајима у виду субвенција и механизма чистог развоја.

6.4 Економска анализа изградње когенерационог постројења на сламу и комунални отпад

Према облику дијаграма оптерећења, испоручена топлотна енергија из постројења номиналног топлотног капацитета 100 MW износи 352.767 MWh. Испоручена елек. енергија износи 109.358 MWh.

Карактеристике постројења дате су у наставку:

- Ном. топл. капацитет постројења: 100 MW
- Ном. елек. капацитет постројења: 31 MW
- Улазна снага: 155 MW
- Макс. количина сламе: 102.000,00 t/год.
- Макс. количина отпада: 117.936,00 t/год..
- Испоручена топл. енергија: 352.767 MWh
- Испоручена елек. енергија: 109.358 MWh
- Инвестициони трошкови модула на сламу: 68.000.000 €
- Инвестициони трошкови модула на отпад: 76.658.400 €
- Годишња зарада на испоруци топл. енергије: 15.594.454 €
- Годишња зарада на испоруци елек. енергије: 8.989.209 €
- Годишњи приход од збрињавања отпада: 14.152.320 €
- Годишњи трошкови сламе: 4.080.000 €
- Годишњи трошкови одржавања: 8.565.396 €
- Годишњи трошкови зарада запослених: 721.920 €
- Накнада за емисију CO₂: 1.252.480 €
- Накнада за емисију SO₂: 53.552 €
- Накнада за емисију NO_x: 12.853 €
- Годишњи профит (без PDV-а): 24.210.980 €
- Прост период отплате инвестиције: 5,97 год.

Са урачунатом каматом и порезом на добит, исплативост постројења се остварује за 7,35 година. Интерна стопа рентабилности пројекта топлане износи 8,43%. Како је она већа од усвојене каматне стопе, може се закључити да је пројекат изградње ТЕ-ТО на сламу и комунални отпад номиналног топлотног капацитета 100 MW, а електричног капацитета 31 MW економски оправдан.

За годишњу производњу енергије од 253.992 MWh из блока на сламу потребно је 65.312,29 t сламе, односно 19.999,39 t природног гаса, док је за годишњу производњу енергије од 208.132 MWh из блока на комунални отпад потребно 74.927,71 t отпада, односно 16.388,39 t природног гаса. Утрошен природни гас на годишњем нивоу био би плаћен 14.100.263,65 €, а слама 2.612.491,61 €, те би годишња уштеда на бази разлике у ценама анализираних горива била чак 11.487.772,04 €.

7. ЗАКЉУЧАК

У раду је спроведена техно-економска анализа изградње три варијанте постројења на сламу, инсталисаног топлотног капацитета 100 MW, са циљем да се обезбеди недостајући базни извор енергије. Из приложеног се може закључити да су пројекат изградње топлане на сламу и пројекат изградње когенерационог постројења на сламу и комунални отпад оправдани, како економски, тако и у погледу коришћења ресурса и годишњих уштеда на диспаритету цена горива. Период отплате обе инвестиције би био још краћи када би се остварило право на бесповратна новчана средства, а за топлану и право на трговину CER-овима.

Међутим, реализација пројекта изградње когенерационог постројења на сламу и комунални отпад може бити дискутабилна ако се узме у обзир цена збрињавања отпада за спалионице, која је око 4 пута већа у односу на цену одлагања отпада на депоније. Из тих разлога до сада није спроведена таква инвестиција у Србији. Изградња когенерационог постројења на сламу би била економски оправдана једино када би се увеле додатне мере подстицаја у виду субвенција и механизма чистог развоја.

8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Документација преузета са стручне праксе у ЈКП "Новосадска топлана" у Новом Саду
- [2] Радмило А. Савић (2013), *Мogućност примене пелета и брикета од биомасе за производњу топлотне енергије у системима даљинског грејања Београда*, докторска дисертација, Машински факултет, Београд
- [3] Универзитет у Београду и Рударско-геолошки факултет (2013), *Нацрт стратегије развоја енергетике Републике Србије за период до 2025. године са пројекцијама до 2030. године*, Министарство енергетике, развоја и заштите животне средине
- [4] Тодор Јанић, Братислав Миленковић, Миладин Бркић, Зоран Јањатовић, Даријан Павловић, Зорица Глуваков (2012), *Енергетска ефикасност и анализа потенцијала биомасе у општини Бор*, UNDP – Србија

Кратка биографија:



Бојана Симовић рођена је у Новом Саду 1993. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Машинства – Термоенергетика одбранила је 2018. год.

RAZVOJ ATP Klapne PRIMENOM RAČUNARSKE DINAMIKE FLUIDA

DEVELOPMENT OF ATP DAMPER BY USING COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS

Goran Podunavac, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – U okviru ovog rada razmatrana je klapna koja posrednim putem meri brzinu strujanja vazduha, mereći položaj lopatice i moment kojim vazдушna struja deluje na lopaticu. Urađena je kalibracija matematičkog modela ATP klapne kvadratnog preseka za 4 različita profila klapne, sa pravim deonicama ispred i iza klapne, primenom eksperimentalne metode i računarske dinamike fluida. U oba slučaja verifikacija matematičkog modela je urađena primenom eksperimentalne metode. Kalibracija matematičkog modela primenom obe metode dala je podjednako dobre rezultate.

Abstract – The subject of the thesis is a damper that indirectly measures air flow rate, by measuring position of the blade and moment on the blade which airflow is acting on. We performed a mathematical model calibration ATP damper square cross-section was made for 4 different valve profiles, with the right sections before and after a damper, by using experimental methods and computational fluid dynamics (CFD). In both cases, verification of the mathematical model was done using the experimental method. The calibration of the mathematical model using both methods give equally good results.

Ključne reči: ATP klapna, računarska dinamika fluida

1. UVOD

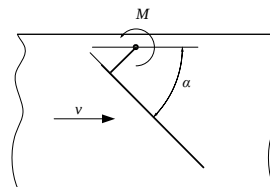
Merenje i regulacija protoka vazduha predstavlja jednu od najznačajnijih stavki u sistemima grejanja, ventilacije i klimatizacije, čiji je skraćeni naziv HVAC (Heating, Ventilation, Air Conditioning). Protok vazduha u HVAC sistemima reguliše se klapnama i/ili žaluzinama. Na engleskom jeziku zajednički naziv za ove uređaje je damper. Predmet istraživanja rada bio je merni uređaj pod nazivom ATP (Air Torque Position) klapna. Radi se o uređaju koji u svom kućištu ima lopaticu (klapna) ili lopatice (žaluzina), čijim se obrtanjem oko sopstvene ose menja strujni presek. Promenom strujnog preseka menja se otpor strujanja vazduha, usled čega dolazi do promene protoka vazduha [1].

Pri opstrujavanju lopatice vazduh na lopaticu deluje aerodinamičkim silama. Veličine aerodinamičkih sila zavise od geometrije i orijentacije lopatice. Aerodinamičke sile proizvode aerodinamički moment M na lopatici, koji je u vezi sa brzinom strujanja ispred lopatice v i položajem lopatice α , slika 1.1:

$$v = f(\alpha, M) \quad (1.1)$$

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Siniša Bikić.



Slika 1.1 Šematski prikaz ATP klapne (Bikić, 2013)

Cilj rada bio je da se prikaže postupak i uradi kalibrisanje postojećeg matematičkog modela ATP klapne primenom eksperimentalne metode i računarske dinamike fluida.

Računarska dinamika fluida (Computational fluid dynamics) je primenjena nauka kojoj je glavni cilj primena znanja i iskustava sa područja mehanike fluida uz izradu računarskih modela kako bi se dobila nova saznanja o pojedinim specifičnim problemima unutar dinamike fluida. Analizirani i upoređeni rezultati dve primenjene metode kalibrisanja za ATP damper kvadratnog preseka (250mm x 250mm) sa četiri različita oblika lopatice (ravna lopatica, lopatica sa zakrivljenim krajevima, simetrična aeroprofil lopatica i nesimetrična aeroprofil lopatica) za opsege strujanja vazduha od 0 do 10 m/s i uglove nagiba lopatice od 0° do 90°. Eksperiment je realizovan u Laboratoriji za mehaniku fluida, Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu. Za potrebe eksperimentalnog istraživanja koristilo se postojeće laboratorijsko postrojenje za ispitivanje ATP klapni. U okviru rada razmatran je slučaj ATP klapne koja ispred i iza sebe ima pravu deonicu cevovoda.

2. PREGLED STANJA U OBLASTI

Federšpil [2] je prvi autor koji se bavio predviđanjem momentne karakteristike žaluzine kvadratnog preseka koja se koristi u procesima merenja protoka vazduha i regulisanja parametara u HVAC sistemima. Federšpil [3] je prilagodio model momentne karakteristike leptirastog zatvarača koji je predložio Hazenflug [4] za jednu lopaticu regulacione žaluzine kvadratnog preseka. Model koji je predložio Federšpil povezuje brzinu strujanja vazduha ispred žaluzine, položaj merne lopatice i moment kojim vazдушna struja deluje na mernu lopaticu regulacione žaluzine. Iz razvijenog matematičkog modela moguće je posredno odrediti brzinu strujanja vazduha ispred žaluzine na osnovu merenja ugla nagiba merne lopatice i momenta kojim vazдушna struja deluje na mernu lopaticu. Usled veze između brzine strujanja vazduha, momenta kojim vazдушna struja deluje na mernu lopaticu i položaja merne lopatice, Federšpil je ovaj merni uređaj nazvao ATP (Air Torque Position) žaluzina.

3. TEORIJSKE OSNOVE

3.1 Matematički model ATP klapne

Matematički model ATP klapne glasi:

$$v^2 = G^2(\alpha) \frac{2M}{\rho A_0 D_n} \quad (3.1)$$

gde su:

$G(\alpha)$ - korelacijska funkcija [-] i

D_h - hidraulički prečnik cevovoda [m].

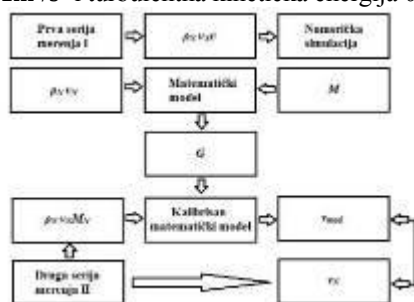
Korelacijska funkcija je veličina koja isključivo zavisi od ugla nagiba lopatice:

$$G(\alpha) = \left(\frac{D_h}{\frac{y}{C_{Q,a}^2} + \frac{x}{C_{Q,l}^2} \cdot \tan \alpha} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3.2)$$

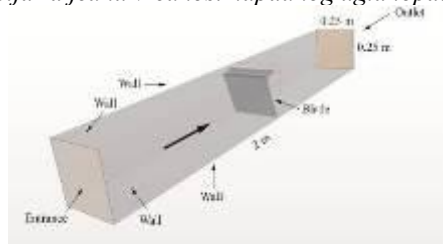
Hidraulički prečnik omogućuje da matematički model definisan jednačinama (3.1) i (3.2) može da se primeni za različite poprečne preseke ATP klapni (kružni, pravougaoni, kvadratni itd).

4. METODOLOGIJA EKSPERIMENTA

Za potrebe numeričke simulacije korišćen je komercijalni softver STAR CCM+. Rad je izvršen u dve faze. Prvo je matematički model kalibrisan, utvrđene su dve korelacijske funkcije, $G(\alpha)$, prva zasnovana eksperimentalno, a druga zasnovana na numeričkim proračunima. U drugoj fazi, korelacijske funkcije dobijene eksperimentalno i numerički potvrđene su drugim nizom eksperimentalnih merenja. Algoritam matematičkog modela primenom računarske dinamike fluida i njena eksperimentalna verifikacija je prikazana na slici 4.1. Na slici 4.1 prvi niz merenja označen je sa I indeksom, dok je drugi niz merenja označen sa indeksom II. Granice numeričkog modela nisu u potpunosti identične granicama fizičkog modela, videti sliku 4.2. Jedina aproksimacija koja je primenjena na mrežnom modelu, u odnosu na fizički model, je dužina pravih delova cevovoda ispred i iza lopatice. Prema preporuci standarda, dužina bi trebala da bude 3m i 2m, ispred i iza lopatice za fizički model. Odgovarajuće dužine ravnih delova za mrežni model bile su 1m. Vazduh struji kroz kanal i kruži oko lopatice koja se nalazi u kanalu. Na ulazu u kanal je zadat maseni protok, a na izlazu iz kanala pretpostavlja se da je razlika pritiska nula, $\Delta p = 0$. Granični uslovi su postavljeni tako da je zid glatka površina. Početni uslovi za turbulentno strujanje su postavljeni kao: stopa rasipanja turbulencije $0,1 \text{ m}^2/\text{s}^3$ i turbulentna kinetička energija $0,001 \text{ J/kg}$.

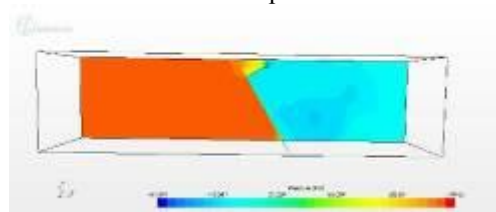


Slika 4.1- Algoritam kalibracije matematičkog modela sa rezultatima numeričke simulacije i njena eksperimentalna verifikacija za jednu vrednost napadnog ugla lopatice α



Slika 4.2 Granice mrežnog modela

Korišćena je nestruktuirana poliedarska mreža. Parametri mreže su: broj ćelija oko 600.000, prosečna veličina ćelija $0,007 \text{ m}$, broj prizmatičnih slojeva 2, parametar širenja prizmatičnog sloja 1.5, debljina prizmatičnog sloja $0,0007 \text{ m}$ i veličina ćelija u blizini zidova kanala $0,00175 \text{ m}$. Odabran je standardni turbulentni model $k-\epsilon$. Kao i u izvođenju matematičkog modela ATP klapne (3.1), u numeričkoj simulaciji, vazduh je tretiran kao nestišljiv fluid. U cilju ilustriranja protoka vazduha kroz ATP klapnu, vektori polja brzine su prikazani na uzdužnoj ravni, dobijeni numeričkom simulacijom za maseni protok vazduha od $0,21 \text{ kg/s}$ i napadnog ugla lopatice od 70° , sl. 4.3. Snažno ubrzanje je vidljivo na zazorima između lopatice i kanala ATP klapne.



Slika 4.3 Vektori brzine na uzdužnoj ravni za maseni protok vazduha od $0,21 \text{ kg/s}$ i napadnog ugla lopatice od 70°

Dva standardna kriterijuma konvergencije su izabrani za prestanak iterativnog postupka kada je rezultat dovoljno precizan: ostatak iterativnog rezultata i fizička veličina koja je od interesa. Prema preporuci iz literature, tendencija je bila da se zadrži ostatak iterativnog rezultata u toleranciji od $0,001$. Kao fizička veličina od interesa, posmatra se moment vazdušne struje koji deluje na ATP klapnu. Moment sile na površini se definiše:

$$M = \sum_f [r_f \times (F_{fp} + F_{fr})] \cdot a$$

Gde su F_{fp} i F_{fr} vektori sile pritiska i smicanja, a je vektor koji definiše osu koja prolazi kroz tačku x_0 gde se moment izračunava i r_f je položaj strane u odnosu na x_0 . Ova količina je obračunata pomoću ugrađene funkcije u protoku solvera. U skladu sa literaturom, rezultat fizičke veličine koja je od interesa je znatno manja od 1% između poslednje dve iteracije. Odabrane su ove tolerancije jer je bilo potrebno da se izvrši veliki broj proračuna i želja da se uštedi na vremenu. Osim toga, dobijeni rezultati su dovoljno dobri, tako da nisu potrebne nikakve uže tolerancije. Iz istog razloga nema nikakve studije osetljivosti na osetljivost mreže.

4.1 Merenje parametara rada ATP klapne

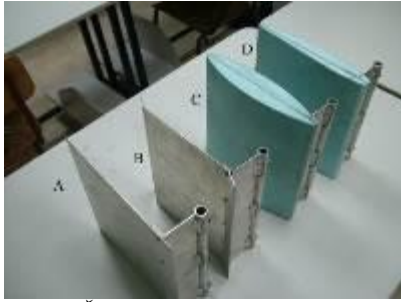
Za potrebe eksperimentalne kalibracije i verifikacije matematičkog modela ATP klapne urađena su dva nezavisna niza merenja. Prvi niz merenja korišćen je za kalibraciju matematičkog modela ATP klapne, dok je drugi niz merenja korišćen za njegovu verifikaciju.

Merenje parametara ATP klapne urađeno je za opseg merenja brzine strujanja vazduha neposredno ispred klapne od 0 m/s do 10 m/s i za opseg merenja napadnog ugla lopatice od 0 do 90° .

4.2 Laboratorijske ispitne ATP klapne

Na slici 4.4 prikazana su četiri različita profila lopatice za potrebe eksperimentalnog ispitivanja:

- A - ravna lopatica,
- B - lopatica sa zakrivljenim krajevima,
- C - lopatica simetričnog aeroprofila i
- D - lopatica nesimetričnog aeroprofila.

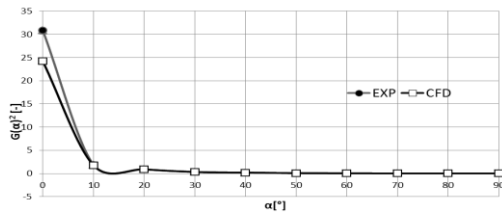


Slika 4.4 Četiri razmatrana profila lopatica

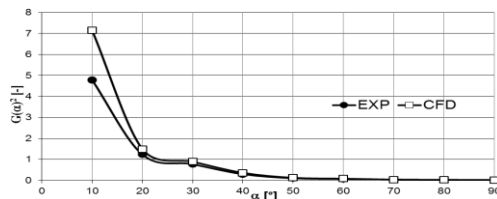
Lopaticice su izrađene od aluminijumskog lima (sečenjem, savijanjem i zavarivanjem) debljine 2 mm. Aluminijum je izabran kao materijal koji je skoro tri puta lakši od čelika, čime se smanjio parazitski moment (moment koji nastaje usled sile težine lopaticice, sile trenja u ležajevima, sile usled koje dolazi do savijanja lopaticice itd).

5. REZULTATI

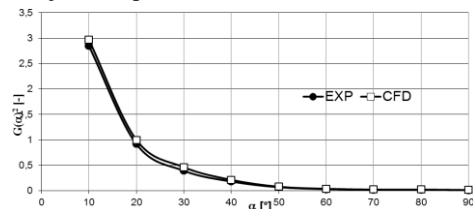
Na slikama 5.1, 5.2, 5.3 i 5.4 su predstavljene zavisnosti kvadrata korelacijske funkcije dobijenih eksperimentom i računarskom dinamikom fluida za sve četiri vrste razmatrane lopaticice (ravna, aero, disk i V lopatica). Korelacijske funkcije dobijene eksperimentom i računarskom dinamikom fluida poklapaju se u celom opsegu napadnih uglova. Razlike u vrednostima korelacijske funkcije dobijene eksperimentom i računarskom dinamikom fluida postoji samo kada je klapna otvorenija, kada je napadni ugao lopaticice do 30° , 40° .



Slika 5.1 Kvadrat korelacijske funkcije ATP klapne tipa A dobijene eksperimentom i rezultatima CFD-a

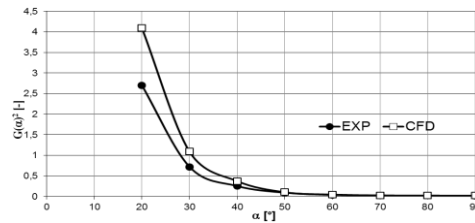


Slika 5.2 Kvadrat korelacijske funkcije ATP klapne tipa B dobijene eksperimentom i rezultatima CFD-a



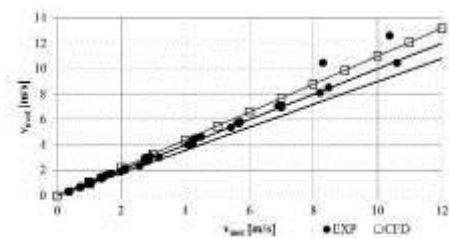
Slika 5.3 Kvadrat korelacijske funkcije ATP klapne tipa C dobijene eksperimentom i rezultatima CFD-a

Na slikama 5.5, 5.6, 5.7 i 5.8 su prikazani rezultati ekperimentalne verifikacije matematičkog modela za četiri razmatrane vrste ATP klapne kalibrisane na dva različita načina: ekperimentalnim podacima i rezultatima računarske dinamike fluida. Može se primetiti da je u oba slučaja relativna razlika modelske v_{mod} u odnosu na izmerenu v_{izm} brzinu strujanja vazduha u granicama $\pm 10\%$.

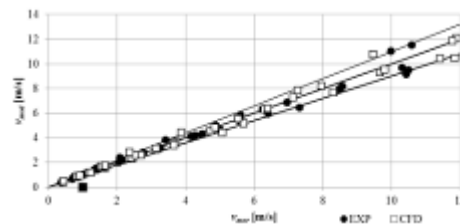


Slika 5.4 Kvadrat korelacijske funkcije ATP klapne tipa D dobijene eksperimentom i rezultatima CFD-a

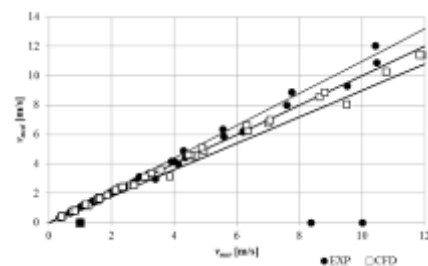
Na slikama 5.5, 5.6, 5.7 i 5.8 može da se primeti da se samo nekoliko mernih tačaka nalaze izvan očekivanih granica od $\pm 10\%$. Zbog razlike u rezultatima korelacijske funkcije dobijene eksperimentalno i računarskom dinamikom fluida kada je ATP klapna otvorenija, pretpostavlja se da su dobijeni rezultati koji leže izvan očekivanih granica $\pm 10\%$, upravo oni koji se odnose na položaj otvorenije ATP klapne.



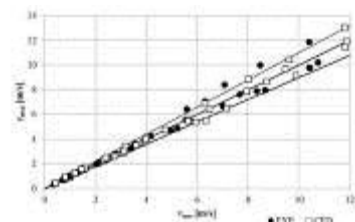
Slika 5.5 Rezultati ekperimentalne verifikacije ATP klapne tipa A matematičkog modela kalibrisano ekperimentalnom metodom i CFD rezultata



Slika 5.6 Rezultati ekperimentalne verifikacije ATP klapne tipa B matematičkog modela kalibrisano ekperimentalnom metodom i CFD rezultata



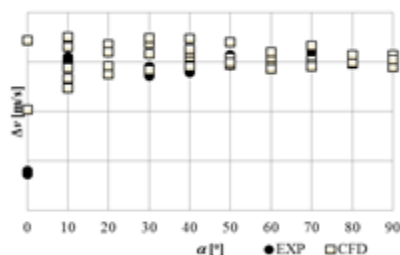
Slika 5.7 Rezultati ekperimentalne verifikacije ATP klapne tipa C matematičkog modela kalibrisano ekperimentalnom metodom i CFD rezultata



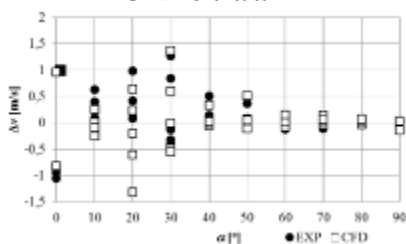
Slika 5.8 Rezultati ekperimentalne verifikacije ATP klapne tipa D matematičkog modela kalibrisano ekperimentalnom metodom i CFD rezultata

Da bi se dokazala ova pretpostavka, prikazana je zavisnost razlika izmerene i modelske brzine Δv kao funkcija napadnog ugla α , za dva različita načina kalibracije matematičkog modela, slike 5.9, 5.10, 5.11 i 5.12. Može se primetiti da se u obe metode kalibracije pojavljuju najveće razlike između izmerene i modelske brzine kod potpuno otvorene ATP klapne, kada je napadni ugao 0° .

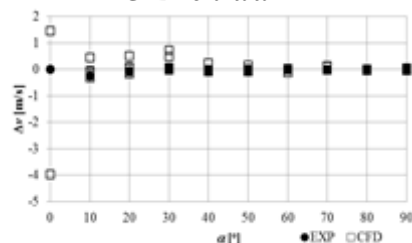
Kada je ATP klapna potpuno otvorena, moment vazdušne struje koji deluje na lopaticu je veoma mali, i predstavlja moment kojim vazdušna struja deluje na nosač lopatice. Za takvu malu vrednost momenta, matematički model je netačan i neadekvatan bilo da je kalibrisan eksperimentalnom metodom ili računarskom dinamikom fluida.



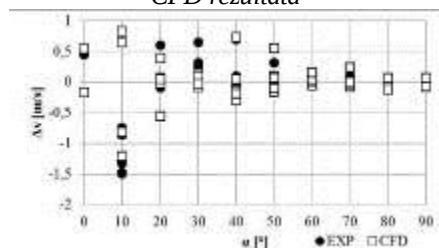
Slika 5.9 Rezultati verifikacije matematičkog modela ATP klapne tipa A kalibrisano eksperimentalnom metodom i CFD rezultata



Slika 5.10 Rezultati verifikacije matematičkog modela ATP klapne tipa B kalibrisano eksperimentalnom metodom i CFD rezultata



Slika 5.11 Rezultati verifikacije matematičkog modela ATP klapne tipa C kalibrisano eksperimentalnom metodom i CFD rezultata



Slika 5.12 Rezultati verifikacije matematičkog modela ATP klapne tipa D kalibrisano eksperimentalnom metodom i CFD rezultata

6. ZAKLJUČAK

Cilj rada je u potpunosti realizovan. Urađena je analiza i poređenje rezultata dve metode za kalibraciju matematičkog modela ATP klapne: eksperimentalne metode i računarske dinamike fluida.

Računarska dinamika fluida može uspešno da se koristi za kalibraciju matematičkog modela ATP klapne. Rezultati ukazuju da numerička kalibracija daje podjednako dobre rezultate kao rezultati koji su dobijeni eksperimentalnom metodom. Razlika između izmerene i modelske brzine u odnosu na izmerenu brzinu kod obe metode je u opsegu $\pm 10\%$. Zanimljivo je da kod obe metode kalibracije matematičkog modela ATP klapne, razlika između izmerenih i modelskih brzina ide van očekivanih granica za slučaj kada je klapna otvorenija. Za ovu poziciju lopatice, moment vazdušne struje je suviše mali da bi se dobio tačan i adekvatan matematički model za obe razmatrane metode kalibracije.

Pošto su rezultati kalibracije primenom računarske dinamike fluida i eksperimenta dali podjednako dobre rezultate, udeo eksperimenata u kalibraciji matematičkog modela i razvoju ATP klapne mogao bi značajno da se smanji. Na taj način bi se znatno smanjili troškovi razvoja ATP klapne.

Treba napomenuti i to da bi se postigla dobra tačnost rezultata numeričkih simulacija, potrebno je da se dobro interpretira geometrija mernog uređaja. Naročito mora da se vodi računa o tome da se uzmu u obzir realni zazori između kućišta i lopatice ATP klapne.

Na kraju, treba napomenuti da rezultati verifikacije matematičkog modela primenom računarske dinamike fluida idu u prilog konstataciji da razmatrani matematički model ATP klapne ima univerzalni karakter.

7. REFERENCE

- [1] Bikić, S., (2013). Razvoj metode merenja protoka vazduha pomoću regulacione žaluzine, doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.
- [2] Federspiel, C., (2004a). Using the Torque Characteristics of Dampers to Measure Airflow Part I: Analysis and Testing, HVAC&R Research, Vol. 10, No. 1, pp. 53 – 64, ISSN 1078 – 9669.
- [3] Federspiel, C., (2004b). Using the Torque Characteristics of Dampers to Measure Airflow, Part II: Model Development and Validation, HVAC&R Research, Vol. 10, No. 1, pp. 65 – 72, ISSN 1078 - 9669.
- [4] Hassenpflug, W. C., (1998). Free Streamlines, Computers and Mathematics with applications, Vol. 36, No. 1, pp. 69 - 129, ISSN 0898 - 1221.

Kratka biografija:



Goran Podunavac rođen je u Zrenjaninu 1991. god, gde je završio osnovnu i srednju školu. Diplomirao je 2014. god na Fakultetu tehničkih nauka, studijski program Mašinstvo, smer Energetika i procesna tehnika. Zaposlen je u JKP „Gradska toplana“ Zrenjanin.

АНАЛИЗА РАДА СИСТЕМА СИРОВЕ ВОДЕ НОВОСАДСКОГ ВОДОВОДА ANALYSIS OF THE RAW WATER SYSTEM OF THE NOVI SAD WATERWORKS

Едвин Берта, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област – МАШИНСТВО

Кратак садржај – У периоду од почетка јануара до краја јула 2008. дошло је до наглог и општег пораста притисака у читавом систему сирове воде. Повећани хидраулички губици (у односу на пројектоване) последица су зарастања проточних пресека цевовода услед гомилања наслага (талога) на унутрашњим зидовима цеви. На основу извршених мерења и резултата симулација на развијеним хидрауличким моделима система утврђено је да Инвеститор треба да предузме хитне мере на утврђивању узрока који доводе до процеса стварања наслага. Уколико се пак утврди да се ради о узроцима који се не могу спречити, Инвеститор треба да дефинише технологију чишћења цевовода сирове воде од наслага и да сачини план редовног периодичног чишћења свих деоница на овом изворишту.

Кључне речи: Мерење, хидраулички модел, цевовод, унапређење процеса рада

Abstract From the beginning of January to the end of July 2008, there was a sudden and general increase in pressures throughout the Novi Sad waterworks raw water system. The increase in hydraulic losses was found to be the consequence of incrustation of the pipes cross-sections. On the basis of the performed measurements and results of simulations on the developed hydraulic models of the raw water system, it was determined that the Investor should take urgent measures to determine the causes leading to the incrustation process. I, however, it is established that these causes cannot be prevented, the Investor should define the technology of cleaning the raw water pipeline from deposits and draft a plan for regular periodic cleaning of all sections at this source.

Key words: Measurement, hydraulic model, pipeline, process improvement

1. УВОД

Систем водоснабдевања града Новог Сада ослања се на три изворишта сирове воде која се налазе уз леву и десну обалу Дунава. На сва три изворишта изграђени су рени и бушени бунари који су пројектоване за црпљење сирове воде из тзв. прве издани. Сирова вода се системом транспортних цевовода транспортује до фабрике воде „Штрاند“.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био доц. др Слободан Ташин.

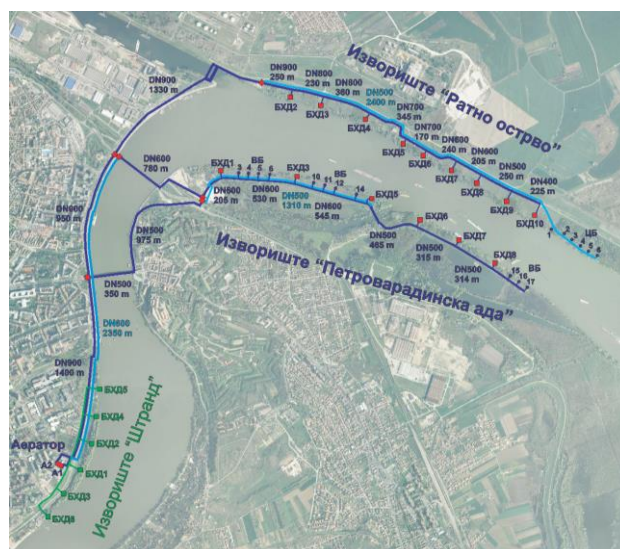
Средином 2007. стручњаци ЈКП „Водовод и Канализација“ Нови Сад регистровали су појаву наглог и општег пораста притисака у читавом систему сирове воде. Повишени притисци у систему узроковали су увећане трошкове пумпања и у крајњем исходу немогућност да се расположиви капацитети изворишта, посебно изворишта „Петроварадинска ада“ – у потпуности искористе [1].

У намери да се открије узрок овој појави, ЈКП „Водовод и Канализација“ је ангажовао Факултет техничких наука Нови Сад (у даљем тексту „ФТН“) да изврши потребна мерења и анализе рада комплетног система сирове воде. Поступајући по захтеву Инвеститора, ФТН је извршио неколико кампања мерења хидрауличких параметара у систему сирове воде. Такође, урађен је и детаљан хидраулички модел система сирове воде који је сваки пут калибрисан у сагласности са резултатима мерења [1].

Последња мерења вршена су новембру 2017, са циљем сагледавања реалне слике стања у систему сирове воде након изградње низа капиталних објеката и инсталација на извориштима „Ратно острво“ и „Петроварадинска ада“, пре свега нових бунара и нових транспортних цевовода. Поменута мерења и анализа рада система сирове воде предмет су овог рада

2. ИЗВОРИШТА НОВОСАДСКОГ ВОДОВОДА

Главни објект новосадског водовода је фабрика воде „Штрاند“. Фабрика воде „Штранд“ снабдева се сировом водом са три изворишта (слика 1) [3]:



Слика 1. Изворишта новосадског водовода [3]

- извориште „Ратно острво“,
- извориште „Петроварадинска ада“ и
- извориште „Штранд“.

3. ПРЕТХОДНА МЕРЕЊА У СИСТЕМУ СИРОВЕ ВОДЕ

Током маја 2009, ФТН Нови Сад је извршио читав низ хидрауличких мерења на бунарима на извориштима новосадског водовода „Ратно острво“ „Петроварадинска ада“ и „Штранд“, као и на цевоводима система сирове воде. Циљ мерења био је да се добију што је могуће реалније подлоге за прорачун, анализу рада и избор пумпних агрегата у бунарима [3].

На основу извршених мерења, урађен је хидраулички модел система сирове воде и дат преглед потребних карактеристика пумпи по бунарима. Коначно, а на основу резултата спроведених анализа мерења и резултата прорачуна, изведени су одређени закључци и дати одговарајући предлози инвеститору [3].

Између осталог, закључено је да су хидраулички губици у цевоводима сирове воде знатно повишени у односу на пројектоване, што је највероватније последица зарастања проточних пресека цевовода услед стварања наслага на унутрашњим зидовима цеви. Размере овог зарастања су такве да практично онемогућавају потпуно искоришћење расположивих капацитета бунара, нарочито на изворишту „Петроварадинска ада“. Инвеститору је препоручено да хитно предузме одговарајуће мере на утврђивању стварне природе ових наслага и степена захваћености цевовода, како би се дефинисала технологија чишћења [3].

Почетком 2010. ЈКП „Водовод и Канализација“ је започео са пробним чишћењима цевовода сирове воде. Примењена је технологија прања воденим млазом под високим притиском. Чишћени су делови магистралних цевовода на Рибарској ади (која припада изворишту „Петроварадинска ада“) . Резултати ових активности могу се видети на *сликама 2 и 3* [3].



Слика 2.
Унутрашњост цевовода
DN 500 испред бунара
БХД 8 на Рибарској ади
– пре чишћења –[3]



Слика 3.
Унутрашњост цевовода
DN 500 испред бунара
БХД 8 на Рибарској ади
– после чишћења –[3]

Као што се може уочити, насlage су црвенкасто-браон боје, што наводи на закључак да се ради о оксидима гвожђа. Такође, види се да насlage нису сасвим чврсте, већ је реч о густој, житкој маси (сличној блату), која је мање-више равномерно распоређена по обиму цеви

и која се релативно лако да уклонити механичким путем [3].

Током маја и јуна 2010. године извршена су допунска мерења, чији је циљ био [3]:

- да се утврди хидрауличко стање у деловима система сирове воде који нису били обухваћени првобитним мерењима из маја 2009. год.,
- да се утврди ефекат извршеног чишћења деоница цевовода на изворишту „Петроварадинска ада“,
- да се изврше мерења која су неопходна за калибрацију хидрауличног модела затеченог стања система сирове воде новосадског водовода.

Почетком маја 2011, ЈКП „Водовод и Канализација“ је пустио у рад нови магистрални доводник сирове воде DN 600, који се протеже од друмско-железничког моста до уласка у аератор, паралелно са постојећим доводником DN 900 [3].

Из тог разлога, ЈКП „Водовод и Канализација“ је препознао потребу да се изврши још једна серија мерења са циљем да се утврди хидрауличко стање система у новим условима, односно у условима када паралелно раде доводници сирове воде DN 900 и DN 600 [3].

4. РЕЗУЛТАТИ МЕРЕЊА И АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА МЕРЕЊА

4.1 Четврто мерење- новембар 2016.

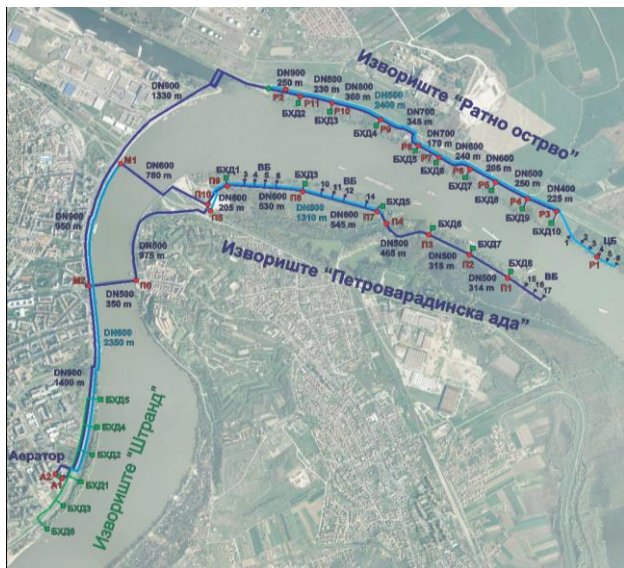
Сагледавајући проблематику пумпања сирове воде са изворишта „Петроварадинска ада“, чији пуни капацитет не може да оствари због појаве зарастања проточних пресека транспортних цевовода, ЈКП „Водовод и Канализација“ је покренуо пројекат изградње новог цевовода сирове воде на овом изворишту. Цевовод је изграђен и пуштен у погон.

Новоизграђени објекти и инсталације на извориштима „Ратно острво“ и „Петроварадинска ада“ мењају хидрауличку слику читавог система сирове воде новосадског водовода и утичу на потребне напоре пумпи у свим бунарима изузев на изворишту „Штранд“. Из тог разлога ЈКП „Водовод и Канализација“ је покренуо нови програм мерења карактеристичних параметара у систему сирове воде како би се добила што реалнија слика стања у систему и извршио прорачун потребних напора бунарских пумпи у новим условима. Овај задатак поверен је ФТН-у. Циљеви мерења су:

- анализа рада пумпних агрегата на извориштима „Петроварадинска ада“ и „Ратно острво“,
- анализа пропусне моћи цевовода DN 600 преко друмско-железничког моста и цевовода DN 500 преко моста Дуга,
- анализа могућег повећања протока сирове воде са изворишта „Петроварадинска ада“,
- анализа могућег повећања протока сирове воде повезивањем магистралних доводника DN 900 и DN 600,
- израда неопходних хидрауличких модела.

4.2 Мерна места

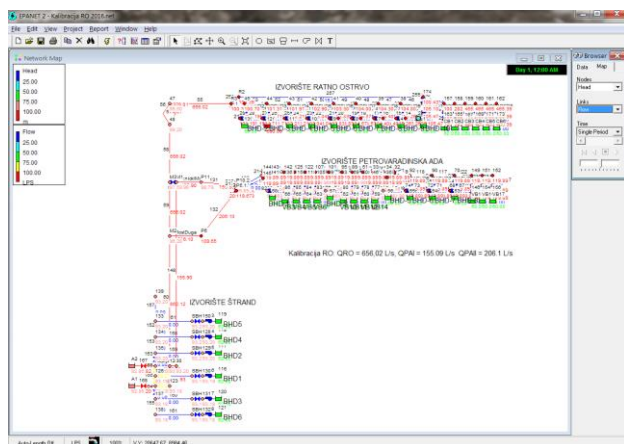
Средином септембра 2016. год., ФТН је у сарадњи са стручњацима ЈКП „Водовод и Канализација“ извршио низ мерења у систему сирове воде новосадског водовода. Мерења су вршена на сабирним и транспортним цевоводима на извориштима „Петроварадинска ада“ и „Ратно острво“ и на деловима магистралних цевовода сирове воде DN 900 и DN 600. Мерења на изворишту „Штрاند“ нису вршена са обзиром да ово извориште ради са веома ограниченим капацитетом те да у хидрауличком смислу има занемарљив утицај на остатак система сирове воде. Преглед свих обрађених мерних места дат је на *слици 4* (црвене тачке).



Слика 4. Обрађена мерна места у систему сирове воде новосадског водовода

5. ХИДРАУЛИЧКИ МОДЕЛ СИСТЕМА СИРОВЕ ВОДЕ НОВОСАДСКОГ ВОДОВОДА

За потребе анализе рада пумпних агрегата у бунарима на извориштима, као и анализе рада читавог система сирове воде новосадског водовода, сачињен је хидраулички модел овог система. Модел је направљен у програмском пакету Епанет. Шематски приказа модела дат је на *слици 5* [2].



Слика 5. Хидраулички модел система сирове воде новосадског водовода

Рени бунари на извориштима „Петроварадинска ада“ и „Ратно острво“ представљени су са по две радне пумпе, а рени бунари изворишта „Штрاند“ са по једном, што одговара захтеваним капацитетима пумпи и бунара који су дефинисани од стране ЈКП „Водовод и Канализација“ [2].

Хидраулички модел је калибрисан на основу резултата мерења у систему сирове воде. Калибрација је извршена тако што је за све цевне деонице система претпостављена храпавост зидова цеви од 0,5 mm, а затим су локални отпори појединих цевних деоница увећавани све док израчунати пад притиска не буде приближно једнак измереном паду притиска на одговарајућој деоници [2].

Све познате Q - H карактеристике тренутно уграђених пумпи у бунарима унете су у хидрауличке моделе.

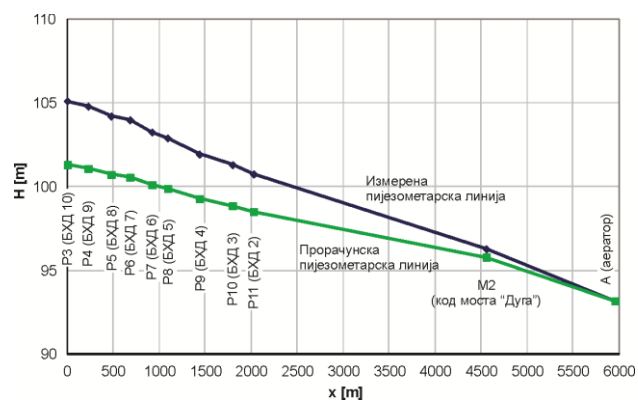
При свим разматраним радним режимима тежиште пумпања сирове воде померено је што је могуће више узводно, према крајевима изворишта, што одговара најнеповољнијим хидрауличким условима на извориштима.

За потребе ове анализе, стање цевовода сирове воде пресликано је у хидраулички модел у затеченом (врло лошем) стању. Сем тога, претпостављени су изразито неповољни сви остали погонски услови, посебно у погледу динамичког нивоа воде у бунарима и распореда активних бунара. Из тих разлога добијени напори пумпи могу се сматрати максимално потребним за остваривање жељених капацитета изворишта.

6. РЕЗУЛТАТИ ПРОРАЧУНА

6.1 Анализа резултата мерења на изворишту „Ратно острво“

Резултати мерења обављених на изворишту „Ратно острво“ показују да су измерени хидраулички губици нешто виши од рачунских. На *слици 6* приказане су измерене и прорачунске пијезометарске линије система дуж трасе од последњег рени бунара (БХД 10), па све до улаза у аератор.



Слика 6. Измерене и прорачунске пијезометарске линије од рени бунара на изворишту „Ратно острво“

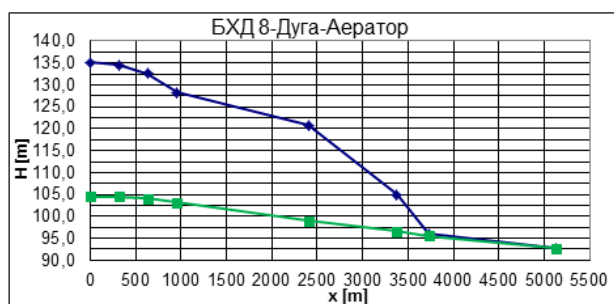
Са дијаграма се види да измерене пијезометарске линије система благо одступају од прорачунских дуж практично свих посматраних деоница.

Закључак у вези магистралних цевовода на изворишту „Ратно острво“ и транспортног цевовода DN 900 је да су ови цевоводи у релативно добром стању са обзиром на њихову вишедеценијску експлоатацију, те да су хидраулички губици тек незнатно увећани у односу на пројектовано стање.

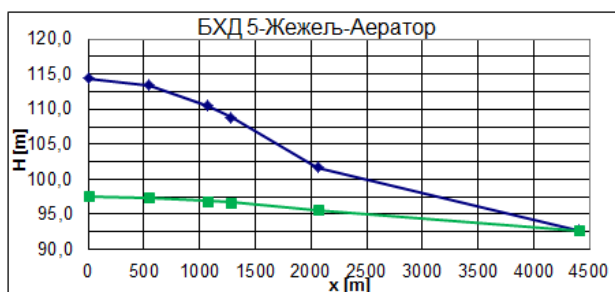
6.2 Анализа резултата мерења на изворишту „Петроварадинска ада“

Резултати мерења показују да су хидраулички губици у свим цевоводима сирове воде на изворишту „Петроварадинска ада“ знатно повишени у односу на прорачунске (у просеку за око 5,5 пута).

Илустрације ради, на слици 7 приказане су измерене и прорачунске пијезометарске линије дуж трасе БХД 8 - нови цевовод DN 500 - мост Дуга - аератор, а на слици 8 дуж трасе БХД 5 - друмско-железнички мост - аератор.



Слика 7. Измерене и прорачунске пијезометарске линије дуж трасе БХД 8 - нови цевовод DN 500 - мост Дуга → аератор на изворишту „Петроварадинска ада“



Слика 8. Измерене и прорачунске пијезометарске линије дуж трасе БХД 5 - друмско железнички мост - аератор на изворишту „Петроварадинска ада“

Добијени резултати јасно указују да се овде не ради о изолованим локалним отпорима у систему, него да су проточни пресеци цевовода зарасли услед нагомилавања наслага на унутрашњим зидовима цеви.

7. ЗАКЉУЧАК

Закључак да је зарастање проточних пресека услед гомилања наслага на унутрашњим зидовима цевовода сирове воде основни узрок повишеним притисцима у систему сирове воде, више пута је директно потврђен снимањем унутрашњости цевовода, посебно цевовода на изворишту „Петроварадинска ада“.

На основу извршених мерења и резултата симулација на развијеним хидрауличким моделима система сирове воде новосадског водовода изведени су одговарајући закључци као и предлози Инвеститору.

1. Резултати мерења недвосмислено указују да су хидраулички губици у практично свим цевоводима система сирове воде мање или више повишени у поређењу са пројектованим стањем. Увећани хидраулички губици последица су зарастања проточних пресека цевовода услед стварања наслага на унутрашњим зидовима цеви. Услед тога, ефективни проточни пресеци цевовода знатно су мањи од номиналних.
2. Према приказаним резултатима мерења на изворишту „Петроварадинска ада“, пуштање у погон новог цевовода DN 500 није донело очекиване резултате у погледу пада притиска и пада потребног напора пумпи уграђених у бунарима на овом изворишту.
3. Инвеститор треба да предузме хитне мере на утврђивању узрока који доводе до процеса стварања наслага на унутрашњим зидовима цевовода сирове воде који су повезани са извориштем „Петроварадинска ада“. Уколико се утврди да се ради о узроцима који се могу спречити, Инвеститор треба да предузме мере на њиховом отклањању, а затим да изврши санацију цевовода, односно њихово чишћење од нагомиланих наслага.
4. У случају да се на стварном систему врше веће измене (нпр. чишћење већих деоница магистралних цевовода), хидраулички модел је потребно наново калибрисати.

8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Вуковић, В., Ташин, С. „ПРЕЛИМИНАРНА АНАЛИЗА РАДА ПУМПНИХ АГРЕГАТА У БУНАРИМА НА ИЗВОРИШТИМА НОВОСАДСКОГ ВОДОВОДА 'ШТРАНД', 'ПЕТРОВАРАДИНСКА АДА' И 'РАТНО ОСТРВО'", Факултет техничких наука, јул. 2009,
- [2] Вуковић, В., Ташин, С. "Систем сирове воде новосадског водовода – мерења, хидраулички модел, анализе", Факултет техничких наука, јун. 2010,
- [3] Вуковић, В., Ташин, С. „Систем сирове воде новосадског водовода – мерења, хидраулички модели, анализа рада пумпних агрегата“, Факултет техничких наука, јун. 2011.,

Кратка биографија:



Едвин Берга рођен је у Кикинди 1993. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Енергетика и процесна техника – Прорачун цевних мрежа, одбранио је 2018.год.

INSTALACIJA NEKONVENCIONALNIH SISTEMA GREJANJA I HLAĐENJA U OBJEKTU PORODIČNOG STANOVANJA

INSTALLATION OF NONCONVENTIONAL HEATING AND COOLING SYSTEMS IN AN INDIVIDUAL BUILDING

Gergelj Apro, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj –Rad prikazuje proces projektovanja izmene i dopune sistema grejanja, hlađenja i pripremanja tople sanitarne vode pojedinačnog objekta sa ciljem povećanja efikasnosti i ekonomičnosti. Postojeći objekat, porodična kuća se modelira, detaljno se analiziraju gubici toplote. Projektuju se elementi za proširenje sistema i definišu se vrste izvora grejanja i hlađenja. Upoređivanjem potrošnje postojećeg i budućeg sistema grejanja izračunava se vreme za koje se investicija isplaćuje.

Abstract – This work presents the design process of a heating, cooling and domestic hot water system replacement and amendment of an individual building with the aim of increasing efficiency and effectiveness. The existing facility, a family house is modeled and heat losses are detaily analyzed. Components are designed to expand the system heating and cooling energy sources also definđ. By comparing the consumption of existing and future heating systems the simple pay back period.

Subject/Key words: Heating, cooling

1.UVOD

U našem podneblju sezona grejanja odnosno hlađenja traje u periodu znatno dužem od pola godine. U ovom trenutku korišćeni energenti prvenstveno su oni konvencionalni koji su sve skuplji, i znatno opterećuju porodične budžete.

U porodičnoj zgradi, koji je predmet rada već postoji kombinovani sistem podnog grejanja i radijatora, a izvor toplote je centralni kotao na biomasu (drvo). Za grejanje sanitarne vode postoji električni bojler. Modernizacija sistema proizilazi iz potrebe da grejanje manje opterećuje porodični budžet i da se može koristiti za hlađenje leti.

2. CILJ RADA

Ideja rada je – polazeći od pretpostavke da je kombinovani način grejanja najefikasniji, pošto određeni deo sistema koristimo kada je isti najefektivniji – da za grejanje i hlađenje zgrade koristimo bivalentni sistem – alternativna veza. Bivalentni sistem u slučaju predmetne porodične zgrade podrazumeva dogradnju postojećeg sistema sa toplotnom pumpom.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Aleksandar Anđelković.

U cilju iskorišćavanja mogućnosti bivalentnog sistema se planira proširenje panelnog grejanja u kupatilu i dve prostorije na spratu, gde se trenutno nalaze radijatori, odnosno za ostvarivanje dodatne uštede energije projektovaće se za pripremu tople potrošne vode hibridni sistem električnog bojlera sa solarnim panelom i toplotnom pumpom.

3. TOPLOTNI GUBICI ZGRADE

Potrebna količina toplote za grejanje zgrade Q [W] predstavlja karakteristiku zgrade i služi kao osnov za proračun postrojenja za grejanje.

Proračun je rađen (prema SRPS U.J5.600) sa spoljnom projektnom temperaturom od -15°C i unutrašnjim projektnim temperaturama prema važećim propisima, a prema nameni prostorije, odnosno 20°C , za sve prostorije osim za kupatilo u kome je 22°C .

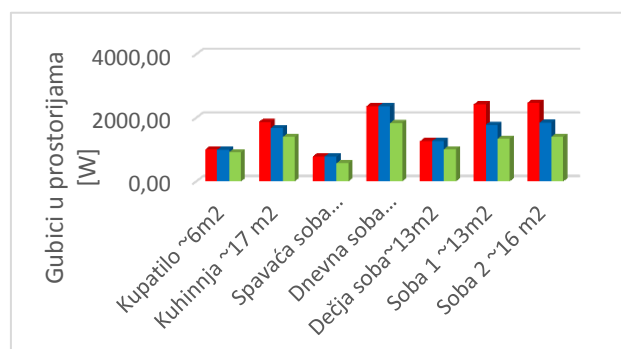
Za proračun potrebno je znati koeficijent prolaza toplote za svaku površinu kroz koju postoji razmena toplote i ventilacione gubitke prostorija, koja nastaju usled minimalno potrebnih izmena vazduha.

Izračunati koeficijenti prolaza toplote prikazani su u sledećoj tabeli 1:

Tabela 1: Koeficijenti prolaza toplote

Tavanica [W/m ² K]	Pod prizemlje [W/m ² K]	Unutrašnji zid [W/m ² K]	Spoljašnji zid [W/m ² K]
0,544	0,515	0,583	0,325
Prozor [W/m ² K]	Spoljašnja vrata [W/m ² K]	Unutrašnja vrata [W/m ² K]	
1,2	2,3	2,3	

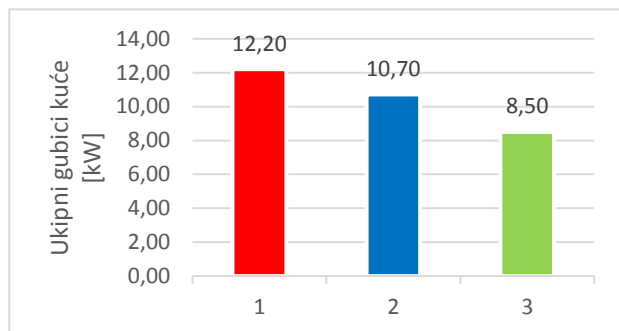
Dijagram 1 prikazuje rezultate proračuna gubitaka toplote.



Dijagram 1: Gubici toplote

- Crvena - Ukupni gubici po prostorijama pri trenutnom stanju kuće pri spoljašnjoj temperaturi od -15°C
- Plava - Ukupni gubici nakon postavljanja plafonskog grejanja i termoizolacionih prozora u sobama na spratu pri spoljašnjoj temperaturi od -15°C
- Zelena - Ukupni gubici po prostorijama pri spoljašnjoj temperaturi od -5°C

Na dijagramu se naročito vidi smanjenje gubitaka toplote posle ugradnje termoizolacionih prozora.

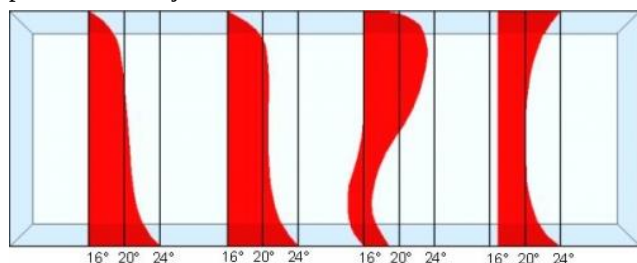


Dijagram 2: Prikazuje gubitke toplote za celu kuću.

U nastavku rada se računa sa gubitkom toplote 8,5 kW pri spoljašnjoj temperaturi od -5°C odnosno 10,7 kW pri spoljašnjoj temperaturi -15°C .

4. PANELNO I RADIJATORSKO GREJANJE

Prenosni fluid toplote je voda koja cirkuliše u podu u plafonu i u radiatorima.



Dijagram 3: Prikazuje raspored temperature u vertikalnom preseku prostorije

1. raspored temperature u idealnom stanju
2. ako prostorija ima podno grejanje
3. ako prostorija ima radijatorsko grejanje
4. ako prostorija ima plafonsko grejanje

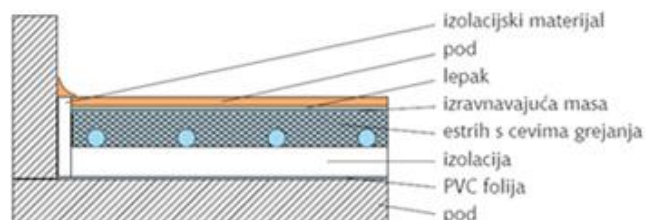
Panelno grejanje spada u radijantne sisteme grejanja, što znači da do distribuiranja toplote u prostoriji dolazi putem zračenja, dok u slučaju klasičnih radijatora distribucija se vrši kretanjem vazduha tj. konvekcijom.

Karakteristično za panelni sistem grejanja je da temperatura prolazne vode ne sme biti viša od 55°C i da se može koristiti u kombinaciji sa konvencionalnim sistemima kao primarni ili pomoćni sistem. Dakle to je niskotemperaturni režim koji ima niz prednosti.

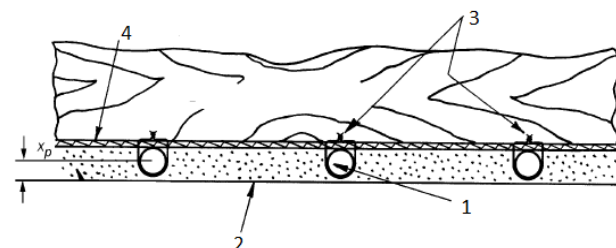
Podno grejanje se sastoji iz više grejnih krugova koje polaze iz jednog mesta. U objektu - predmetu ovog rada - svaki krug ima 100m Al-pex cevi ($\phi 16$, debljina zida, 2mm) i ako se cevi stave na rastojanje od 15 cm onda ova dužina približno pokriva 15 m^2 poda. Predaja toplote je

max. $Q=100\text{ W/m}^2\text{K}$ što znači da jedan krug ima kapacitet max. $Q=1,5\text{ kW}$.

U ovom objektu se nalazi 5 puna kruga grejnih cevi. Puni krugovi se koriste da bi brzina cirkulacije vode, a time i predaja toplote bila jednaka u površinama podova. Regulacija protoka, ukoliko je potrebno smanjenje temperature u određenoj prostoriji, vrši se pomoću ventila koji se projektuje za svaki grejni krug. Ukupna instalisana snaga poda je 6 kW.



Slika 1. Prikaz strukture podnog grejanja (mokri sistem)



Slika 2. Struktura plafonskog grejanja (mokri sistem)

1. grejna cev, 2. malter, 3. veza između cevi i metalne letve, 4. metalna letva.

Nedostatak plafonskog naspram podnog grejanja je da samo upola toliko energije može predati prostoriji (maksimum $50\text{ [W/m}^2\text{K]}$) pa se ukazuje potreba za radiatorima kao pomoćnim sistemom. Ukupna instalisana snaga plafonskog grejanja je 2,2 kW.

U niskotemperaturnom režimu gde je ulazna voda (max. 55°C) radijatori će predati samo 35-40% toplote naspram standardnih tabelarnih vrednosti (u režimu $75/65^{\circ}\text{C}$). Ukupna instalisana snaga radijatora je 5,3kW, koji ako radi u niskotemperaturnom režimu predaje oko 1,9 kW toplote.

5. IZVORI TOPLOTE

Izabrana je kombinacija postojećeg sistema sa vrstom toplotne pumpe, koji iziskuje najmanje ulaganje.

Toplotna pumpa je rashladni uređaj koji od okoline oduzima toplotu i predaje je na višim temperaturama sistemu za grejanje.

Najjeftiniji sistem toplotne pumpe je sistem vazduh-voda kod koje nije potrebna podzemna sonda ili bunar (izabran je tip MIDEA LRSFJ-V120/N1-610 koji ima za grejanje COP vrednost $4,3\text{ kW/kW}$ i kapacitet 12 kW). Ova vrsta pumpe ispod određenih negativnih temperatura značajno gubi stepen iskorišćenosti, a time se drastično pogoršava ekonomičnost. Za taj slučaj se zadržava postojeći kotao (kapacitet 20 kW) koji je dovoljan u najhladnijim danima (u našem podneblju godišnje 100h se javljaju niže temperature od -5°C) i zbog toga je dovoljno projektovati toplotnu pumpu do spoljašnje temperature -5°C .

Toplotna pumpa je dobar izbor i zbog toga, što je njegova iskorišćenost najbolja ukoliko se koristi za proizvodnju nižih temperatura do 55°C, a koja je u slučaju postojećeg panelnog grejanja apsolutno pogodna.

6. HIBRIDNI SISTEM ZA PRIPREMU TOPLE POTROŠNE VODE SA SOLARNIM KOLEKTOROM

Solarna energija je energija Sunčevog zračenja koju primćujemo u obliku svetla i toplote. Sunce je najveći izvor energije na zemlji, i spada u grupu obnovljivih izvora energije.

Ugrađuju se dva Baxi SB 25+V/O solarna kolektora čija je ukupna površina 5 m² a ukupni kapacitet je 3,5 kW. Paneli se montiraju na krov u jugozapadnom pravcu (225°) sa nagibom od 30°, koju dozvoljava orijentacija i krovna konstrukcija same zgrade.

Ugrađuje se i rezervoar, dimenzionisan na 150l sa dve ugrađene „cevne zmiје“ (izmenjivač toplote) jedna za solarne panele i jedna za toplotnu pumpu.

Drugi rezervoar je postojeći električni bojler (sa grejačem 2 kW) koji obezbeđuje maksimalni komfor tokom oblačnih dana.

Projektovani solarni panel obezbeđuje 2200 kWh energije, a ostalih 3000 kWh treba da obezbedi toplotna pumpa i električni grejač

7. POVRŠINSKO HAĐENJE

Kod panelnog hlađenja vrlo je važno da temperatura površina ne opada ispod 19° C (standard ISO 11855), zbog mogućnosti pojave kondenzacije na rashladnim površinama.

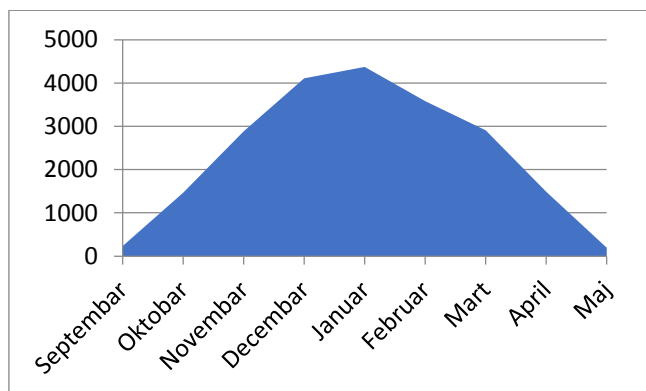
Rashladni kapacitet plafona je maksimum 100 [W/m²K] a kapacitet poda je 40 [W/m²K]. U letnjim vrućinama temperatura soba u prizemlju ne prelazi 27°C tako da je u ovim sobama potrebno hlađenje maksimum za 2-3° C koju može da zadovolji podno hlađenje.

Plafon kao površina pogodnija je za hlađenje od poda i ovo je razlog izbora ovog načina grejanja – hlađenja u prostorijama na spratu, gde sobe mogu da se zagreju do 29°C. Ukupna instalisana snaga plafonskog hlađenja na spratu je 3 kW.

Prednost ovog sistema je da nema potrebe za ugradnju posebnog agregata za hlađenje jer toplotna pumpa može obezbediti potrebnu temperaturu, ona je čak jeftinija u eksploataciji od prosečnog klima uređaja zbog prednosti panelnog hlađenja (za hlađenje korišćena toplotna pumpa ima vrednost COP = 2,3, kapacitet 9,3 kW).

8. GODIŠNJA POTROŠNJA

Postoji više mogućnosti za proračun godišnje potrošnje goriva, kao što su metod stepen – dan i metod potpunog definisanog mesečnog modela. Ovaj proračun je potreban da bi se uporedila potrošnja goriva u sistemu kad se koristi fosilno gorivo sa jedne strane odnosno električna energija za toplotnu pumpu sa druge.



Dijagram 4. Kumulativna potrošnja goriva

Korišćeno fosilno gorivo u kotlu je drvo. U idealnom slučaju toplotna moć bagrema iznosi 14,9 MJ/kg. Godišnja potrošnja energije za grejanje je Q_{god} 21200 kWh, što odgovara količini drveta od približno 8,5 tona. U idealnom slučaju (kada je vlažnost drva 15% onda je toplotna moć bagrema 14,9 MJ/kg) u jednom kubnom metru ima približno 700 kg drva. To znači da potrošnja iznosi 12,2m³ bagrema (realno merena potrošnja je 14m³).

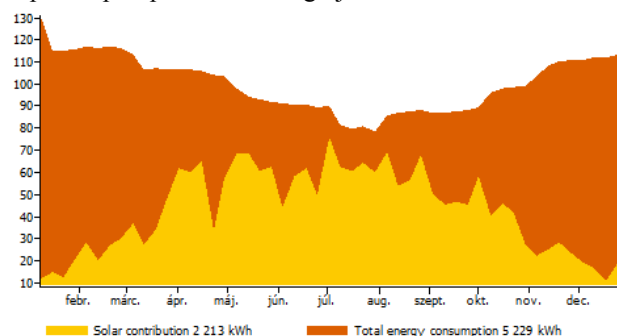
COP vrednost toplotne pumpe je 4,3 ali ona se u hladnijim periodima smanjuje. Za prosečnu vrednost tokom grejne sezone se uzima vrednost COP = 4, zato što se koristi do temperature -5°C.

Godišnja potrošnja električne energije toplotne pumpe:

$$E_{\text{god}} = Q_{\text{god}} / \text{COP} = 21200 / 4 = 5300 \text{ kWh/god}$$

Trenutnu potrebu tople potrošne vode za 5 osoba obezbeđuje električni bojler (80l) sa grejačem od 2 kW. Sa ulaznom vodom od 11° C i iskorišćenosti od 80% bojler radi 7,5h dnevno. To znači da se dnevno utroši 160l vode od 85°C, odnosno 15 kWh energija se troši dnevno.

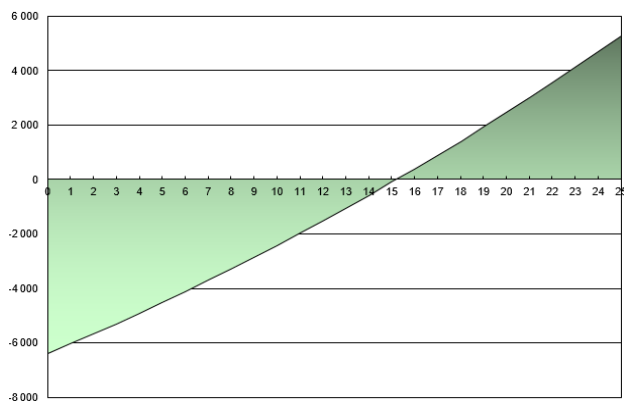
Ugrađivanjem solarnog sistem, solarni panel obezbeđuje 2200 kWh energije, a ostalih 3000 kWh treba da obezbedi toplotna pumpa i električni grejač.



Dijagram 5. T*SOL potrošnja solarne energije kao procenat ukupne potrošnje gledano za svaku nedelju u godini u kWh

9. VREME POTREBNO ZA ISPLATUINVESTICIJE

Proračun isplativosti investicije grejanja je prikazan pomoću RETScreen4 programa.



Dijagram 6. RETScreen4 povraćaj vrednosti investicije je ~ 15 godina

Isplativost solarnog sistema je približno 9,5 godina.

10. ZAKLJUČAK

Ovim radom je dato rešenje proširenja sistema panelnog grejanja u jednoj pojedinačnoj zgradi instalacijom toplotne pumpe na postojeći funkcionalni sistem grejanja sa kojim proširenjem sistem se osposobljava i za funkciju hlađenja odnosno dato je i rešenje za pripremu toplu potrošnu vodu kombinovanjem solarnog panela, toplotne pumpe i električnog bojlera.

Godina isplativosti malo odstupa od očekivanog vremena za isplativost ugradnje toplotnih pumpi, ali treba uzeti u obzir da se postavljaju novi prozori i balkonska vrata, koja sama po sebi smanjuju gubitke toplote. Može još smanjiti vreme isplativosti ako obratimo pažnju da grejemo u periodu niže tarife električne energije.

Toplotna pumpa je komforna, nije potrebno cepati, nositi i ložiti drvo, nema dima i pepela, manje treba čistiti kotao, sistem je sigurniji, lakše se podešava potrebna temperatura u grejanim prostorijama, može se automatizovati. Toplotna pumpa može se koristiti za pripremu toplu potrošnu vodu i za hlađenje prostorija a nije poslednji aspekt ni to što toplotna pumpa znatno manje zagađuje okolinu.

Solarna energija je čista zelena energija koja se u našim predelima vredi koristiti. U mnogim državama instalacija solarnih panela značajno je podržana od strane države što se očekuje i kod nas u kojem slučaju će se vreme za isplativost smanjiti.

Uzimajući u obzir trenutne trendove u korišćenju i kretanju cena energenata možemo zaključiti da će se cena električne energije u Srbiji znatno povećati što će uticati i na povećanje cena ostalih konvencionalnih energenata a samim tim vreme isplativosti investicije će se smanjiti.

11. LITERATURA

- [1] Aleksandar Anđelković, Skripta sa predavanja i vežbi iz predmeta Grejanje ventilacija i klimatizacija, FTN Novi Sad, 2016.
- [2] Aleksandar Anđelković, Skripta sa predavanja i vežbi iz predmeta Nekonvencionalni sistemi grejanja i hlađenja, FTN Novi Sad, 2017.
- [3] Dušan Gvozdenac, Branka Nakomčić-Smaragdakis, Branka Gvozdenac-Urošević: Obnovljivi izvori energije, FTN izdavaštvo, Novi Sad 2011.

Kratka biografija:



Gergelj Apro rođen je u Senti 1993. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva – Termoenergetika odbranio je 2018.god.

SATELITSKI SISTEMI I NJIHOVA PRIMENA U PRECIZNOJ POLJOPRIVREDI**SATELLITE SYSTEMS AND THEIR IMPLEMENTATION IN PRECISION AGRICULTURE**

Milijana Vuković, Željen Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu su opisani satelitski sistemi za nadgledanje površine Zemlje i njihova primena u preciznoj poljoprivredi.

Ključne reči: *Satelitski sistemi, Copernicus, Sentinel, SMOS, FLEX, Precizna poljoprivreda*

Abstract – *This paper presents ESA Earth Observation Missions and their implementation in precision agriculture.*

Keywords: *Satellite systems, Copernicus, Sentinel, SMOS, FLEX, Precision agriculture*

1. UVOD

Globalni navigacioni satelitski sistemi GPS, Glonass i Galileo, njihova međusobna interoperabilnost, dodavanje novih civilnih kanala, vidljivost svakog pojedinca na Zemlji za makar 4 satelita (najčešće 6-8) iste konstelacije, su omogućili širok spektar upotrebe satelitskih sistema za civilne potrebe stanovništva: precizne poljoprivrede, naučne svrhe, bezbednost plovidbe, kontrolu klimatskih promena...

2. SATELITSKI SISTEMI ZA NADGLEDANJE POVRŠINE ZEMLJE

Evropska svemirska agencija (ESA) je pokrenula niz satelitskih programa različitih namena za nadgledanje površine Zemlje, odnosno kopna, okeana i atmosfere.

2.1 Copernicus

Copernicus je evropski sistem za nadgledanje površine Zemlje, koordinisan od strane ESA za svemirski deo sistema, i od strane Evropske agencije za zaštitu sredine i Evropske unije za zemaljske in situ stanice. Satelitski deo se odnosi na 6 Sentinel familija satelita predviđenih za različite namene Copernicus programa. Zemaljski segment sistema predstavlja mreža in situ senzorskih stanica na tlu, vazduhu ili na površini mora ili okeana koji obrađuju i prosleđuju podatke u realnom vremenu, i mreže Sentinel saradničkih zemaljskih stanica koje primaju satelitske podatke. Sentinel stanice su opremljene za specifičan način prijema, obrade i čuvanja podataka i najčešće nisu deo ESA/EU programa, odnosno osnovane su od treće strane i predstavljaju okvir međunarodne saradnje, razmene podataka i očekivanog proširenja primene Sentinel podataka u raznim oblastima.

NAPOMENA:

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

Copernicus programi pokrivaju 6 segmenata: **kopneni** - The Copernicus Land Monitoring Service (CLMS), **morski** - The Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS), **atmosferski** - Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS), **nadgledanje klimatskih promena** - The Copernicus Climate Change Service (C3S), **vanredne situacije** - The Copernicus emergency management service (Copernicus EMS) i **bezbednost** - Copernicus Security Service [1].

2.1.1 Sentinel misije

Sentinel-1 predstavlja par satelita na zajedničkoj orbiti, fazno pomerenih za 180° koji daju radarske snimke cele površine Zemlje u toku šest dana, za koje vreme orbitu prođu 175 puta. Sentinel-1A i Sentinel-1B su lansirani u orbitu na visini od 693 km 2014. i 2016. godine. Opremljeni su dvanaestometarskim C-kanalnim radarom SAR koji radi na $f=5.405$ GHz u četiri operaciona moda kao na slici 1 [5]:

- interferometrijski širokopojasni mod (IW) sa širinom zahvata snimka 250km i 5x20m rezolucije zadovoljava većinu zahteva misije, realizuje se kroz tri paralelna snimka,
- talasni mod snimci (WV) površine 20x20km, rezolucije 5x5m, periodično na svakih 100 km orbite i pod dva različita ugla, predviđeni su za snimanje okeana,
- širokopojasni (EW), zahvat širine 400km pomoću pet paralelnih snimaka sa rezolucijom 20x40m, predviđen je za snimke polarnog leda, izlivanje nafte...,
- SM mod, uskopolasni snimci sa zahvatom 80 km širine.



Slika 1. Sentinel-1 [5]

Sentinel-2 satelitski par kreće se po istoj polarnoj orbiti na visini od 786 km sa faznim pomerajem od 180° jedan u odnosu na drugog. Opremljen je optičkim multispektralnim instrumentom (MSI) sa 13 spektralnih kanala rezolucije: 10m (4 kanala u vidljivom i blizu infracrvenom spektru), 20m (6 kanala) i 60m (3 kanala za atmosfersku korekciju). Multispektralni instrumenti na Sentinelu su

dvanaestobitni što omogućava visoku radiometrijsku rezoluciju slike, odnosno osetljivost instrumenta na potencijalnih 4095 vrednosti intenziteta svetlosti. Zbog širokog vidnog polja od 290km, učestanosti obilaska orbite (isto mesto pod istim uglom sa 2 satelita snimi na svakih 5 dana) ima 4 osnovne primene: da prati stanje vegetacije, (razlikuje kulture useva kao na slici 2, indeks rasta lista, indeks pokrivenosti tla, koncentraciju hlorofila ili koncentraciju vode u listu), promene zemljinog pokrivača, nadgledanje vodenih površina i praćenje pojava i razmera prirodnih ili ljudskom greškom izazvanih katastrofa.



Slika 2. Polja suncokreta (narandžasto) i kukuruza (žuto) u Tuluzu snimljena u infracrvenom delu spektra [5]

Sentinel-3 sateliti su opremljeni sa:

- MERIS instrumentima za praćenje boje mora i okeana u vidljivom i infracrvenom spektru za obalno i područje otvorenog mora kao mere zagađenosti vode, cvetanja algi, stanja i kretanja ribljeg fonda...
- radiometrom za merenje promene temperature kopna i vode kao parametra za određivanje prognoze vremena, pojave cunamija...
- radarskim altimetrom za merenje topografije površine mora za određivanje kretanja struja, nivoa mora, debljine ledenog pokrivača, topljenja leda i njegovog pomeranja.

Sentinel-4 geostacionarni sateliti će pružati podatke o koncentraciji ozona (O_3), azot dioksida (NO_2), sumpor dioksida (SO_2), formaldehida ($HCHO$) i aerosoli kao mere zagađenja vazduha i uticaja na klimatske promene.

Sentinel-5 su polarno orbitalni sateliti za praćenje koncentracije O_3 , NO_2 , SO_2 , $HCHO$, CO , metana CH_4 i aerosoli

Sentinel-6 opremljen radarskim altimetrom će meriti parametre površine okeana i morskog dna, promene nivoa mora, jačinu i kretanje struja i vetrova za povećanje bezbednosti morskog saobraćaja i obezbeđivanje podataka iz oblasti okeanografije [5,6,7].

2.2 Soil Moisture and Ocean Salinity (SMOS)

SMOS satelitska misija je pokrenuta 2009. godine sa ciljem praćenja vodenog ciklusa na Zemlji. Satelit koristeći 2-D interferometrijski radiometar MIRAS koji meri zračenje na frekvenciji oko 1,4 GHz, beleži i mapira različite vrednosti temperature tla i vode u različitim nijansama boje. Mape prikazuju preko podataka o temperaturi informaciju o slanitetu vode, količini vlage u tlu, upozorenje o mogućnosti i pravcu kretanja uragana, kretanju ledenih površina i topljenja polarnog leda...

Iako se samo 0.001% vode na Zemlji nalazu u sastavu zemljišta, SMOS podaci u realnom vremenu o količini

vlage u tlu predstavljaju bitan pokazatelj o uslovima za rast useva, mogućnosti poplava, uticaja na klimu i riziku od šumskih požara. Vlažnost zemljišta utiče na razmenu vode i energije između tla i atmosfere pri čemu suvo tlo preko dana greje atmosferu a vlažno je hladi. ESA prikuplja podatke o vlažnosti tla od 1978.god. na osnovu snimaka ranijih satelitskih misija koji se čuvaju i međusobno upoređuju kao jedan od činilaca za prognozu poplava, suša, uragana...Trenutno vlažnost tla očitava 11 satelitskih senzora, uključujući senzor SMOS satelita i od ove godine njihovi podaci će biti dostupni u realnom vremenu putem Copernicusovog programa za nadgledanje klimatskih promena. Sa stanovišta poljoprivrede satelitski podaci o vlažnosti zemljišta su upozoravajući pokazatelj o budućim prinosima i potrebi za navodnjavanjem. Suše u leto 2017. godine su na području Evrope, primer Italija, uticale da tlo bude suvlje od proseka prethodnih decenija ali u ostatku sveta efekat je bio suprotan, jer je zbog uragana na Karibima i monsuna u Južnoj Aziji procenat vlage bio veći od višegodišnje prosečne vrednosti [2,3].

2.3 The Earth Explorer - Fluorescence Explorer (FLEX)

FLEX misija je predviđena za mapiranje rasta vegetacije na osnovu mere fotosintetičke aktivnosti. Konverzija atmosferskog CO_2 i sunčeve svetlosti u ugljene hidrate prilikom procesa fotosinteze je jedan od fundamentalnih procesa na Zemlji za opstanak stanovništva. Podaci dobijeni od FLEX sistema pokazuju proces razmene ugljenika između biljaka i atmosfere i način na koji fotosinteza utiče na kruženje vode i ugljenika u prirodi. Takođe podaci ukazuju na fizičko stanje useva a samim tim količinu prinosa - hrane kao osnovnog zahteva globalne populacije. FLEX satelit je opremljen FLORIS spektrometrom visoke rezolucije koji beleži emisiju elektromagnetnih talasa, talasnih dužina 500-800 nm. Talasna dužina je pokazatelj količine fluorescencije kao indikatora fotosintetičke aktivnosti biljaka, odnosno procesa kada ćelije biljke apsorbovanjem fotona svetlosti emituju fluorescenciju hlorofila kao zrak svetlosti talasne dužine 640-800nm. FLORIS spektrometar prepoznaje različite talasne dužine kao meru zdravlja i razvoja biljke. FLEX je predviđeno da u orbiti leti zajedno sa jednim od Sentinel-3 satelita kako bi koristio njegove optičke i termalne senzore za dobijanje integrisanih podataka oba satelita.

Zajednička misija FLEX i Copernicus Sentinel satelita omogućice Evropskoj svemirskoj agenciji značajnu ulogu u monitoringu vegetacije na Zemlji, naročito za poljoprivredne aplikacije.

FLEX će leteti na orbiti na visini od 815 km koja omogućava adekvatan pogled na Zemlju prilagođen za FLORIS instrumente kojima je opremljen. Zemaljsku mrežu FLEX sistema čine tri stanice: ESOC (Nemačka), Kiruna (Švedska) i Troll (Antartik) [4].

3. PRIMENA SATELITSKIH SISTEMA U POLJOPRIVREDI - PRECIZNA POLJOPRIVREDA

Približno 37% površine Zemlje se koristi u poljoprivredne svrhe, od kojih oko 11% za gajenje useva a ostatak kao pašnjaci. Sa stanovništvom od preko 7 milijardi zahtevi za povećanjem produktivnosti poljoprivredne proizvodnje su

sve veći što je stvorilo prostor za primenu precizne poljoprivrede kao načina povećanja prinosa sa manje ulaganja.

Satelitsko pozicioniranje i navođenje se sve više primenjuje u poljoprivrednim aplikacijama. Optički i radarski senzori daju tačnu sliku površine obrađenih polja, razlike između vrsta useva, stepena rasta biljke i kvaliteta.

Razvoj i primena precizne poljoprivrede omogućeni su kombinovanjem GNSS sistema i Geografskog informacionog sistema (GIS) za analiziranje prostornih informacija i uređivanje podataka. Ove tehnologije su omogućile uparivanje vrednosti parametara merenih i dostupnih u realnom vremenu sa preciznim pozicionim podacima. Aplikacije bazirane na satelitskim sistemima u preciznoj poljoprivredi se koriste za mapiranje polja, uzimanje uzoraka tla, daljinsko upravljanje i navođenje poljoprivrednih mašina, nadgledanje rasta useva i doziranje hemijskih sredstava u skladu sa različitim potrebama po zonama.

Različite operacije u polju zahtevaju različite stepene preciznosti. Tako za nadgledanje polja, aplikaciju promenljive zalivne norme ili uzorkovanje tla su dovoljne diferencijalna GPS korekcija sa tačnosti do 1 m dok aplikacije mehaničkog otklanjanja korova, precizne sadnje ili auto-navigacije po pravcu zahtevaju preciznost u centimetrima što mogu da zadovolje RTK sistemi.

3.1 Mapiranje polja (Field Mapping)

Mapiranje pruža mogućnost farmeru da bolje razume potrebe useva u različitim delovima polja na osnovu statističkih podataka višegodišnjeg praćenja i upoređivanja podataka. Potrebni podaci za kreiranje mapa se najčešće generišu pomoću sistema instaliranog na vozilima koji sadrže tri ključna elementa:

- senzor protoka količine žita kroz cev kombajna tokom žetve
- senzor količine vlage u zrnju - pomaže u određivanju u kom delu i pod kojim uslovima je žetva bila u pravom trenutku da bi se dobila odgovarajuća suvoća zrna
- GNSS risiver - omogućava prostorno pozicioniranje potrebno za merenje odgovarajućih georeferenci

Nakon završetka žetve, podaci o masi i vlažnosti zrna se upoređuju sa GIS podacima za kreiranje mape polja.

Različite boje reprezentuju različite karakteristike delova njive pa proizvođači mogu da odrede koji deo je ispod proseka i zahteva drugačiji pristup. Mapiranje polja se obavlja tako što GPS risiver prima pozicione informacije sa satelita, odnosno geografsku širinu, dužinu i visinu kojim se pomoću GIS-a određuju ivice i konture polja i obavlja računarsko modelovanje terena sa definisanim nagibima, usecima, vodenim površinama (jezero, bara), pristupnim putevima i izračunatim udaljenostima između tačaka od interesa. GNSS omogućavaju mapiranje polja kojim se definišu zone sa različitim karakteristikama tla... Osnovni pristup izrade karata predstavlja računarsku podelu mape njive na mrežu pravougaonih ćelija sa odgovarajućim geokordinatama. Svako ćeliji se dodeljuje boja - kodirana vrednost, koja predstavlja ili prostorni podatak ili informaciju o količini prinosa, vrednosti fizičkih ili hemijskih svojstava tla, itd. Mape sa različitim bazama podataka se slažu poput slojeva jedna na drugu preko GIS računarskog programa.



Slika 3. Mapiranje polja [10]

3.2 Promenljiva zalivna norma – VRC (Variable rate control)

VRC aplikacija je dizajnirana za kontrolisanje nivoa količine đubriva, pesticida i herbicida ili različite potrebe za navodnjavanjem na osnovu utvrđenih potreba ćelije na mapi polja. Na osnovu mape, GPS određuje poziciju uređaja u polju a zatim se računarski propisuje doza po zonama. Tako se izbegavaju suvišni troškovi uniformnog raspršivanja đubriva po celoj površini njive i sprečava dodatno zagađenje životne sredine.

Na isti način generišu se mape količine korova po ćeliji (različita norma upotrebe herbicida), mape obolelih delova njive (ciljana upotreba fungicida po zonama zaraženosti), mape različite zalivne norme kod navodnjavanja, itd.

3.3 Senzorski pristup sa preklapanjem karata (Realtime Sensor Approach with Map-Overlay)

Odnosi se na paralelnu upotrebu satelitski navođenih letelica (aviona i dronova) sa senzorima za ispitivanje parametara tla i stanja useva koje daju podatke u realnom vremenu i već generisanih GIS mapa dobijenih uzorkovanjem tla po utvrđenom obrascu.

Na taj način se pomoću GIS i GNSS sistema i senzora vrši identifikacija i simulacija prostornog $\text{NO}_3\text{-N}$ obrazca nutritivnih vrednosti tla. Korišćenjem već postojećih mapa, senzori mere nivo azota i obezbeđuju podatke o potrebama dodavanja azota tokom sezone, na osnovu indeksa refleksije (đubrivo se dodaje kada su proporcije listova biljke ispod određenog nivoa, zavisi od potreba svake pojedinačne biljke).

Pri ekološkom uzgoju biljaka važno je integrisati ova dva pristupa zbog sprečavanja veće upotrebe đubriva, herbicida, regulatora rasta i fungicida nego što je neophodno.

3.4 Sistem za održavanje pravca (Swath control)

Swath control sistem je baziran na GNSS signalima i automatskom upravljanju vozilom u polju bez preklapanja ili razmaka između prohoda. Koristi se za traktore, kombajne, silažne kombajne, samohodne prskalice, rasipače i kosilice.

GPS sistemi za održavanje pravca mogu biti jednostavni navigacioni uređaji za održavanje paralelnih, pravolinijskih putanja bez preklapanja, koji operateru na ekranu daju informaciju o njegovoj trenutnoj poziciji u polju i pređenoj putanji - obrađenom delu njive. Imaju mogućnost da memorišu poziciju i ako operater napusti polje zbog mraka ili dosipanja goriva, sistem ga navodi na prethodnu poziciju.

Sofisticiraniji modeli imaju mogućnost računarskog programiranja najefikasnije putanje na osnovu mapiranja polja, pri čemu uzimaju u obzir parametre kao što su oblik parcele, postojanje jezera, bare, puta ili neke zone koju treba zaobići prilikom obrade zemljišta. To je važno kod parcela nepravilnog oblika kod kojih su preklapanja ili propusti više izraženi. Takvi sistemi sadrže potpuno automatski GPS navigacioni sistem sa navigatorom, sa ekranom koji obezbeđuje pravilnu GPS poziciju i preko koga se unose parametri za navođenje i upravljanje sistemom. Odstupanja u putanji zavise od uređaja, za one koji koriste samo GPS-DGPS korekciju preciznost je do 1m a kod RTK navigacije reda veličine par centimetara. Takođe prednost ovih sistema je i u čuvanju baza podataka od sezone do sezone, jednom definisana najefikasnija putanja ostaje memorisana i koristi se iz godine u godinu od sejanja do žetve.

GPS navigacija omogućava i primenu aplikacije-stalni tragovi. Ona daje mogućnost mašinama da se uvek kreću po istim tragovima prilikom prolaska kroz polje, što minimalizuje ugažene površine, smanjuje dodatne radove, eroziju, propusnost zemljišta, itd.

Automatski navođeni GPS sistemi sa kontrolom za održavanje pravca imaju i automatsku kontrolu sekcija - automatsko isključivanje/uključivanje radnih grana ili segmenata na prskalicama, setvenim uređajima ili radnim segmentima kultivatora, kojim se sprečava preklapanje ili stvaranje praznih prostora na rubovima nepravilnih parcela.

3.5 Sistem za otklanjanje korova (Precision Weed Control System)

Potreba za aplikacijom za otklanjanje korova javila se zbog sve veće potražnje za zdravom, ekološki gajenom hranom čime se primena herbicida mora svesti na minimum. Takođe zemlje EU donose zakone o zabrani ili smanjenju upotrebe pojedinih hemijskih sredstava a neke vrste korova postaju sve otpornije na herbicide. Zato se na tržištu pojavljuju kamerom navođeni sistemi za otklanjanje korova između redova i između biljaka.



Slika 4 Sistem za mehaničko otklanjanje korova između biljaka [8]

Slika 5 RTK sistem za mehaničko otklanjanje korova [9]

Sistem između redova funkcioniše tako što kamera visoke rezolucije šalje sliku u realnom vremenu do računara koji pomoću senzora kontroliše i pokreće hidraulični sistem koji između redova uklanja korov, ostavlja useve neoštećene krećući se brzinom maksimalno do 18km/h. Sistem između biljaka na slikama 4 i 5 baziran je na upotrebi mape sadnje biljaka u redovima polja, RTK-GPS vozila sa automatskim preciznim navođenjem između redova, i automatskog sistema za korov, koji koristi kultivator sa noževima za otklanjanje

korova, rotaciono oko biljke duž linije sadnje u skladu sa načinom kalibracije.

4. ZAKLJUČAK

U zemljama EU površina poljoprivrednog zemljišta opada iz godine u godinu zbog urbanizacije i tendencije pošumljavanja terena. Prosečna površina poljoprivrednog polja u Evropi je 16 hektara što je deset puta manje od prosečne parcele u SAD. Zato se javlja potreba za preciznim mapiranjem polja, povećanjem produktivnosti proizvodnje korišćenjem različitih aplikacija precizne poljoprivrede za povećanje prinosa. Trenutno se za različite oblasti poljoprivredne proizvodnje u zemljama EU koristi 174 miliona hektara, što je 40% njihove teritorije.

5. LITERATURA

- [1] <http://copernicus.eu> (pristupljeno u januaru 2018.)
- [2] <https://earth.esa.int/web/guest/missions/esa-operational-eo-missions/smos/space-segment/instrument> (pristupljeno u junu 2018.)
- [3] http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Space_for_our_climate/Nearly_four_decades_of_soil_moisture_data_now_available (pristupljeno u junu 2018.)
- [4] <https://earth.esa.int/web/guest/missions/esa-future-missions/flex>
- [5] <https://earth.esa.int/web/guest/missions/esa-eo-missions> (pristupljeno u junu 2018.)
- [6] <http://copernicus.eu/main/sentinels> (pristupljeno u junu 2018.)
- [7] <https://www.eumetsat.int/website/home/index.html>
- [8] <https://www.futurefarming.com/Tools-data/Articles/2017/5/Smart-cameras-see-the-way-to-better-weed-control-1436WP/>
- [9] Manuel Perez-Ruiz and Shrini K. Upadhyaya, GNSS in Precision Agricultural Operations <http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/39780.pdf>
- [10] <https://www.egnos-portal.eu/discover-egnos/about-egnos/case-studies/egnos-yield-mapping-power-knowledge>
- [11] [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/581892/EPRS_STU\(2016\)581892_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/581892/EPRS_STU(2016)581892_EN.pdf)

Kratka biografija:



Milijana Vuković rođena je u Kotoru 1977. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Osnovi telekomunikacija odbranila je 2018.god.



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

ISPITIVANJE 400KV SF6 POSTROJENJA NA TS LASTVA U SKLOPU HVDC CRNA GORA – ITALIJA**TESTING 400KV SF6 SWITCHGEAR IN SS LASTVA WITHIN HVDC MONTENEGRO - ITALY**

Jožef Nađivan, Vladimir Katić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast - ENERGETSKA ELEKTRONIKA I ELEKTRIČNE MAŠINE

Kratak sadržaj – U ovom radu se opisuju HVDC sistemi i analizira se visoko-naponsko ispitivanje 400kV postrojenja na trafostanici koje je izgrađeno u sklopu HVDC konekcije Italija-Crna Gora.

Abstract – This work describes HVDC systems and analyses high-voltage testing of 400kV switchgear of substation constructed in the context of the HVDC connection between Italy-Montenegro.

Ključne reči: HVDC, SF6 postrojenje, Rezultati pogonskih ispitivanja.

1. UVOD

Počeci primene jednosmernog prenosa električne energije zasnivali su se na sistemima jednosmernog napona do 250 V. Opseg tih mreža bio je svega nekoliko stotina metara (jedan blok gradskih četvrti). Međutim, prenos električne energije posredstvom jednosmerne struje imao je nekoliko ograničenja. Velika opterećenja jednosmernom strujom teško su mogla biti prenesena na razdaljine veće od jedne milje bez velikih padova napona jer se napon nije mogao transformisati na viši ili niži. Ovi problemi rešeni su pojavom naizmjenične struje. Dinamičan razvoj trofaznih naizmjeničnih sistema približava se granici mogućnosti. Ograničenja se ogledaju u sledećem:

- gubici u prenosu zbog neizbežnog transporta reaktivne snage,
- povećani gubici zbog skin-efekta,
- mogućnost poremećaja statičke i dinamičke stabilnosti sistema,
- rastuće snage kratkog spoja (prekidači snage teško isključuju kvarove, mehaničke sile kod kratkog spoja u postrojenjima, transformatorima, te kablovima),
- nemogućnost ostvarivanja dužih kablovskih (podmorskih) veza zbog velikog poprečnog kapaciteta.

Sve ove mane naizmjeničnih sistema upućuju na primenu jedne novije tehnologije prenosa koja intenzivno koristi uređaje energetske elektronike, a to je Visokonaponski jednosmerni prenos. Ova tehnologija je poznatija pod engleskom skraćenicom HVDC (High-Voltage Direct Current), pa će dalje u tekstu ona biti korišćena. HVDC podrazumeva prenos energije visokim jednosmernim naponom.

NAPOMENA:

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

Princip HVDC prenosa sastoji se u konverziji naizmjenične energije u jednosmernu, prenosu jednosmerne energije na velike udaljenosti i ponovne konverzije u naizmjeničnu energiju. Pretvaranje energije obavlja se u pretvaračkim stanicama [1].

2. SASTAVNI DELOVI HVDC SISTEMA

Tri glavna elementa HVDC sistema su: pretvaračke stanice sa krajevima za slanje i primanje, prenosni posrednici (nadzemni vod ili kabal) i elektrode za uzemljenje. Pošto pretvaračke stanice mogu da funkcionišu kao ispravljači i kao invertori, moguć je prenos električne energije u oba smera.

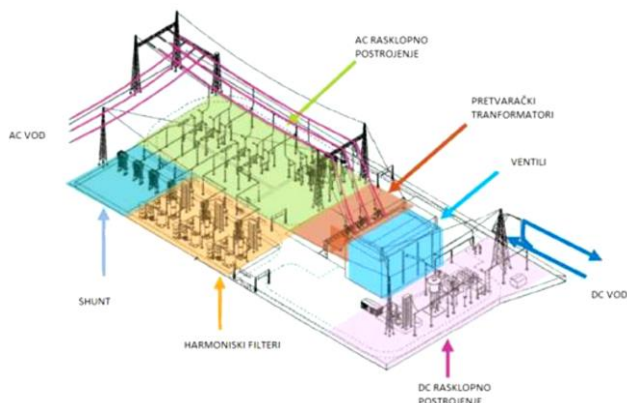
Najinteresantniji deo ovog sistema su pretvaračke stanice, koje predstavljaju inovativno rešenje koje je omogućilo primenu HVDC prenosa. Osnovni delovi pretvaračke stanice su mosni pretvarači i pretvarački transformatori. Glavni deo HVDC konvertora snage (mosnog pretvarača) je poluprovodnički ventil. Može biti neupravljiv, ako je sastavljen od jedne ili više dioda u seriji, ili upravljiv ako je sastavljen od jednog ili više tiristora u seriji. Prema vrsti ugrađenog ventila razlikuju se neupravljivi i upravljivi mosni pretvarači.

Tiristori visokih performansi instalirani u današnja HVDC postrojenja se karakterišu sa diskom prečnika čak i do 5 inča (125 mm) sa naponima "blokiranja" do 8 kV i maksimalnim strujom i do 4 kA. Zbog toga nije potrebno instalirati paralelno spojene tiristore u današnje HVDC sisteme za vođenje DC struje. Da bi se "blokiral" napon veći od 100 kV koji se pojavljuju u HVDC sistemima, potrebno je serijski vezati veći broj tiristora kako bi se povećao napon "blokiranja" ventila. Standardna mosna veza je 6-pulsni mosni pretvarač koji obuhvata šest ventila, po dva ventila u 3 grane. Osnovni deo pretvaračke stanice pored mosnih pretvarača čine i pretvarački transformatori. Njihova namena je da transformišu napon AC sistema na određeni AC napon na ulazu mosnog pretvarača kako bi se dobio odgovarajući DC napon na izlazu pretvarača. Pored tiristorских pretvarača i pretvaračkih transformatora, koji predstavljaju osnovnu opremu, HVDC pretvaračke stanice sadrže i sledeću bitnu električnu opremu: AC filtre, DC filtre, DC prigušnice odvodnike prenapona, rastavljače, itd. [2].

2.1. Pretvaračke stanice

Pretvaračke stanice su najbitniji deo HVDC sastava, a pretvarači i pretvarački transformatori su osnovni delovi pretvaračke stanice. Na slici 1. može se videti prikaz postrojenja pretvaračke stanice.

Ako pretvarač kontroliše mrežu on može raditi u oba načina, tj. kao ispravljač ili kao izmjenjivač. Glavni deo HVDC pretvarača je poluprovodnički ventil, odnosno prekidačka komponenta.

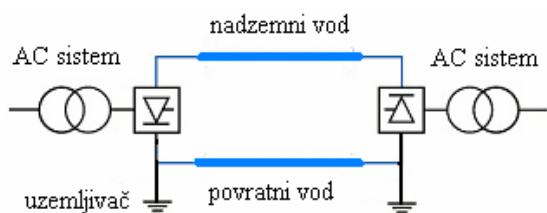


Slika 1. Prikaz pretvaračke stanice [2]

U novije vreme kao snažne prekidačke komponente koriste se tiristori ili GTO tiristori. Broj tiristora u pretvaraču je nekoliko hiljada. Kako bi se visoki napon ravnomerno rasporedio između tiristora, oni se povezuju na red, a zatim i u paralelu da bi mogli da vode veće. Cena ovih tiristora je velika što utiče na cenu pretvaračkih stanica, a time i samog HVDC sastava. Zbog visoke cene i važnosti ugrađuju se elementi za njihovu zaštitu, praćenje i upravljanje.

3. VRSTE HVDC PRENOSA

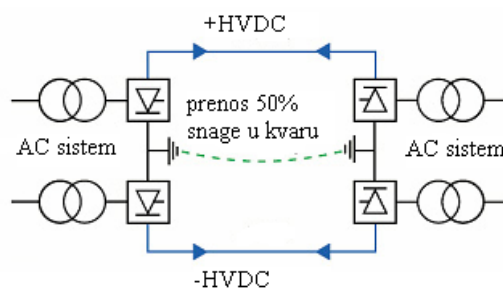
Postoje dve vrste HVDC prenosa: jednopolni i dvopolni. Kod jednopolnog sistema je jedan kraj pretvarača spojen na prenosni vod. Taj vod je pod približno nazivnim naponom, na potencijalu visoko iznad ili ispod potencijala zemlje, zavisno od smera toka snage. Drugi kraj je povezan sa uzemljenjem i on može, a i ne mora biti povezan pomoću drugog provodnika sa uzemljenim krajem druge pretvaračke stanice. Drugi provodnik je praktično na potencijalu zemlje [2]. Na slici 2 prikazana je šema jednopolnog HVDC prenosa sa povratnim vodom.



Slika 2. Šema jednopolnog prenosa sa povratnim vodom [2]

U dvopolnom prenosu koristi se par provodnika, svaki na visokom potencijalu u odnosu na zemlju, suprotnog polariteta (slika 3).

Prelaskom jedne pretvaračke stanice iz ispravljačkog u invertorski rad, a susedne pretvaračke stanice u obrnuti režim, postiže se promena polariteta napona vodova a time i promena smera toka snage. Prednost dvopolnog prenosa sa ugrađenim uzemljenim elektrodama na svakom kraju dolazi do izražaja kada se kvar razvije na jednom od vodova. Tada će približno pola nazivne energije nastaviti da teče koristeći zemlju za put povratka, u jednopolnom režimu rada [2].



Slika 3. Šema dvopolnog HVDC prenosa [2]

4. OPIS HVDC SISTEMA CRNA GORA-ITALIJA

Energetskim povezivanje Crne Gore i Italije podmorskim kablom jednosmerne struje obuhvaćen je:

- podmorski dvopolni HVDC kabl 500 kV kapaciteta 2x500 MW između Italije i Crne Gore sa pripadajućim konvertorskim postrojenjima,
- 400 kV trafostanica Lastva sa priključnim dalekovodima i dalekovodom od Lastve do Pljevalja,
- 400 kV dalekovod prema Srbiji i/ili Bosni i Hercegovini.

Na sl. 4 predstavljena je trasa podmorskog kabla HVDC sistema Crna Gora-Italija. Kabel je dužine 375km pod morem i još oko 22 km na kopnu u Italiji i Crnoj Gori.



Slika 4. HVDC veza između Italije i Crne Gore [4]

Realizacijom ove energetske infrastrukturne investicije obezbeđuje se:

- dobijanja značajno bolje, jače prenosne mreže odnosno, formira se prsten 400 kV mreže,
- povećanje sigurnosti snabdevanja električnom energijom većih turističkih središta na Crnogorskom primorju, kao što su Herceg Novi, Tivat, Kotor i Budva,
- Stvaranja uslova za kvalitetno i pouzdano priključenje na prenosnu mrežu novih proizvodnih jedinica severno od Nikšića (HE Komarnica, mHE u okolini Šavnika i Plužina, VE u oblasti Krnova i dr).
- Stvaranje infrastrukturnih uslova za pouzdanije i kvalitetnije napajanje nikšićke i žabljake opštine kao preduslova za njihov razvoj,
- Stvaranje infrastrukturnih uslova za pouzdaniju evakuaciju električne energije iz budućih proizvodnih objekata u opštini Pljevlja, TE Maoče, TE Pljevlja 2
- Crna Gora se pozicionira kao važno energetske čvorište u regionu [4].

4.1. Konvertorsko postrojenje u Lastvi Grbaljskoj

Konvertorsko postrojenje se sastoji od razvodnog postrojenja naizmjenične struje (AC deo koji je normalno otvoren) i razvodnog postrojenja jednosmerne struje (HVDC deo obično u zatvorenom prostoru). AC deo na 400 kV naponskom nivou omogućava vezu sa trafo-stanicom CGES-a i njeni osnovni elementi su:

- 400 kV sabirnice na koje je povezana sva AC oprema,
- Konvertorski transformatori koji povezuju AC mrežu i ispravljačke mostove. Obično postoje tri monofazne jedinice (za svaki pol). Konvertorski transformatori su veoma važan deo konvertorskog postrojenja.
- filteri naizmjenične struje (AC filteri) za eliminisanje viših harmonika stvorenih od konvertorskog postrojenja ili od strane postojeće AC mreže.
- Na nominalnoj frekvenciji AC filteri snabdevaju deo reaktivne snage koja je konvertoru potrebna za rad;
- Visokonaponska oprema na 400 kV nivou za priključenje na mrežu. Glavni su: prekidači, rastavljači, strujni i naponski merni transformatori.

Razvodno postrojenje jednosmerne struje (HVDC 500 kV deo) je konstituisan od konvertorskog mosta, koji čini niz od dva šestofazna Grecova spoja. Mostovi su konstituisani od tiristora i služe za konverziju naizmjenične struje u jednosmernu i obrnuto [5].

4.2. Trafostanica TS 400/110/35 kV

U sklopu svakog konvertorskog postrojenja potrebno je izgraditi i trafostanicu, da bi dati napon snizili na odgovarajući naponski nivo za snabdevanje električnom energijom. Trafostanica se nalazi u neposrednoj blizini konvertorskog postrojenja u Lastvi Grbaljskoj.



Slika 5. Planirani izgled trafostanice [5]

Transformatorska stanica Lastva Grbaljska obuhvata transformaciju 400/110 kV, zatvoreno postrojenje 400 kV, zatvoreno postrojenje 110 kV, postrojenja sopstvene potrošnje i integrisani sistem zaštita i upravljanja. Za transformaciju 400/110 kV su predviđena dva trofazna uljna autotransformatora snage 300/300/100 MVA, prenosnog odnosa $400 \pm 8 \times 1$, 25% 115,5/10,5 kV sa kompenzacionim namotajem spojenim u trougao i regulacijom napona pod opterećenjem.

Za transformaciju 110/35 kV je predviđen jedan trofazni, uljni transformator 20 MVA prenosnog odnosa $110 \pm 10 \times 1$, 5% 36,75/10,5 kV [5]. 400 kV postrojenje koje je ugrađeno u TS 400/110/35 kV Lastva izvedeno je kao jednopolno, oklopljeno aluminijumom i izolovano SF6 gasom, tipa 8DQ1 Siemens.



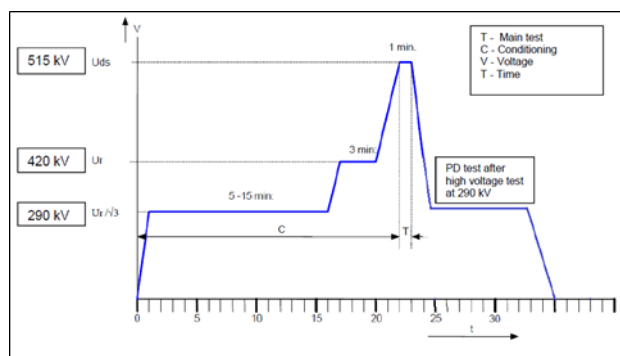
Slika 6. 400kV SF6 postrojenje

5. VISOKO-NAPONSKO ISPITIVANJE 8DQ1 POSTROJENJA

Ovo poglavlje opisuje postupak visoko-naponskog ispitivanja na trafostanici u Lastvi, odnosi se na 400 kV postrojenje. Ispitivanje služi da bi se videla izdržljivost elemenata postrojenja prilikom injektiranja visokog napona.

Ispitana GIS oprema je bila ispunjena SF6 gasom do nominalnog pritiska. Ispitni napon se injektovao između faze i zemlje, dok su preostale dve faze bile uzemljene. Ako je svaki provodnik odvojen od metala i ako spolja ne postoje izolatori za spoljnu vezu, onda je potrebno izvršiti samo testiranja prema zemlji (ne između dve faze). Ciklus testiranja je prikazan na grafikonu 3. Ispitni napon je bio obezbeđen rezonantnim sistemom testiranja sa promenljivom frekvencijom. Za ova testiranja GIS (gasno izolovano postrojenje) je bilo razdvojeno u test sekcije, ka što će biti prikazano u nastavku. Ove sekcije su morale da podnesu ispitni napon (U_{ds}) u trajanju od 1 minuta, da bi prošle test [6].

Visoko-naponsko ispitivanje se sastoji od usaglašavanja i glavnog testa. Pre samog testiranja postrojenje mora biti uslovljeno. Izvodi se pomoću navedenog, postepenog povećanja AC napona. Ovo usaglašavanje je jednofazni proces, koji se postiže korišćenjem test transformatora. Naponski nivoi su prikazani na vremenskom dijagramu (Slika 7) [6].



Slika 7. Vremenski dijagram ispitivanja AC naponom [6]

Napon usaglašavanja: 290 kV približno 15 min
420 kV približno 3 min

Napon VN ispitivanja: 515kV 1 min

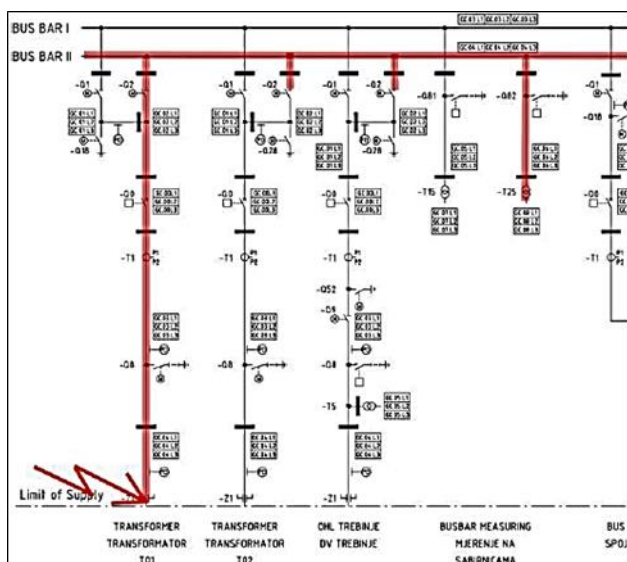
Ispitna frekvencija: u okviru od 50Hz do 300Hz

Na slici 8 je predstavljen način priključenja opreme za visoko-naponsko ispitivanje na trafostanici u Lastvi Grbaljskoj. U ovom slučaju je prikazano priključenje na treću fazu.



Slika 8. Način priključenja ispitne opreme

Postrojenje se ispitivalo po sekcijama, to su odgovarajući delovi postrojenja, i ukupno ih je bilo sedam. Da bi se ispitalo celo postrojenje, svaka sekcija mora biti ispitana. Na slici 9 je prikazana sekcija 7. Crvenom bojom su označena polja, i sabirница koju ona obuhvata. Date sekcije se postižu odgovarajućim manipulacijama prekidačima i rastavljačima.



Slika 9. Sekcija 7 [6]

6. ZAKLJUČAK

Ohrabrujuća pozitivna iskustva, do sada stečena u radu mnogobrojnih jednosmernih prenosnih sistema, zbog pouzdanosti sistema i mogućnosti regulacije snage, te dve do sada izvedene multiterimalne veze, doveli su do istraživanja mogućnosti gradnje visokonaponskih jednosmernih mreža. One bi povezivale više trofaznih mreža koje su se približile do granice rasta po bilo kom od poznatih kriterijuma. Najveći doprinos pomenutih mreža bio bi u mogućnosti napajanja i povezivanja više trofaznih naizmjeničnih mreža i sistema sa različitim nazivnim frekvencijama, kao i u mogućnosti kontrolisanja smera toka snage.

Pored navedenog, treba imati u vidu da je HVDC dominantan prenos energije pri podzemskim kablovskom vezama zbog dobro poznatog uticaja kapacitivnosti kablova. To pokazuje činjenica da je u Evropi izgrađeno 16 podzemskih HVDC prenosa, a u izgradnji je ili se planira još 12. U svetu je do sada izgrađeno oko 100 HVDC sistema, a dokaz ekspanzije HVDC prenosa je činjenica da je njih 40 izgrađeno u zadnjih 10 godina.

U sklopu svakog HVDC sistema treba da postoji i trafostanica, kao što je slučaj i kod prenosa između Italije i Crne Gore. Ovaj rad detaljno opisuje tu trafostanicu koja se nalazi u opštini Kotor, i na kraju rada je opisano visoko-naponsko ispitivanje postrojenja sa zvaničnom analizom rezultata. Na osnovu analize smo došli do zaključka, da je svaka sekcija 400 kV postrojenja „izdržala“ ispitivanje (nije došlo do proboja ili bilo kakvih neispravnosti) i da je spemno da se opteretiti.

7. LITERATURA

- [1] Siemens, “High Voltage Direct Current Transmission – Proven Technology for Power Exchange”, 2007. god.
- [2] Radenko Ostojić, “Visokonaponski jednosmjerni prenos”, Infoteh, Vol. 8, Ref. F-14, Jahorina, Mart 2009., pp. 889-893, <http://infoteh.etf.unssa.rs.ba>
- [3] Ivo Uglješić, “Tehnika Visokog Napona”, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb, 2005.
- [4] Projekat povezivanja Crne Gore i Italije podzemskim kablom jednosmerne struje, <http://www.mek.gov.me>
- [5] Detaljna razrada lokacije za trafostanicu i konvertorsko postrojenje Blato u Lastvi Grbaljskoj, jul 2011., www.mrt.gov.me
- [6] Atif Kaplan, “High voltage switchgear 8DQ1 from 72,5 kV and above Power Frequency Voltage Test with Partial Discharge Measurement – Test report”, Montenegro: Lastva 400kV, Siemenes, 2017.

Kratka biografija:



Jožef Nadivan rođen je u Zrenjaninu 1991. god. Na Fakultetu tehničkih nauka, pohađao je studentski program Energetika, elektronika i telekomunikacije, smer Elektroenergetika - Elektroenergetski sistemi i diplomirao 31. 10. 2016. god. Upisao je master studije na studentskom programu Energetska elektronika i električne mašine, a master rad odbranio januara 2018. god.



Vladimir Katić je rođen 1954. god. 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. Oblasti interesovanja su energetska elektronika, obnovljivi izvori električne energije, električna vozila i kvalitet električne energije.

INTEGRACIJA JENKINS ALATA U VISUAL STUDIO OKRUŽENJE

INTEGRATION JENKINS TOOL INTO THE VISUAL STUDIO ENVIROMENT

Bojan Jocev, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Cilj ovog rada je proširenje Visual Studio okruženja tako da se u njega integriše Jenkins alat. U implementaciji korišćen je C# programski jezik i WPF tehnologija. Pomenuto proširenje omogućuje prijavu na Jenkins server, dobijanje, za odabrani server, spiska Jenkins zadataka sa njihovim statusom. Za svaki zadatak postoji mogućnost njegovog pokretanja, stopiranja, dodavanja i izbacivanja zadataka iz reda čekanja za izvršavanje, pregleda njegovih logova, mogućnost konfigurisanja zadatka, kao i prikaz istorije izvršavanja.

Abstract – This thesis describes extension of Visual Studio by the Jenkins tool. Implementation is based on C# programming language and WPF technology. The extension makes possible to log on to the Jenkins server. For the selected server it possible to get a list of Jenkins jobs with the status of the job. For every job there is the possibility of starting, stopping, adding and dropping jobs from a queue, review logs, configuring the job and displaying the history of build.

Cljučne reči: Kontinualna integracija, Visual Studio paket, build, .NET Framework, WPF

1. UVOD

U okviru ovog rada prikazano je proširenje Visual Studio okruženja, koje integriše Jenkins alat u njega. Proširenje omogućuje korišćenje opcija, koje nudi Jenkins, bez napuštanja Visual Studio okruženja. Time se olakšava proces kontinualne integracije softvera, koji je uobičajen u kompanijama koje se bave izradom softvera.

U drugom poglavlju rada opisan je proces kontinualne integracije i njeni delovi.

Jenkins alat je jedan od najčešće korišćenih alata za kontinualnu integraciju softvera. Kratak opis ovog alata i njegove osobine nalaze se u trećem poglavlju.

Četvrto poglavlje prikazuje implementirano rešenje i opcije koje ono nudi.

Peto poglavlje predstavlja načine za distribuiranje i ažuriranje proširenja u Visual Studio okruženju.

U šestom poglavlju rada predstavljen je dijagram klasa sa njihovim opisom.

2. KONTINUALNA INTEGRACIJA

Kontinualna integracija (eng. *Continuous integration*, CI) predstavlja praksu razvoja softvera gde članovi tima, najmanje jednom, ali često i više puta dnevno integrišu svoje radne kopije u jedan centralni repozitorijum.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Miroslav Hajduković, red. prof.

Kontinualna integracija podstiče programere da otpremaju kod na zajednički repozitorijum nakon svakog završetka i najmanjeg zadatka. Svaka integracija se potvrđuje od strane automatskog bildovanja i testiranja kako bi se detektovale greške u najkraćem roku [1]. Mnogo timova je uvidelo da ovaj pristup dovodi do značajnog smanjenja integracionih problema i dozvoljava timu da razvija kohezivan softver mnogo brže [1].

Ovakav pristup smanjuje cenu projekta i uloženo vreme konstantnim objavama novih verzija. Prilikom svakog objedinjavanja, sistem je:

- Integrisan - sve promene do tog trenutka su objedinjene u projekat
- Bildovan - kod je kompajliran u paket ili u izvršni fajl
- Testiran - pokreću se automatski testovi
- Arhiviran - verzionisan i sačuvan
- Primenjen – učitao na sistem gde developeri mogu da interaktuju sa najnovijim promenama.

Ovakvim pristupom neće se u potpunosti izbeći greške, ali će se njihova količina u dobroj meri smanjiti. Pronalaženje greške u samom procesu razvoja je najjeftiniji mogući način za njegovo uklanjanje, jer u kasnijim fazama ovaj trošak samo raste.

Kontinualna integracija pruža još neke pogodnosti:

- Ubrzava proces razvoja
- Ohrabruje tim da često pravi promene bez straha
- Poboljšava komunikaciju među članovima tima

U literaturi se mogu naći različite implementacije kontinualne integracije, ali je bitno razumeti delove tipičnog sistema.

Tipični koraci scenarija kontinualne integracije su [2]:

1. Prvo, programeri predaju kod na repozitorijum za verzionisanje. U međuvremenu, server za kontinualnu integraciju (CI Server), koji se nalazi na bild mašini, proverava da li je bilo promena na repozitorijumu (radi tzv. prozivka na svakih par minuta).
2. Ubrzo nakon predaje koda, CI Server detektuje promene koje su se desile na repozitorijumu, dobavlja kopiju najsvežijeg koda sa repozitorijuma i potom izvršava bild skriptu, koja vrši integraciju softvera.
3. CI Server generiše povratnu informaciju tako što šalje rezultate bilda na email određenih članova projekta.
4. CI Server nastavlja sa ciklusima prozivke.

Bild softvera

Bild predstavlja mnogo više od prevođenja koda. Može da sadrži prevođenje koda (*compiling*), testiranje, proveru koda, između ostalog i isporuku softvera (*deployment*) [2]. Bild obuhvata spajanje delova izvornog koda i proveru da li softver radi kao kohezivna celina.

Repozitorijum za verzionisanje

Korišćenje repozitorijuma za verzionisanje je neizbežno prilikom kontinualne integracije.

U stvari, čak i ako se ne koristi kontinualna integracija, poželjno je korišćenje repozitorijuma za verzionisanje u projektu.

Svrha repozitorijuma za verzionisanje jeste da upravlja promenama u izvornom kodu i promenama u drugim delovima softvera (kao što je dokumentacija). To obezbeđuje dostupnost celog izvornog koda sa jedne primarne lokacije (**Single Source Point**). Repozi- torijum za verzionisanje dozvoljava vraćanje unazad, odabir različitih verzija izvornog koda i drugih fajlova [2].

Server za kontinualnu integraciju

Server za kontinualnu integraciju pokreće integracioni bild, kad god je neka izmena *commit*-ovana na repozit- orijum za verzionisanje [2].

Tipično, CI Server se konfiguriše tako da proverava da li je bilo nekih izmena na svakih nekoliko minuta ili slično. On dobavlja izvorne fajlove i pokreće bild skriptu (ili skripte).

Pored toga, CI Server podržava informacioni pano, na kome se objavljuju rezultati bilda [2]. Iako se preporučuje, CI Server ne mora da obavlja kontinualnu integraciju. Može da pokreće neke ručno napisane skripte. Osim toga, moguće je ručno pokrenuti integracioni bild preko CI Server-a. Mnogi CI Server-i su slobodno dostupni i otvorenog koda (*Open Source*) [2].

Skripta za bild

Skripta za bild predstavlja skriptu, ili set skripti korišćenih za prevođenje koda, testiranje, proveru koda i slično. Skripta za bild može da se koristi bez implementacije CI sistema. *Ant*, *NAnt*, *MSBuild* i *Rake* su primeri alata za bild softvera koji automatizuju bild cikluse, ali sami po sebi, oni ne obezbeđuju kontinualnu integraciju [2]. Neki od navedenih alata koriste *Integrated Development Environment – IDE* za bild softvera. Međutim, kako je kontinualna integracija automatizovan proces, korišćenje *IDE*-baziranih bildova nije prihvatljivo. Tačnije, korišćenje *IDE*-a za pokretanje bildova je dozvoljeno, sve dok se isti bildovi mogu pokrenuti i bez korišćenja *IDE*-a [2].

Mehanizam povratnih informacija

Jedna od ključnih svrha kontinualne integracije jeste, da obezbedi povratnu informaciju integracionog bilda [2]. Potrebno je što pre saznati da li postoji neki problem sa poslednjim bildom. Dobijanjem ovih informacija na vreme, problem se može rešiti vrlo brzo. Mehanizmi povratnih informacija uključuju *e-mail* obaveštenje, *Short Message Service (SMS)* i *Really Simple Syndication (RSS)* [2].

Mašina za integracioni bild

Mašina za integracioni bild predstavlja posebnu mašinu, čija je jedina odgovornost integracija softvera. Na njoj se nalazi *CI Server*, koji proverava repozitorijum za verzionisanje [2].

3. JENKINS

Jenkins je *open source* alat za kontinualnu integraciju softvera (eng. *Continuous software integration*) napisan na *Java* programskom jeziku. Koristi se za automatizaciju svih delova životnog ciklusa softvera uključujući bild, dokumentaciju, testiranje, pakovanje i statičku analizu. *Jenkins* omogućava timovima da se fokusiraju na posao tako što automatizuje proces bildovanja, testiranja i objavljivanja novih verzija softvera [4]. Ono što *Jenkins* izdvaja je to što nudi bogatu bazu dodataka (eng. *Plugins*), lako razvijanje sopstvenih dodataka i podržan je od strane velike zajednice. Izuzetno je fleksibilan i lako prilagodljiv za sopstvenu upotrebu. Pored toga veoma je lak za korišćenje. Danas *Jenkins* nudi preko 1300 dodataka, koji omogućuju da se *Jenkins* integriše sa gotovo bilo kojom popularnom tehnologijom. Procenjuje se da *Jenkins* danas ima preko 1 000 000 korisnika.

4. KREIRANJE PROŠIRENJA ZA VISUAL STUDIO OKRUŽENJE

Visual Studio sam po sebi ima veliki broj ugrađenih opcija, međutim one nekad nisu dovoljne programerima, i potrebno je omogućiti neke dodatne opcije za specijalne slučajeve. Zbog toga, *Microsoft* je kreirao mehanizme koji će omogućiti programerima da lako ugrade opcije koje su im potrebne u *Visual Studio* okruženje. Postoji više načina za proširenje *Visual Studio IDE*-a. Osnovne opcije za proširenje su Makroi, Dodaci (*Add-ins*) i *Visual Studio* paketi (*VSPackages*).

VSPackages mehanizam na najbolji način omogućuje ugradnju alata za kontinualnu integraciju u *Visual Studio*. Ovim mehanizmom podržana su sva potrebna svojstva: omogućeno je kreiranje novih prozora i integrisanje u postojeće, kontrolisanje stanja korisničkog interfejsa, kao i dodavanje novih opcija.

Jenkins alat je integrisan u *Visual Studio* kao njegova ekstenzija, pravljena pomoću *Visual Studio* paketa. Zahvaljujući integraciji *Jenkins* alata za kontinualnu integraciju u *Visual Studio* okruženje programeri ne moraju napuštati *Visual Studio* okruženje da bi pokretali zahtevane operacije *Jenkins* alata.

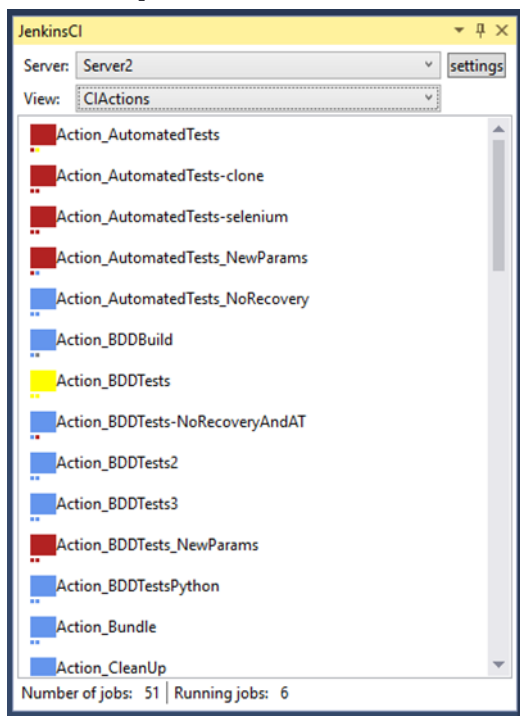
Jenkins alat postaje dostupan nakon ubacivanja novog prozora, i njegovog pozicioniranja na željenu lokaciju u okviru *Visual Studio* okruženja. To radimo tako što odemo na opciju *Views-> Other windows* i izaberemo opciju *JenkinsCI*. Time dobijamo prozor koji jednostavnim prevlačenjem možemo postaviti na željenu poziciju.

Iz prvog padajućeg menija u okviru ovog prozora imamo mogućnost odabira nekih od već dodatih *Jenkins* servera. Selektovanjem nekog od servera u drugi padajući meni (*Views*) učitavaju se *view*-ovi koje taj server poseduje. Dalje, selektovanjem nekog od *View*-a učitavaju se samo oni *Jenkins* zadaci (*Job*), koji se na serveru nalaze u okviru tog *View*-a.

Svaki zadatak predstavljen je kvadratom određene boje, u zavisnosti od toga u kojem stanju se dati zadatak trenutno nalazi. Kvadrat je žute boje ako se zadatak u tom trenutku izvršava na *Jenkins* serveru, plave boje ukoliko je uspešno završeno poslednje izvršavanje zadatka, a crvene ukoliko je poslednje izvršavanje zadatka neuspešno završeno.

Ukoliko zadatak nikad nije izvršavan, boja zadatka je siva. Isti slučaj je ukoliko je prekinuto poslednje izvršavanje, samo je u tom slučaju siva boja svetlija (da bi se razlikovao nepokrenut od prekinutog zadatka). Ispod se nalazi 5 manjih kvadrata koji predstavljaju poslednjih 5 izvršavanja *Jenkins* zadatka, tj. njihovo stanje (slika 4.1).

Korisnik ima mogućnost izbora ponuđenih *Jenkins* servera kao i konfigurisanja novih *Jenkins* servera. Konfigurisanje novog servera vrši se otvaranjem prozora kroz meni *Options* -> *JenkinsCI* ili klikom na dugme *settings* iz glavnog prozora ekstenzije. U okviru tog prozora nalazi se tabela sa već dodatim serverima. Selektovanjem nekog od servera popunjavaju se polja za unos i/ili izmenu podataka o serveru.



Slika 4.1. Glavni prozor

Za svaki od učitanih *Jenkins* zadataka i prikazanih u okviru glavnog prozora imamo ponuđene sledeće opcije:

- **Build now** – ako zadatak na serveru nema parametara
- **Build job with default parameters** – ako je zadatak na serveru postavljen sa parametrima bilda
- **Build job with changed parameters** - pokretanje bilda sa izmenom parametara sa servera
- **Cancel build** – ako je bild u toku
- **Deque build** – ako se bild zadatka nalazi u *queue*-u
- **Go to job website**
- **Show latest log**
- **Configure**
 - o *Configure job*
 - o *Job configuration history*
- **History**
 - o *Job CI history*
 - o *Last build*
 - o *Last successful CI*
 - o *Last failed CI*
 - o *Last aborted CI*

4. OPIS DISTRIBUIRANJA, AŽURIRANJA I SERVISIRANJA VISUAL STUDIO PAKETA ZA KONTINUALNU INTEGRACIJU

Visual Studio paketi se mogu distribuirati na dva načina:

- direktnim prosleđivanjem fajla koji nastaje kao rezultat bildovanja paketa, ili
- njegovim postavljanjem na server, tako što se kreira privatna galerija u kojoj se paket objavi ili se objavi javno na *Visual Studio Gallery*.

Direktno prosleđivanje fajla nije zadovoljavajuće rešenje, jer se u tom slučaju ne vode evidencije o trenutnim i dostupnim verzijama paketa, a potrebno da se paket dalje razvija i objavljuju se njegove nove verzije. A pošto je kreirani paket za kontinualnu integraciju privatn, potrebno je distribuirati ga putem privatne galerije *Visual Studio* proširenja [3]. Za hostovanje privatne galerije, potrebno je kreirati *atom feed*. *Atom feed* predstavlja stranicu, u kojoj su definisana dostupna proširenja. Definisani su osnovni parametri proširenja: broj verzije, naziv, id paketa, putanja do paketa, vreme kreiranja, vreme poslednje izmene, itd.

Da bi se paket instalirao na korisničko *Visual Studio* okruženje, prvo je potrebno konfigurisati novu galeriju, a zatim sa nje instalirati željeni paket. Kada se kreira nova verzija paketa, ažurira se *atom feed* i postavlja novi datum poslednje izmene, kao i broj verzije.

Na osnovu parametara koji predstavljaju verziju, datum kreiranja i ažuriranja *atom feed*-a, korisničko *Visual Studio* okruženje prepoznaje da li postoji nova verzija paketa. Ako postoji, *Visual Studio* će ponuditi korisniku da je ažurira. Prilikom svakog ažuriranja neophodno je ponovo pokrenuti okruženje, kako bi se inicijalizovali novi prozori, komande, meniji.

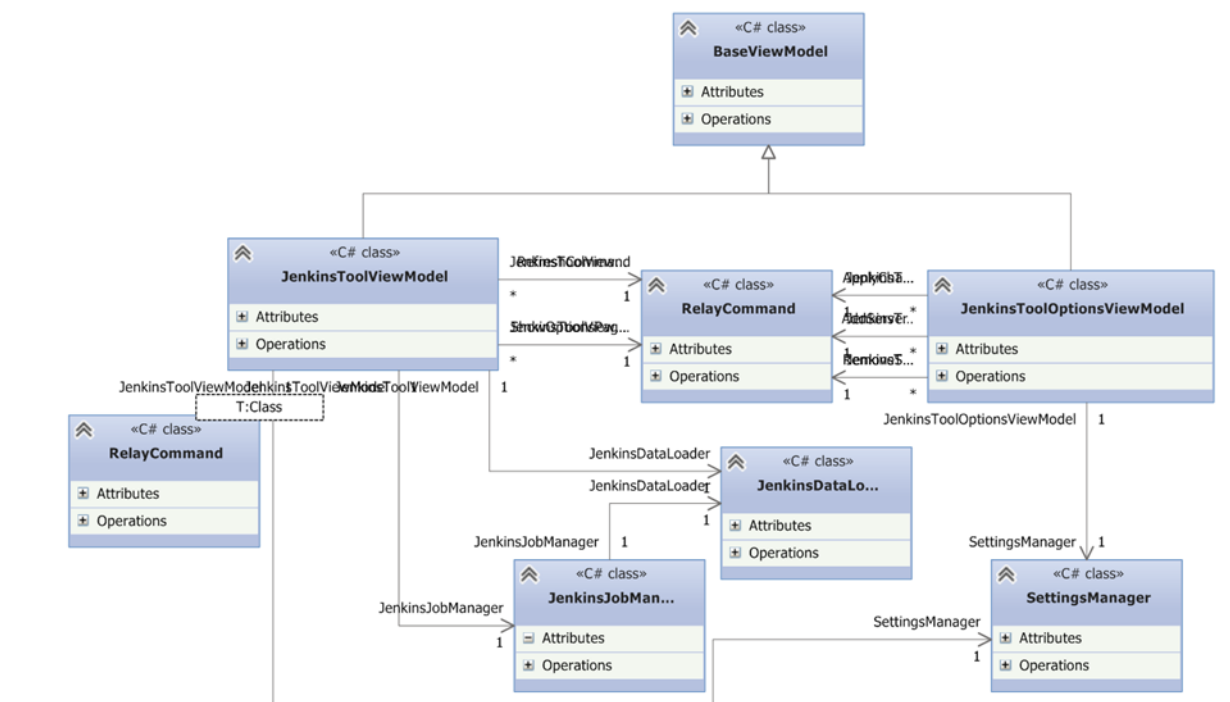
Visual Studio okruženje nudi opciju *Remove* pomoću koje je moguće izbrisati paket, i opciju *Disable/Enable*, pomoću koje se paket može onemogućiti, odnosno omogućiti.

5. DIJAGRAM KLASA

Na slici 5.1 prikazan je dijagram klasa.

Klasa *JenkinsCIViewModel* prestavlja *ViewModel* glavnog prozora aplikacije i u njoj su implementirane akcije koje korisnik vidi i koristi u okviru aplikacije. Ona nasleđuje *BaseViewModel* klasu koja implementira *INotifyPropertyChanged* interfejs. U okviru klase *JenkinsJobManager* nalaze se metode koje se odnose na operacije sa *Jenkins* zadacima.

Klasa *SettingsManager* implementira metode za rad sa *Settings* kolekcijom *Visual Studio IDE*-a u kojoj se čuvaju određeni podaci, npr. kolekcija dostupnih servera i podešavanja vezanih za njih. Metode iz *JenkinsDataLoader* klase pozivaju se iz drugih klasa (npr. *ViewModela*) i služe za pribavljanje podataka sa servera i njihovo transformisanje u objekte. *JenkinsCIOptions-ViewModel* predstavlja *ViewModel* deo paternu za *options* prozor koji se poziva u okviru *Visual Studio IDE*-a i služi za manipulisanje serverima.



Slika 5.1. Dijagram klasa

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu obrađena je tema kontinualne integracije, prikazani su načini na koji se uvodi kontinualna integracija u proces razvoja softvera kao i *Jenkins* alat koji se koristi u tom procesu. Objašnjene su mogućnosti za proširivanje *Visual Studio* okruženja, kao i način implementacije integracije *Jenkins* alata u ovo okruženje. Takođe je prikazan finalni rezultat pomenute integracije. Integracija *Jenkins* alata u *Visual Studio IDE-e*, predstavljena u radu, olakšava rad programerima, omogućuje im direktan rad sa *Jenkins* serverom iz *Visual Studio IDE-a*, bez napuštanja okruženja i nepotrebnog gubljenja vremena na prebacivanje iz jednog u drugo okruženje.

Kratka biografija:



Bojan Jucev je rođen 1993. godine u Vrbasu. Završio je prirodno-matematički smer gimnazije u Vrbasu 2012. godine. Iste godine upisao je Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu. Ispunio je sve obaveze i položio je sve ispite predviđene studijskim programom.

7. LITERATURA

- [1] Fowler Martin „Continuous Integration“, <http://www.martinfowler.com/articles/continuousIntegration.html>, autorski članak o kontinualnoj integraciji
- [2] Paul M. Duvall, „Continuous Integration: Improving Software Quality and Reducing Risks“, Addison-Wesley, 2007 pp. 4-20
- [3] Hosting a Private *Visual Studio* Gallery, <http://blogs.msdn.com>
- [4] „Jenkins Essentials - Second Edition“ Mitesh Soni, Packt Publishing, 2017

ANALIZA SLIČNOSTI I RAZLIKA U MODELOVANJU TOKOVA SNAGA I GASA**SIMILARITIES AND DIFFERENCES BETWEEN GAS AND POWER FLOW MODELLING**Stefan Trivunov, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu prikazani su matematički modeli i algoritmi za rešavanje tokova snaga i gasa. U slučaju tokova gasa korišćen je Newton Raphson i Hardy Cross algoritam, dok je u slučaju tokova snaga korišćen samo Newton Raphson algoritam. Kroz nekoliko numeričkih primera, uočene su sličnosti i razlike u modelovanju tokova snaga i gasa.

Abstract – In this paper, mathematical models and algorithms used in gas and power flow modelling were presented. Newton Raphson algorithm is used in both, power and gas flow calculations, whereas Hardy Cross algorithm is used only in the case of solving gas flow problem.

Ključne reči: Tokovi snaga, tokovi gasa, Hardy Cross algoritam, Newton Raphson algoritam

1. UVOD

Konstantnom upotrebom, u poslednjih nekoliko decenija, prirodni gas proglašen je kao najbrže rastuće fosilno gorivo u Evropi. Porast potrošnje prirodnog gasa, za potrebe proizvodnje električne energije u Evropi, procenjuje se na 3.7% godišnje od 2002. do 2030. godine, dok se za ukupnu proizvodnju električne energije upotrebom prirodnog gasa predviđa skok sa 15% na čak 35% do 2030. godine [1]. Uzimajući u obzir konstantan porast potrošnje prirodnog gasa, kao i trenutno stanje u našoj zemlji i regionu, sa aspekta proizvodnje električne energije, osnovna ideja ovog rada je da se prikažu i uporede infrastrukture gasnog i elektroenergetskog sistema. Ciljane oblasti koje se obrađuju u tu svrhu su matematički modeli tokova snaga i gasa, njihova efikasnost i praktična upotreba [2].

2. KOMPONENTE GASNOG SISTEMA

Trenutno, postoje dve osnovne tehnologije transporta gasa od izvora do krajnjeg potrošača: prva tehnologija podrazumeva cevovode koji zauzimaju oko 70% celokupnog procesa transporta gasa, dok druga podrazumeva tečni prirodni gas koji predstavlja preostalih 30%. Cevovodi iznad površine zemlje predstavljaju najbolji izbor transporta gasa sa finansijskog aspekta.

Kompresori (Kompresovanje) – pojam koji se koristi u svim aspektima gasne industrije, uključujući injektiranje gasa za potrebe podešavanja pritiska, sakupljanje gasa, prenos i distribuciju, smanjenje zapremine gasa u cilju optimalnog skladištenja, itd. Najčešće vrste kompresora za podešavanje pritiska: recipročni i centrifugalni [3].

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Andrija Sarić, red.prof.

3. PROBLEM TOKOVA PRIRODNOG GASA

Problem tokova prirodnog gasa može da se iskaže na sledeći način [4]:

- Za dati gasni sistem, opisan matricom povezanosti grana i čvorova A , datim vektorom injektiranja gasa u čvorove (osim u čvorovima sa poznatom vrednošću pritiska – izvorni čvorovi N_s),
- odrediti pritisak u svim ostalim čvorovima, kao i tokove gasa kroz sve grane i potrošačke čvorove.

U ovom radu, proračun tokova gasa će se vršiti Hardy Cross metodom i Newton Raphson metodom. Pretpostavlja se da je u čvoru 1 poznata vrednost pritiska, dok su svi ostali čvorovi u mreži – čvorovi sa poznatom količinom injektiranog gasa. S obzirom da se u ovom radu modelovanje kompresora i ventila (zbog složenosti) neće uzimati u obzir, njihovi ispusni i usisni čvorovi nisu definisani. Saglasno prethodnim pretpostavkama osnovni problem tokova gasa može da se zapiše [4]:

Zadato: p_1 i $q_2, \dots, q_{N_N}$

Odrediti: q_1 i $p_2, \dots, p_{N_N}$

Na osnovnu prethodne činjenice, postoji $N_N - 1$ poznatih veličina i $N_N - 1$ nepoznatih veličina. Set jednačina tokova gasa u gasnoj mreži (uzimajući u obzir samo cevovode, bez kompresora i ventila) je [4]:

$$\bar{q} = A \cdot f(\bar{p}, \tilde{p}),$$

gde su:

A – matrica povezanosti,

$$\bar{q} = \bar{q}_S - \bar{q}_L,$$

f – vektor tokova gasa kroz cevovod,

$\bar{p}$ – poznati deo vektora f ,

$\tilde{p}$ – nepoznati deo vektora f .

3.1 Jednačina zakona održanja mase

Zakon održanja mase za čvor i može se napisati u obliku [5]:

$$\sum_{l \in J_{in}} Q_l - \sum_{l \in J_{out}} Q_l = q_i,$$

gde su:

q_i – potrošnja gasa u čvoru i ,

J_{in} – skup cevi koje ulaze u čvor i ,

J_{out} – skup cevi koje izlaze iz čvora i .

3.2 Jednačina zakona održanja energije

Zakon održanja energije ističe da bilans energije između bilo koja dva čvora mora biti očuvan. Za putanju između čvorova A i B (koja uključuje samo cevi), zakon održanja energije (primenjen na pritiske u čvorovima A i B) može se napisati [5]:

$$p_A - p_B = \Delta p = \sum_{i \in \text{path}} h_{L,i} = \sum_{i \in \text{path}} K_i Q_i^n,$$

gde su:

- p_A, p_B – ukupan pritisak u čvorovima A i B,
- $h_{L,i}$ – padovi pritiska između čvorova A i B,
- K_i – koeficijent gubitaka u cevi i ,
- Q_i – tok gasa kroz cev i ,
- path – skup cevi na putanji između čvorova A i B.

Vrednost toka gasa kroz cev i može biti pozitivna ili negativna, u zavisnosti od smera toka.

3.3 Hardy Cross metod rešavanja tokova gasa

Ovom metodom rešavaju se gasni sistemi sa zatvorenim i kvazi-zatvorenim petljama. Iako se skup jednačina rešava za ceo sistem, ovaj algoritam je razvijen tako da se rešava svaka petlja posebno, ne sve istovremeno, kako to intuicija nalaže [5].

Razvijajući jednačinu zakona održanja energije u Tejlorov red, i uzimanjem u obzir samo prva dva člana, dobija se [5]:

$$F_{LP}(Q^{(m)}) \cong F_{LP}(Q^{(m-1)}) + \sum_{l \in \text{loop}} (Q^{(m)} - Q^{(m-1)}) \frac{\partial F_{LP}}{\partial Q_l} =$$

$$= \sum_{l \in \text{loop}} K_l (Q^{(m-1)})^n + \sum_{l \in \text{loop}} (Q^{(m)} - Q^{(m-1)}) \frac{\partial F_{LP}}{\partial Q_l}$$

gde su:

- $Q^{(m-1)}$ – estimirani tok snage u iteraciji $m-1$,
- $\frac{\partial F_{LP}}{\partial Q_l}$ – izvod jednačine napisane za petlju LP , po nepoznatom toku Q_l .

Zamenom $\Delta Q = Q^m - Q^{(m-1)}$ u gornju jednačinu, dobija se izraz za korekcije toka gasa u iteraciji m :

$$\Delta Q = - \frac{F(Q^{(m-1)})}{\sum_{l \in \text{loop}} \frac{\partial F_{LP}}{\partial Q_l} \big|_{Q^{(m-1)}}}.$$

3.4 Newton Raphson metod rešavanja tokova gasa

Kao i Hardy Cross, i Newton Raphson metod se izvodi iz Tejlorovog reda. U nastavku izvođenja, x_0 predstavlja skup nepoznatih promenljivih stanja [9]:

$$f(x_0 + \Delta x) = f(x_0) + f'(x_0)\Delta x + \frac{f''(x_0)\Delta x^2}{2!} + \dots = 0.$$

Pretpostavljajući da je rešenje u svakoj narednoj iteraciji dovoljno blizu rešenja prethodne iteracije, moguće je zanemariti sve članove Tejlorovog reda nakon prvog izvoda [5]:

$$f(x_0 + \Delta x) = f(x_0) + f'(x_0)\Delta x = 0.$$

$$\Rightarrow \Delta x = -[f'(x_0)]^{-1} f(x_0)$$

gde je $[f'(x_0)]^{-1}$ matrica parcijalnih izvoda, poznatija kao matrica Jakobijana (J) [5].

Nakon proračuna korekcije, iterativna aproksimacija promenljivih stanja može se poboljšati kao [5]:

$$x_0^{i+1} = x_0^i + \Delta x^{i+1}.$$

Newton Raphson algoritam može biti predstavljen sledećom matricnom jednačinom [5]:

$$[\Delta p] = - \left[\frac{\partial F}{\partial p} \right]^{-1} [\Delta F].$$

Broj elemenata matrice Jakobijana za gasni sistem jednak je broju čvorova umanjeno za broj čvorova poznatog pritiska.

4. TOKOVI SNAGA

Neka je zadata potrošnja svih potrošača. Neka su „mogućnosti proizvodnje“ aktivne i reaktivne snage svih generatora i „mogućnosti prenosne mreže“ dovoljni za pokrivanje zadate potrošnje. Neka su regulacioni opsezi regulacionih transformatora potrošača „dovoljni“ da moduli napona njihovih sekundara budu jednaki zadatim vrednostima za module napona primara koji se „nameću“ iz EES. Potrebno je odrediti angažovanje svih generatora po aktivnim i reaktivnim snagama, tako da se pokriju zadate potrošnje aktivnih i reaktivnih snaga svih potrošača, sa odgovarajućom učestanošću i naponima [6].

4.1 Proračun klasičnog problema tokova snaga

Postavka i obrada klasičnog problema tokova snaga se sastoji od sledeće četiri komponente [6]:

1. Postavka klasičnog problema tokova snaga
 - zadavanje injektiranih aktivnih snaga generatorskih i potrošačkih čvorova EES, osim balansnog, dakle svih čvorova tipa PQ i PV,
 - zadavanje injektiranih reaktivnih snaga čvorova tipa PQ,
 - zadavanje modula napona čvorova tipa PV,
 - zadavanje ugla i modula napona balansnog čvora.
2. Formulacija matematičkog modela klasičnog problema tokova snaga
3. Rešenje dominantnog dela modela klasičnog problema tokova snaga
 - Rešenje sistema (2n-2-p) spregnutih, nelinearnih, algebarskih, realnih jednačina, po vektoru nepoznatih veličina X, tj. proračun svih nepoznatih komponenti vektora stanja.
4. Rekonstrukcija celokupnog režima EES
5. Proračun aktivne i reaktivne snage gubitaka EES:

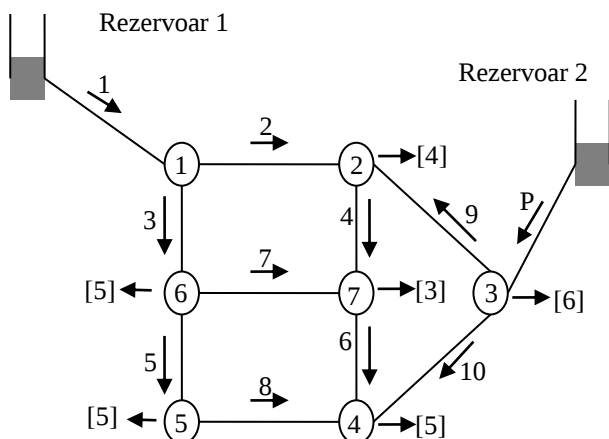
$$\Delta P = \sum_{i=1}^n P_k \text{ i } \Delta Q = \sum_{i=1}^n Q_k.$$
6. Proračun struja elemenata EES-a.
7. Proračun tokova snaga svih elemenata EES-a.

5. SLIČNOSTI GASNOG I ELEKTRIČNOG SISTEMA KROZ PRIMERE

Na osnovu matematičkih modela prikazanih u prethodnim poglavljima, kroz nekoliko narednih primera, prikazane su sličnosti i razlike u modelovanju tokova snaga i gasa.

5.1 Primer rešavanja tokova gasa Hardy Cross metodom

Za mrežu sa slike 5.1.1 odrediti tokove gasa kroz sve cevi i pritiske u svim čvorovima, upotrebom Hardy Cross metode i Hazen-Williams jednačine. Osnovni podaci prikazani su u tabeli 5.1.1. Poznato je da se između rezervoara 2 i čvora 3 nalazi pumpa.



Slika 5.1.1 – Primer gasne mreže [4]

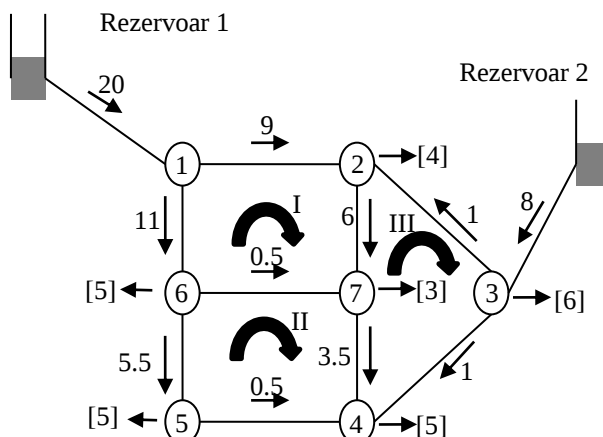
Razlika u pritiscima između rezervoara 1 i 2 je 200 bar. Iteracije ponavljati dok korekcije po konturama ne budu manje od 0.02 [4].

Tabela 5.1.1 – Ulazni podaci za mrežu sa slike 5.1.1

Cev	K	Q(0)	h_L	nh_L / Q
1	0.00584	20	1.49	0.138
2	0.0645	9	3.76	0.774
3	0.0645	11	5.45	0.918
4	0.349	6	9.6	2.96
5	0.233	5.5	5.45	1.83
6	1.42	3.5	14.37	7.6
7	55.2	0.5	15.31	56.7
8	13.6	0.5	3.77	14
9	82.8	1	82.79	153.33
10	82.8	1	82.79	153.33
P	-	8	180	15

Na slici 5.1.2 prikazana je mreža sa slike 5.1.1 sa ucrtanim smerovima obilaska kontura.

U skladu sa smerovima tokova gasa po cevima (granama) prikazanim tankim strelicama na slici 5.1.2 mogu da se napišu jednačine za svaku konturu:



Slika 5.1.2 – Primer gasne mreže sa naznačenim smerovima obilaska kontura i inicijalnim vrednostima tokova gasa kroz grane [4]

Kontura P:

$$-K_1 Q_1^{1.85} - K_2 Q_2^{1.85} + K_9 Q_9^{1.85} - (240 - 0.9376 Q_P^2) = H_{rez.2} - H_{rez.1} = 0 - 200$$

Kontura III:

$$K_{10} Q_{10}^{1.85} - K_6 Q_6^{1.85} - K_4 Q_4^{1.85} - K_9 Q_9^{1.85} = H_3 - H_3 = 0$$

Kontura II:

$$K_7 Q_7^{1.85} + K_6 Q_6^{1.85} - K_8 Q_8^{1.85} - K_5 Q_5^{1.85} = H_6 - H_6 = 0$$

Kontura I:

$$K_2 Q_2^{1.85} + K_4 Q_4^{1.85} - K_7 Q_7^{1.85} - K_3 Q_3^{1.85} = H_1 - H_1 = 0$$

Koeficijent gubitaka u cevima (K) iz tabele 5.1.1, računa se prema Hazen Williams formuli:

$$K = 4.73 \frac{L}{D^{4.87} C^{1.85}}.$$

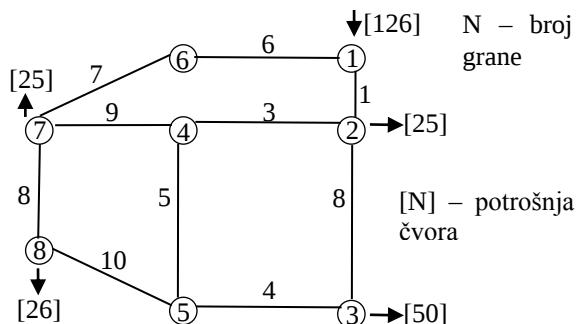
U tabeli 5.1.2 prikazani su rezultati proračuna tokova gasa po granama u prvoj i poslednjoj iteraciji.

Tabela 5.1.2 – Rezultati proračuna

grana	1	11
1	20.576	21.27
2	9.697	9.87
3	10.879	11.4
4	6.045	6.05
5	5.775	6.06
6	3.169	3.4
7	0.124	0.35
8	0.755	1.06
9	0.348	0.19
10	1.076	0.55
P	7.424	6.73

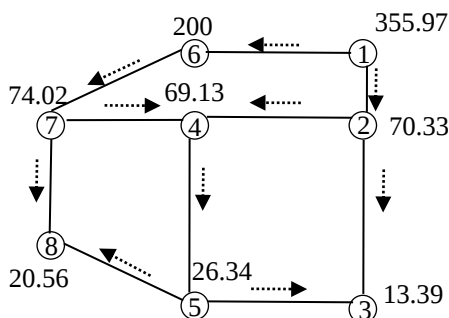
5.2 Primer rešavanja tokova gasa Newton Raphson metodom

Na slici 5.2.1 prikazan je gasni sistem sa 8 čvorova. U čvorovima 2, 3, 7, 8 zadata je potrošnja, dok je u čvoru 1 poznata injektirana vrednost količine gasa. Čvor 6 je balansni i u njemu je poznata vrednost pritiska koja iznosi 200 bar. Poznate su dužine cevi L kao i njihovi prečnici D . Koeficijent trenja smatrati konstantnim $f = 0.02$. Koeficijent gubitaka računati prema Darcy – Weisbach jednačini. Proračunati tokove gasa kroz sve grane i vrednosti pritiska u svakom čvoru. Rešenje smatrati zadovoljavajućim kada je $\zeta < 0.02$.



Slika 5.2.1 – Primer gasne mreže

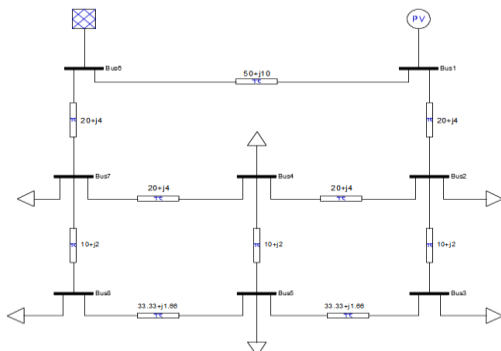
Na osnovu algoritma prikazanog u poglavlju 3.4, konačan raspored pritiska po čvorovima prikazan je na slici 5.2.2.



Slika 5.2.2 – Raspored pritiska po čvorovima

5.3 Primer rešavanja tokova snaga Newton Raphson metodom

Na slici 5.3.1 prikazan je jednostavan EES sa osam čvorova. Upotrebom programskog alata PSAT izračunati promenljive stanja. Zanemariti otočne parametre.



Slika 5.3.1 – Primer EES-a u programskom paketu PSAT

U tabeli 5.3.1 prikazani su rezultati proračuna tokova snaga po granama.

Tabela 5.3.1 – Rezultati proračuna tokova snaga po granama

Od	Prema	P [r.j.]	Q [r.j.]	$P_{GUBITAKA}$ [r.j.]	$Q_{GUBITAKA}$ [r.j.]
6	1	0.108	0.292	0.0018	0.0078
6	7	0.6289	0.420	0.0260	0.1289
7	4	0.029	0.028	0	-0.0004
4	2	-0.04	-0.006	0.0001	-0.0002
1	2	0.547	0.3135	0.0191	0.0947
7	8	0.144	0.073	0.0003	0.0143
4	5	0.075	0.035	0	0.0033
2	3	0.131	0.072	0.0003	0.0124
8	5	-0.04	-0.01	0	0.0009
5	3	0.028	0.020	0	0.0001

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu razmatra se poređenje matematičkih modela tokova snaga i prirodnog gasa. Da bi se to omogućilo, u prva četiri poglavlja date su teorijske osnove oba sistema. U poslednjem poglavlju, kroz numeričke primere predstavljen je matematički model gasnog i elektroenergetskog sistema. U tu svrhu korišćena su dva iterativna algoritma za rešavanje ovog problema. Prvi od njih je Newton Raphson algoritam koji predstavlja „nit“ koja povezuje ova dva sistema, dok je drugi algoritam – Hardy Cross, primenjivan isključivo u rešavanju tokova fluida (tečnosti i gasova).

7. LITERATURA

- [1] M. Chaudry, N. Jenkins, G. Štrbac: Multi-time period combined gas and electricity network optimization; *Imperial College London*, august 2004, pp 1-15
- [2] Energy information administration: *International Energy Outlook*, Office of Integrated Analysis and Forecasting U.S. Department of Energy, June 2006, pp 1-44
- [3] S. Mokhtab, W. A. Poe, J. G. Speight: *Handbook of Natural Gas Transmission and Processing*, Elsevier INC, United Kingdom, june 2006, pp 1-40
- [4] A. Seungwon: *Natural Gas and Electricity Optimal Power Flow*, Faculty of the Graduate College of the Oklahoma State University, PhD Thesis, may 2004, pp 39-53
- [5] P. F. Boulos, K. E. Lansey, B.W.Karney: *Comprehensive Water Distribution Systems Analysis*, American Water Works Assn, december 1, 2006, pp 1-60
- [6] V. Strezoski: *Analiza elektroenergetskih sistema*, Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu, Novi Sad, 2012, str. 1-50

Kratka biografija:



Stefan Trivunov, rođen je u Vrbasu 1992. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetski sistemi odbranio je 2018. god.

TOPLOTNI PROCESI U ELEKTRIČNIM MAŠINAMA THERMAL PROCESSES IN ELECTRICAL MACHINES

Jovan Dobrota, Veran Vasić, Đura Oros, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu se analiziraju toplotne pojave u tipičnoj električnoj mašini sa raspodeljenim namotajima. Karakteristični segment električne mašine modelovan je T-šemom sa skoncentrisanim parametrima. Uspostavljanjem analogije električnih i toplotnih procesa, te vezivanjem karakterističnih segmenata, izgrađena je termalna mreža mašine u formi električnog kola. Konačno, predstavljen je jedan od načina rešavanja termalne mreže metodom potencijala čvorova. Dobijeni matematički model je transformisan u formu pogodnu za numeričko rešavanje.

Abstract – This paper presents a method for the analysis of heat phenomena in a typical electrical machine with distributed windings. Characteristic segment of electric machine is modelled by using T-circuit with concentrated parameters. By using analogy between electrical and heat processes and connecting typical segments, thermal network of electric machine was built in a form of electric circuit. Finally, nodal analysis method for solving thermal network was introduced. Thereafter, mathematical model was transformed into a form suitable for numerical solving.

Ključne reči: Prenos toplote, zagrevanje, električne mašine

1. UVOD

Procesi koji se odvijaju u električnim mašinama nužno su praćeni oslobađanjem toplote, koja podiže temperaturu delova mašine i smanjuje stepen njenog korisnog dejstva. Svaka snaga gubitaka predstavlja izvor toplotnog fluksa i generator toplotnih procesa, radilo se o mašinama koje vrše elektromehaničku konverziju (motori, generatori) ili pretvaraju električnu energiju iz jednog kvaliteta u drugi (transformatori, ispravljači, invertori...).

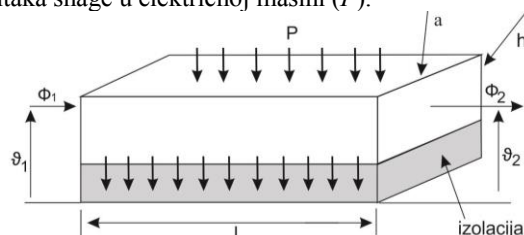
Maksimalna temperatura električne mašine predstavlja jedno od najvažnijih ograničenja u njenom radu, jer porast temperature utiče na integritet njenih vitalnih delova. Dok kod rotacionih električnih mašina postoje i druga ograničenja (maksimalno mehaničko opterećenje npr.), kod transformatora ne postoji nikakvo drugo ograničenje osim zagrevanja.

Do modela koji opisuje toplotne procese u električnim mašinama može se doći na nekoliko načina. U ovom radu, opredeljenje je da se pođe od opšte jednačine provođenja toplote koja je upotrebljiva za bilo koju električnu mašinu ili njen deo.

Opšta jednačina provođenja toplote, kojoj su priključene jednačine kontinuiteta, čini sistem diferencijalnih jednačina koji opisuje pojave prenosa toplote [1], [2].

2. MODEL SEGMENTA ELEKTRIČNE MAŠINE

Različiti pristupi modelovanju vode do modela sa raspodeljenim parametrima ili se skup diferencijalnih jednačina rešava numerički. Termički modeli koji se predstavljaju u ovom radu su modeli sa skoncentrisanim parametrima. Izabraćemo karakteristični kuboidalni segment mašine koji ćemo modelovati zamenskom šemom sa raspodeljenim parametrima. Posmatrajmo termički homogeno, linearno i izotropno telo dužine l , širine a i visine h , koje je sa svoje donje strane odvojeno izolacionim slojem od drugog tela (slika 1). Debljina izolacije je δ_i . Koeficijenti konduktivnosti tela i izolacije su λ i λ_i , dok je koeficijent prelaza toplote sa izolacije na susedno telo α . Konstantan toplotni fluks u telu je posledica nekog od gubitaka snage u električnoj mašini (P).



Slika 1. Karakteristični segment električne mašine

Sa leve strane tela fluks i nadtemperatura u odnosu na susedno telo su Φ_1 i θ_1 , dok su sa desne Φ_2 i θ_2 . Razlika između ovih flukseva postoji iz razloga priraštaja fluksa usled gubitaka snage i što deo fluksa teče kroz izolaciju na susedno telo. Definišimo podužnu termičku otpornost tela kao

$$r = \frac{R}{l} = \frac{1}{l} \frac{l}{\lambda a h} = \frac{1}{\lambda a h} \quad (2.1)$$

zatim podužni toplotni fluks usled gubitaka snage

$$p = \frac{P}{l} \quad (2.2)$$

i na kraju podužnu termičku provodnost kroz izolaciju na susedno telo

$$g = \frac{G}{l} \quad (2.3)$$

Termička provodnost je proizvod ukupnog koeficijenta prelaza toplote i površine kroz koju toplota prelazi sa tela. Ukupni koeficijent prelaza (U) toplote se sastoji iz konduktivnog provođenja kroz izolaciju i prelaza toplote sa izolacije na susedno telo konvekcijom, te se može pisati

$$g = \frac{G}{l} = \frac{U a l}{l} = U a = \frac{a}{\frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha}} \quad (2.4)$$

NAPOMENA:

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

Korišćenjem Furijeovog zakona za provođenje toplote, uz uvažavanje (2.1) dobijamo jednačinu:

$$\Phi = -\lambda ah \frac{\partial \vartheta}{\partial x} = -\frac{1}{r} \frac{\partial \vartheta}{\partial x} \quad (2.5)$$

Za infinitezimalni deo tela, priraštaj toplotnog fluksa jednak je razlici priraštaja fluksa usled gubitaka i priraštaja usled odvođenja kroz izolaciju, saglasno smerovima sa slike

$$\partial \Phi = p \partial x - g \vartheta \partial x \quad (2.6)$$

Ako prethodnu jednačinu dva puta diferenciramo po x dobijamo

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} = -g \frac{\partial \vartheta}{\partial x} \quad (2.7)$$

odakle kombinovanjem sa (2.5) dobijamo homogenu diferencijalnu jednačinu drugog reda

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} = r g \Phi = w^2 \Phi \quad (2.8)$$

gde je $w = \sqrt{r g}$ - koeficijent prigušenja toplotnog fluksa. Opšta rešenja jednačine (2.8) su

$$\Phi = A \cosh(wx) + B \sinh(wx) \quad (2.9)$$

Diferenciranjem i uvrštavanjem u (2.6) dobija se izraz za promenu nadtemperature po aksijalnoj osi tela:

$$\vartheta = \frac{p}{g} + \frac{1}{z} [A \sinh(wx) + B \cosh(wx)] \quad (2.10)$$

gde je $z = \sqrt{r/g}$ - talasni otpor prostiranja toplotnog fluksa. Konstante se određuju na osnovu početnih uslova za $x = 0$ ($\vartheta = \vartheta_1$ i $\Phi = \Phi_1$), odakle dobijamo za $A = \frac{1}{2}(\Phi_1 + \frac{\vartheta_1}{z} - \frac{p}{g})$, odnosno $B = \frac{1}{2}(\Phi_1 - \frac{\vartheta_1}{z} + \frac{p}{g})$. Zamenom konstanti dobijamo partikularna rešenja za promenu toplotnog fluksa i nadtemperature:

$$\Phi_2 = \cosh W \Phi_1 + \frac{\sinh W}{z} \vartheta_1 - \frac{\sinh W}{W} P \quad (2.11)$$

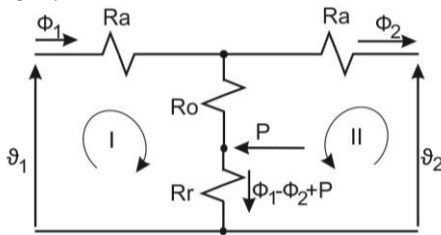
$$\vartheta_2 = Z \sinh W \Phi_1 + \cosh W \vartheta_1 + \frac{(1 - \cosh W)}{G} P \quad (2.12)$$

gde smo uvažili početne definicije za podužnu snagu gubitaka, podužnu otpornost i podužnu provodnost. Nove oznake su $W = lw = \sqrt{RG}$ i $Z = z = \sqrt{r/g} = \sqrt{R/G}$.

Prethodne dve relacije u matricnoj formi glase:

$$\begin{bmatrix} \Phi_2 \\ \vartheta_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cosh W & \frac{\sinh W}{z} \\ Z \sinh W & \cosh W \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Phi_1 \\ \vartheta_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -\frac{\sinh W}{W} \\ \frac{(1 - \cosh W)}{G} \end{bmatrix} P \quad (2.13)$$

Predstavimo sada prenos toplote kroz telo sa prethodne slike termalnom mrežom sa skoncentrisanim parametrima kao na slici 2.



Slika 2. Model segmenta električne mašine sa skoncentrisanim parametrima

Oznake za toplotne fluksve i nadtemperature su iste kao na slici 2 jer su to eksterne veličine, dok smo unutrašnjost tela modelovali kombinacijom termičkih otpornosti. Otpornost R_a - predstavlja termički otpor aksijalnom provođenju kroz telo, otpornost R_o je unutrašnja termička otpornost od mesta ispostavljanja snage gubitaka do aksijalnog pravca, a R_r je radijalna termička otpornost prenosu toplote na susedno telo. Ukupna otpornost radijalnog prenosa toplote je $R_R = R_o + R_r$.

Modelujemo tako da se snaga gubitaka isporučuje na mestu srednje nadtemperature tela. Kako je suma svih nadtemperatura po bilo kojoj zatvorenoj putanji u telu jednaka nuli, krećući se po konturama I i II u smerovima definisanim nadtemperaturama ϑ_1 i ϑ_2 dobijamo jednačine

$$\vartheta_1 - R_a \Phi_1 - R_R \Phi_1 + R_R \Phi_2 - R_r P = 0 \quad (2.14)$$

$$\vartheta_2 + R_a \Phi_2 - R_R \Phi_1 + R_R \Phi_2 - R_r P = 0 \quad (2.15)$$

Prethodne dve jednačine treba rešiti po Φ_2 i ϑ_2 . Prikazaćemo odmah rešenje u matricnoj formi:

$$\begin{bmatrix} \Phi_2 \\ \vartheta_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (1 + \frac{R_a}{R_R}) & \frac{1}{R_R} \\ R_a (2 + \frac{R_a}{R_R}) & (1 + \frac{R_a}{R_R}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Phi_1 \\ \vartheta_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -\frac{R_r}{R_R} \\ \frac{R_a R_r}{R_R} \end{bmatrix} P \quad (2.16)$$

Jednačine (2.13) i (2.16) predstavljaju toplotne funkcije prenosa segmenta. Kako odnos ulaznih i izlaznih veličina mora biti isti bez obzira da li je računat preko opšte jednačine prenosa toplote ili preko šeme sa raspodeljenim parametrima, sledi da sve matrice u (2.13) i (2.16) moraju biti iste, te rešavanjem po nepoznatim parametrima modela sa slike 1 dobijamo:

$$R_R = \frac{1}{G} \frac{W}{\sinh W} \quad (2.17)$$

$$R_r = \frac{1}{G} \quad (2.18)$$

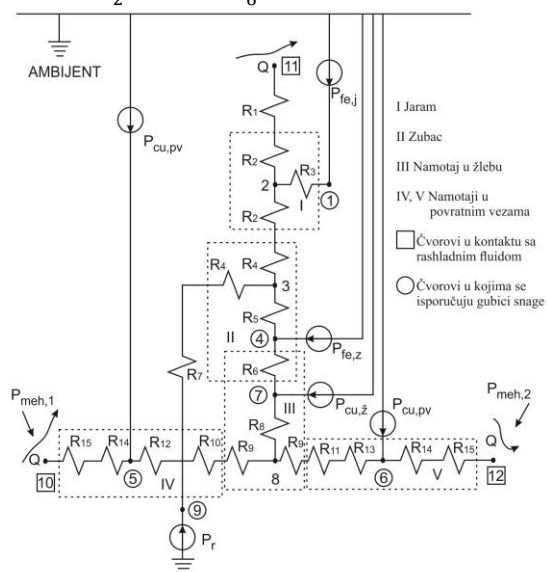
$$R_o = \frac{1}{G} (\frac{W}{\sinh W} - 1) \quad (2.19)$$

$$R_a = Z \tanh \frac{W}{2} \quad (2.20)$$

Dobijeni rezultati, iako je primenjen nešto drugačiji matematički pristup, slični su rezultatima dobijenim u [3]. Model karakterističnog segmenta se direktno, ili uz određene modifikacije, primenjuje na većinu karakterističnih delova električne mašine, te se tako može izgraditi termalna mreža. Pri gradnji termalne mreže treba voditi računa o dominantnim pravcima provođenja toplote kako se ne bi bespotrebno uključivale grane kroz koje su zanemarljivi intenziteti toplotnih flukseva i time otežavalo rešavanje matematičkog modela.

2.1. Termički model statora električne mašine

Na slici 3 prikazana je termalna mreža statora tipične električne mašine sa raspodeljenim namotajima. Snaga gubitaka u bakru modelovana je idealnim strujnim izvorima kojima se injektira toplotni fluks u deo namotaja u žlebovima i deo u povratnim vezama. Toplotni fluks iz namotaja u žlebu prelazi na namotaje u povratnim vezama i preko izolacije na zupce. Deo fluksa koji direktno iz namotaja u žlebu prelazi na jaram je zanemaren zbog relativno male kontaktne površine. Na namotaje u žlebovima se direktno može primeniti model segmenta i jednačine (2.17)-(2.20). Toplota iz namotaja u povratnim vezama prelazi na namotaj u žlebu i kroz izolaciju na vazduh u povratnim vezama. Za namotaje u povratnim vezama prikladno je izvršiti transformaciju modelovanjem po dve polovine namotaja. Ideja je zasnovana na činjenici da će, zbog simetrije, najtoplija tačka biti na sredini povratne veze pa kroz nju nema toplotnog fluksa. Tako u šemi koja modeluje polovinu namotaja možemo izostaviti rednu otpornost prema sredini namotaja. Isto to uradimo sa drugom polovinom namotaja i zatim „presečemo“ namotaj u povratnoj vezi i podelimo u odnosu na modelovani čvor koji predstavlja žleb. Prelazna otpornost namotaja ka vazдушnom prostoru povratnih veza se sastoji od otpornosti od provodnika kroz izolaciju namotaja i prelazne konvektivne otpornosti

$$R_a = \frac{R}{2} \text{ i } R_0 = -\frac{R}{6} \quad (2.21)$$


U čvoru 9 strujnim izvorom su predstavljene gubitke koji sa rotora kroz vazdušni zazor prelaze na stator uključujući i gubitke ventilacije cilindrične strane rotora. Protok rashladnog sredstva predstavljen je u čvorovima 10, 11 i 12. Modelovanje protoka rashladnog fluida moguće je izvršiti predstavom sa strujno kontrolisanim naponskim izvorima (izvori nadtemperature kontrolisani toplotnim fluksom) ili direktno toplotnim otpornostima konvektivnom prelasku toplote. Ukoliko se koriste konvektivne otpornosti njih je potrebno uključiti između čvorova 10 i 12 i kućišta i između kućišta i ambijenta (čvor 11). Konvektivni prelaz toplote se računa na osnovu relacije

$$R_{konv} = \frac{1}{\alpha_S} \quad (2.22)$$

$$\alpha = A(1 + Bv^C) \quad (2.23)$$
$$v = \eta \omega_r r_{sr} \quad (2.24)$$

2.2. Rešavanje modela metodom potencijala čvorova

$$\boldsymbol{\vartheta} = [\vartheta_1 \ \vartheta_2 \ \vartheta_3 \ \vartheta_4 \ \vartheta_5 \ \vartheta_6 \ \vartheta_7 \ \vartheta_8 \ \vartheta_9 \ \vartheta_{10} \ \vartheta_{11} \ \vartheta_{12}]^T \quad (2.25)$$
$$\Phi = [p_{Eg,i} \ 0 \ 0 \ p_{Eg,z} \ p_{Cy,m} \ p_{Cy,m} \ p_{Cy,z} \ 0 \ p_{r,0000}]^T \quad (2.26)$$

Koristeći metodu potencijala čvorova za termalnu mrežu sa slike 2.3 možemo pisati

$$Y \cdot \vartheta = \Phi \quad (2.27)$$

-dijagonalni element matrice, za svaki čvor termalne mreže, je suma termičkih provodnosti grana koje se susreću u tekućem čvoru. Termička provodnost grane recipročna vrednost ukupnog termičkog otpora grane.

$$Y_{ii} = \sum_j G_{ij} = \sum_j \frac{1}{R_{ij}}, \text{ for } j = 1, 2, \dots, 12 \quad (2.28)$$

-vandijagonalni element matrice, za svaki par čvorova, je negativna vrednost termičke provodnosti grane koja povezuje čvorove

$$Y_{ij} = -G_{ij} = -\frac{1}{R_{ij}}, za i, j = 1, 2, \dots, 12; i \neq j \quad (2.29)$$

Matematički model predstavljen jednačinom (2.27) je primeren za analizu stacionarnog prenosa toplote. Da bi se model koristio i za analizu tranzijentnih procesa neophodno je uvažiti toplotne kapacitivnosti delova električne mašine. To se može učiniti tako što se svakom čvoru termalne mreže koji reprezentuje pojedini segment pridruži toplotna kapacitivnost

$$C = mc \quad (2.30)$$

gde je m - masa segmenta mašine i c - specifični toplotni kapacitet materijala od koga je segment sačinjen. Toplotne kapacitivnosti je potrebno pridružiti svim čvorovima gde se oslobađaju gubici, ali i čvoru koji

reprezentuje kućište (12). Dinamički matematički model termalne mreže asinhronog motora sada pišemo kao

$$\mathbf{C} \frac{d\boldsymbol{\theta}}{dt} + \mathbf{Y}\boldsymbol{\theta} = \boldsymbol{\Phi} \quad (2.31)$$

Matrica $\mathbf{C}$ je dijagonalna matrica toplotnih kapaciteta. Množenjem prethodne jednačine sleva sa $\mathbf{Y}^{-1}$ sledi

$$\mathbf{Y}^{-1}\mathbf{C} \frac{d\boldsymbol{\theta}}{dt} + \boldsymbol{\theta} = \mathbf{Y}^{-1}\boldsymbol{\Phi} \quad (2.32)$$

Matrica $\mathbf{Y}^{-1}\mathbf{C}$ ima elemente koji imaju dimenziju vremena te može definisati kao matrica toplotnih vremenskih konstanti ($\mathbf{T}_\theta$).

$$\mathbf{T}_\theta \frac{d\boldsymbol{\theta}}{dt} + \boldsymbol{\theta} = \mathbf{Y}^{-1}\boldsymbol{\Phi} \quad (2.33)$$

Dinamiku promene temperature pojedinog čvora određuje vremenska konstanta koja zavisi od njegovog toplotnog kapaciteta i toplotnih otpornosti pripadajućih grana, ali i vremenska konstanta drugih čvorova ako između njih postoji grana termalne mreže. Dakle, dinamički matematički model termalne mreže asinhronog motora koja ima n čvorova predstavlja sistem od n spregnutih diferencijalnih jednačina prvog reda. U toku tranzijentnih procesa u električnoj mašini distribucija snage gubitaka nije konstantna, bilo usled promena terminalnih veličina mašine ili usled zavisnosti parametara od temperature i/ili brzine. Primereno je rešavati matematički model kvazistatičkim pristupom, tako da parametre i snage gubitaka smatramo konstantnim u toku dovoljno kratkog vremena odabiranja (T). Matematički model ćemo prevesti u kompleksni domen primenom Laplasove transformacije:

$$(\mathbf{E} + s\mathbf{T}_\theta)\boldsymbol{\theta} = \mathbf{Y}^{-1} \cdot \boldsymbol{\Phi} \quad (2.34)$$

gde je $\mathbf{E}$ - jedinična matrica, a $\mathbf{s}$ - matrica kompleksnih učestanosti ($\mathbf{s} = s\mathbf{E}$). Kako je ideja da se model rešava kvazistatičkim pristupom potrebno je iz kontinualnog preći u diskretan kompleksni domen primenom z-transformacije [5]. Period odabiranja mora biti dovoljno mali da se ne bi izgubila informacija sadržana u originalnom modelu i trebalo bi da bude barem pet puta manji od najmanje vremenske konstante u matrici $\mathbf{T}_\theta$. Ako je izabran dovoljno kratak period odabiranja jednačina (2.34) se može diskretizovati Ojlerovom aproksimacijom. Uvedemo li u prethodnu jednačinu smenu $\mathbf{s} = (z - 1)\mathbf{T}^{-1}$, gde je $\mathbf{T}$ -dijagonalna matrica vremena odabiranja ($\mathbf{T} = T\mathbf{E}$) dobija se

$$\boldsymbol{\theta} = \frac{\mathbf{Y}^{-1} \cdot \boldsymbol{\Phi}}{\mathbf{E} + (z-1)\mathbf{T}^{-1} \cdot \mathbf{T}_\theta} = \frac{\mathbf{T}_\theta^{-1} \cdot \mathbf{T} \cdot \mathbf{Y}^{-1} \cdot \boldsymbol{\Phi} z^{-1}}{\mathbf{E} - (1 - \mathbf{T}_\theta^{-1} \cdot \mathbf{T}) z^{-1}} \quad (2.35)$$

odakle je

$$\boldsymbol{\theta} = \mathbf{A} \cdot \boldsymbol{\theta} z^{-1} + (\mathbf{E} - [\mathbf{A}]) \cdot [\mathbf{Y}]^{-1} \cdot [\mathbf{P}_G] z^{-1} \quad (2.36)$$

gde je $\mathbf{A} = \mathbf{E} - \mathbf{T}_\theta^{-1} \cdot \mathbf{T}$ - karakteristična matrica sistema. Konačno, koristeći osobinu z-funkcije pomeranja u vremenskom domenu, dobijamo

$$\boldsymbol{\theta}(kT) = \mathbf{A}(kT - T)\boldsymbol{\theta}(kT - T) + (\mathbf{E} - \mathbf{A}(kT - T))\mathbf{Y}(kT - T)^{-1}\boldsymbol{\Phi}(kT - T) \quad (2.37)$$

Dobijeni matematički model se rešava rekursivno i potpuno je primeren za računarsko rešavanje ili implementaciji u mikrokontrolere. Potpuni termički model asinhronne mašine se dobija vezivanjem termalne mreže rotora u čvor 9. Termalna mreža rotora je slika u ogledalu šeme sa slike 2.3. Iz jednačine (2.37) se zaključuje da se temperatura čvorova termalne mreže u trenutnoj iteraciji računa kao zbir temperature prethodne iteracije i priraštaja

usled snage gubitaka. Što su veći elementi u matrici toplotnih vremenskih konstanti to su veći i elementi u karakterističnoj matrici. Time je na aktuelnu temperaturu veći uticaj prethodne temperature nego uticaj usled snage gubitaka. U toku tranzijentnih procesa menjaju se neki od parametara matrice admitansi, te se ona ne može smatrati konstantnom. Tipičan primer je promena koeficijenta prelaza toplote (a time i toplotne otpornosti) usled promene brzine obrtanja asinhronih mašina sa ventilatorom na vratilu. Kako se menja toplotna otpornost pojedine grane menjaju se i odgovarajuće vremenske konstante.

3. ZAKLJUČAK

Matematički model dat jednačinom (2.37) može se koristiti za dinamičko termičko modelovanje pri svim tranzijentnim elektromagnetnim procesima u asinhronoj mašini. Neophodan uslov je poznavanje distribucije gubitaka i njihove zavisnosti od vremena kako bi se u svakoj iteraciji računali elementi matrice $\boldsymbol{\Phi}$. Usled zavisnosti koeficijenata karakteristične matrice i matrice admitansi od temperature i brzine obrtanja, termički matematički model je izrazito nelinearan. Ipak, kako su toplotne i mehaničke pojave prigušene relativno velikim vremenskim konstantama u odnosu na elektromagnetne, u najvećem broju slučajeva je opravdano koristiti predloženi kvazistatički pristup rešavanju. Osnovni problem kvaliteta termičkog modela skopčan je sa ograničenjima egzaktnog opisa toplotnih procesa u mašini i samim tim određivanja parametara modela. Parametri modela menjaju se tokom eksploatacije usled starenja izolacije, parcijalnih pražnjenja, zaprljanosti, mehaničkih deformacija namotaja, šipki, ležajeva i drugih pojava čiji je uticaj veoma teško predvideti. Precizna merenja temperature pojedinih delova mašine omogućuju kalibraciju parametara termičkog modela i bolju analizu pojedinačnih fenomena prenosa toplote u mašini.

4. LITERATURA

- [1] M. Đurić, M. Novaković, *Prenos toplote*, Tehnološki fakultet, Novi Sad, 1988.
- [2] T.L. Bergman, A.S. Lavine, F.P. Incopera, D.P. Dewitt, *Fundamental of Heat and Mass Transfer*, 7th ed., John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, 2011.
- [3] J. Pyrhönen, T. Jokinen, V. Hrabovcová, *Design of Rotating Electrical Machines*, John Wiley & Sons, West Sussex, UK, 2008.
- [4] P.D. Mellor, D. Roberts, D. R. Turner, Lumped parameter thermal model for electrical machines of TEFC design, *IEEE Proceedings-B*, Vol. 138, No. 5, pp. 205-218, 1991.
- [5] M.R. Stojić, *Digitalni sistemi upravljanja*, Naučna knjiga, Beograd, 1990.

Kratka biografija:



Jovan Dobrota rođen je u Rumi 1974. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Energetska elektronika i električne mašine odbranio je 2018.god.

**ANALIZA INDUSTRIJSKOG REŠENJA POZICIONE KONTROLE
ELEKTROMOTORNOG POGONA****INDUSTRIAL POSITION CONTROL DRIVE ANALYSIS**Vukašin Ognjenović, Dragan Milićević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ENERGETSKA ELEKTRONIKA I
ELEKTRIČNE MAŠINE**

Kratak sadržaj – U radu su analizirane mogućnosti industrijskog rešenja pozicione kontrole vratila asinhronog motora primenom uređaja jednog od vodećih proizvođača u ovoj oblasti. Akcenat je stavljen na praktičnu realizaciju i analizu pozicione kontrole u laboratorijskim uslovima. Kroz nekoliko sprovedenih eksperimenata pokazane su osnovne mogućnosti analiziranog uređaja. Rezultati eksperimenata su detaljno obrazloženi i priloženi u vidu grafičkih reprezentacija relevantnih veličina. U radu su data i obrazloženja načina realizacije ostvarenih algoritama u aplikativnom softveru pozicione kontrole.

Abstract – In this work the possibilities of the industrial drive position control are analyzed. Emphasis is placed on the practical implementation and analysis of the position control in laboratory conditions. The basic possibilities of the analyzed device are shown through several experiments. The results of the experiments are clarified in detail and they are shown in the form of graphic presentations of relevant responses. The paper also provides explanations of the method of realization of the realized algorithms in the application software of the position control.

Ključne reči: Kontrola pozicije asinhronog motora, pretvarač učestanosti, apsolutno i relativno pozicioniranje, elektromotorni pogon

1. UVOD

Razvojem poluprovodničkih komponenata energetske elektronike krajem 20. veka stvorile su se mogućnosti za uvođenje asinhronih kaveznih mašina u regulisane elektromotorne pogone, čime je skupa i nepouzdana mašina jednosmerne struje dobila takmaca koji će ju u budućnosti potpunosti zameniti. Sada se može slobodno konstatovati da asinhrona mašina u kombinaciji sa uređajem energetske elektronike predstavlja klasično industrijsko rešenje primenljivo u celokupnom dijapazonu aplikacija, od onih jednostavnih - malo zahtevnih, pa sve do onih zahtevnih okarakterisanih epitetom servo aplikacija [1].

Danas se uređaji energetske elektronike koji imaju zadatak udešavanja uslova napajanja asinhronog motora prepoznaju pod opšteprihvaćenim nazivom frekventni pretvarači po najviše zbog najosnovnijeg zahteva koji ispunjavaju- kontinualne promene frekvencije napona napajanja.

NAPOMENA:

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

Stalnim razvojem na ovom polju, kontinualnim usavršavanjem i unapređenjima, danas su mogućnosti frekventnih pretvarača takve da su i najzahtevnije aplikacije kontrole pozicije moguće.

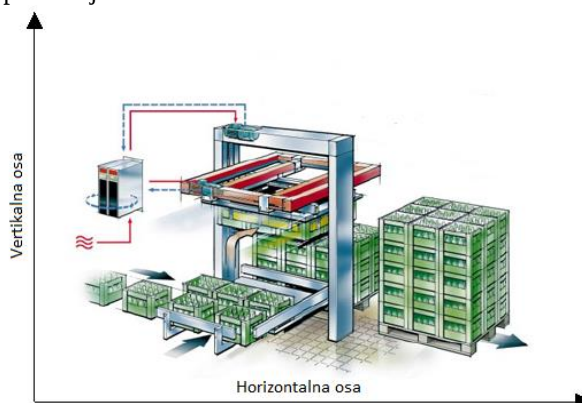
2. PRIMENA UREĐAJA POZICIONE KONTROLE

Uređaj za kontrolu pozicije je široko primenljiv u procesima gde pokretačko sredstvo čini asinhroni motor u kombinaciji sa frekventnim pretvaračem. Iz potrebe za kontrolom pozicije vratila motora, sinhronizacije sa drugim motorima po određenim veličinama i ostalih radnji, primena je skoncentrisana na industrijsku proizvodnju. Kontrola pokreta vratila motora je prisutna i u raznim aplikacijama [2]:

- Liftova i kranova,
- Mašina za sečenje i pakovanje proizvoda,
- Mašina za izradu ambalaže,
- Transportera ili pokretnih traka,
- Mašina za utovarivanje,
- Paletizera i mnogih drugih.

Pozicioniranje može biti dvojako, apsolutno i relativno. Ako je reč o apsolutnom načinu, zadata pozicija se dostiže bez obzira na trenutnu. Razlika dve pomenute pozicije predstavlja pređeni put. Što se tiče relativnog načina pozicioniranja, zadata pozicija se izvršava u odnosu na trenutnu ili sadašnju vrednost iste.

Time se izvršava nezavisno pozicioniranje. Kako su opisana dva načina rada kartice za kontrolu položaja vratila motora najčešće korišćena, primer njihove upotrebe je dat na slici 1.



Slika 1. Apsolutno i relativno pozicioniranje na primeru paletizera

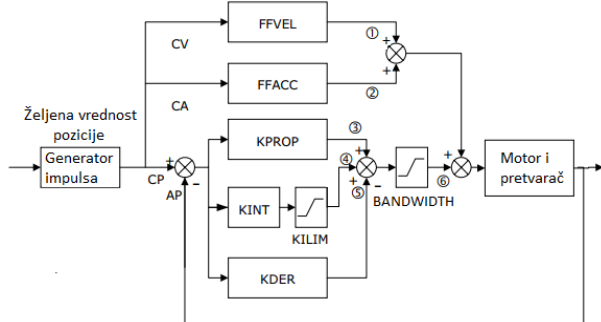
Kako horizontalni deo prenosnog sistema ima dve pozicije, prva je ona na kojoj je prihvatni deo iznad kutija u položaju kada ih uzima, a drugi kada je iznad palete i treba da ih ostavi. Početni i krajnji položaj su primer

apsolutnog pozicioniranja iz razloga što su tačno definisani.

Relativno pozicioniranje se ogleda u slučaju nakon što paletizer ostavi paket i kreće da se vraća po sledeći. On tada mora da se podigne za određenu vrednost u vertikalnom pravcu kako ne bi zakačio istovareni paket, i daje primer relativnog pozicioniranja. To se radi iz razloga što je ta vrednost uvek ista i zavisi od dimenzija paketa, a ne od trenutne visine složenih kutija.

3. NAČIN FUNKCIONISANJA POZICIONE KONTROLE

Opšta šema upravljanja koju koriste uređaji za kontrolu pozicije vratila asinhronog motora je data na slici 2.



Slika 2. Blok šema pozicionog regulatora [2]

Upravljačka struktura se zasniva na jednostavnim matematičkim vezama između prikazanih veličina i parametara.

Sačinjena je iz dva dela. Kako se asinhronim motorom veoma dobro upravlja u otvorenoj povratnoj sprezi, prvi deo predstavlja regulaciju željene veličine u upravo takvoj strukturi. Čine je dve veličine CA i CV- trenutne vrednosti ubrzanja i brzine respektivno. Iste se množe sa odgovarajućim parametrima za skaliranje FFACC i FFVEL, pri čemu novonastali proizvod predstavlja signal koji upravlja radom motora.

Ovaj vid upravljanja je značajan u aplikacijama gde postoji dobra dinamička veza između pretvarača i motora. Uglavnom je vezana za pogone sa malom inercijom i momentom sistema. Prethodno opisan upravljački signal ima i drugi deo.

U aplikacijama velikih inertnosti radne mašine, regulacionoj strukturi pristizhe u pomoć i PID regulator koji predstavlja drugi deo upravljačkog sistema. Ulaz pomenutog predstavlja signal greške koji se dobija kao razlika između referentne vrednosti pozicije i stvarne ili merene pomoću enkodera.

Kao takav, dobijeni signal se propušta kroz sva tri dejstva regulatora. Njihovim sumiranjem se dobijeni upravljački signal po potrebi ograničava kako bi se u nekim slučajevima dobio "mekši" rad motora.

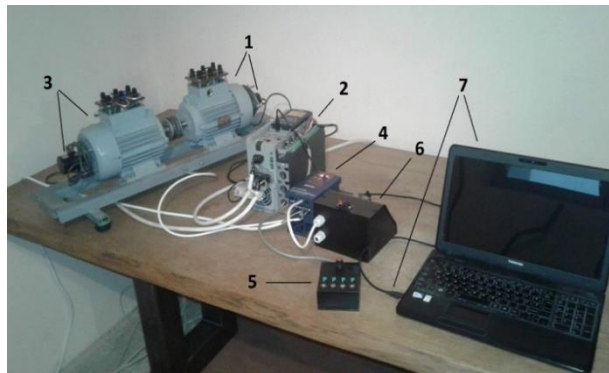
Pomenuto se vrši pomoću bloka za limitiranje nazvanog BANDWIDTH prikazanog na slici 2. Time je omogućeno ograničeno dejstvo rada regulatora, primenljivo u pogonima gde dinamika odziva nije od suštinskog značaja (lift, kran...) [2, 3].

Aktivnim radom upravljačke strukture postignuta je preciznost tokom rada u celokupnom dijapazonu aplikacija.

4. LABORATORIJSKO ISPITIVANJE RADA KARTICE ZA KONTROLU POZICIJE DANFOSS MCO 305

Eksperiment je izvršen pomoću dva asinhrona motora sa pridruženim enkoderima, pretvarača Danfoss FC 302 sa MCO 305 karticom, pretvarača ENC Eds-800, računara i ostatka opreme. Korišćena kartica za kontrolu pozicije rotora asinhronog motora Danfoss MCO 305 je potpuno univerzalna za sve snage pretvarača pomenutog proizvođača. Karakterišu je dva enkoderska ulaza, priključci za digitalne ulaze i izlaze, kao i priključci za komunikaciju i otklanjanje grešaka.

Izgled eksperimentalne postavke realizovane za izvođenje ogleda prikazana je na slici 3.



Slika 3. Izgled povezane opreme

Na slici 3 su brojevima označeni:

1. Prvi asinhroni motor sa povezanim pomoćnim (eng. slave) enkoderom rezolucije 1000 imp/obr,
2. Frekventni pretvarač 1 Danfoss FC-302 sa karticom MCO 305,
3. Drugi asinhroni motor sa glavnim (eng. master) enkoderom rezolucije 3600 imp/obr,
4. Frekventni pretvarač 2 ENC Eds-800,
5. Komandna kutija 1 koja se koristi za upravljanje radom frekventnog pretvarača 1,
6. Komandna kutija 2 koja se koristi za upravljanje radom frekventnog pretvarača 2,
7. Računar.

Korišćen asinhroni motor označen pod rednim brojem 1 je povezan sa Danfoss-ovim pretvaračem na koji je prethodno dodata kartica za kontrolu pokreta MCO 305. Tako povezan sistem služi za vršenje ogleda apsolutnog i relativnog pozicioniranja koji su dati u nastavku.

Za potrebe ispitivanja sinhronizacije vratila dva asinhrona motora, korišćen je i drugi motor sa svojim frekventnim pretvaračem ENC Eds-800, označenim pod rednim brojem 4.

Potreban uslov za sinhronizaciju motora po brzini ili poziciji je svakako postojanje dva ili više motora, kao i označavanje funkcije istima. Uvek je jedan glavni i on generiše referencu koju ostali prate. Na slici 3 označenim motorima 1 i 3 je odabrana funkcija, prvi je *eng. Slave* ili pomoćni, dok je drugi *eng. Master* ili glavni. Za potrebe ovog primera je izvršena sinhronizacija ili uparivanje dva motora po brzini.

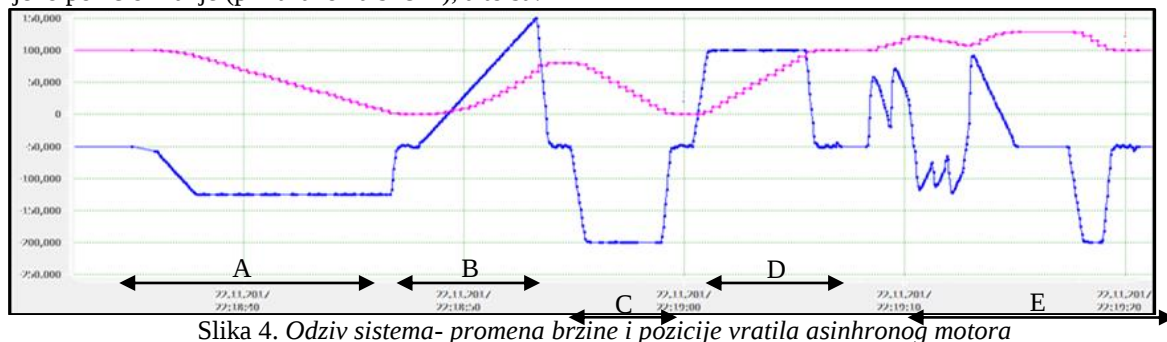
Pre puštanja u rad pažnju treba usmeriti na pravilnu povezanost između enkodera i pretvarača u oba slučaja, kako ne bi došlo do pozitivnih povratnih sprega u sistemu slave enkodera i njegovog pretvarača.

4.1. Primer apsolutnog i relativnog pozicioniranja

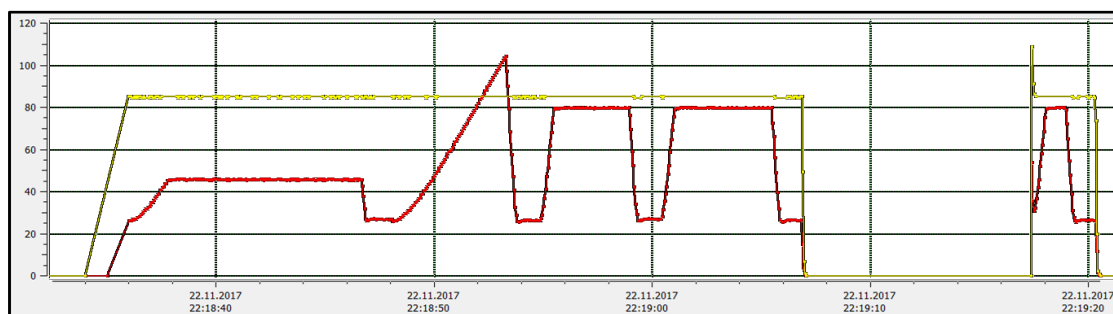
Pisanje programskog koda je izvršeno u Aposs-ovom alatu programa MCT-10. Pre pokretanja programski kod treba kompajlirati i preneti u pretvarač.

Treba napomenuti da se merna jedinica sistema izražava u *Quad Counts*-ma (qc), što predstavlja četvorostruki umnožak signala dobijenog sa enkodera. Odgovarajućim komandama se vrši zadavanje i pozicioniranje na apsolutni i relativni način respektivno. Programski kod u ovom primeru se sastoji iz nekoliko delova u kojima je primenjeno pozicioniranje (prikazano na slici 4), a to su:

- Odlazak na nultu poziciju- period A,
- Obrtanje k zadatih krugova u pozitivnom referentnom smeru- period B,
- Obrtanje k zadatih krugova u negativnom referentnom smeru- period C,
- Odlazak na poziciju 100.000 qc- period D,
- Ponovno vraćanje na prethodno dostignutu poziciju uz uslov da se ista menjala tokom perioda mirovanja motora (10 s) – period E.



Slika 4. Odziv sistema- promena brzine i pozicije vratila asinhronog motora



Slika 5. Odziv sistema- promena napona i struje

Odziv sistema je praćen Scope alatom i prikazan je na slici 4 i 5, gde su bojama predstavljeni: plava- brzina, ljubičasta- pozicija vratila, žuta- struja i crvena- napon motora.

Početni deo primera predstavlja realizaciju funkcije apsolutnog pozicioniranja odnosno odlazak na tačno definisanu poziciju bez obzira na trenutnu, period A na slici 4. Period B predstavlja obrtanje motora u jednu stranu zadati broj krugova. Nakon izvršavanja zadate komande, vrši se ponovno okretanje motora po istom principu ali u suprotnom smeru što predstavlja primer relativnog pozicioniranja. Označen je sa C, a razlikuje se od dela B po referentnoj vrednosti parametara ubrzanja koja je u prvom slučaju 6 puta manja i ogleda se kroz nagib krive brzine motora. Iste se razlikuju u oba slučaja. Kod relativnog načina pozicioniranja se zadata vrednost dodaje na trenutnu poziciju, dok se kod apsolutnog načina zadata vrednost dostiže bez obzira na početnu.

Nakon završetka perioda D i dostizanja zadate pozicije 100.000 qc, vrši se isključenje motora sa napajanja i sledi period mirovanja od 10 s- deo E. U njemu se izvršava uslovno ispitivanje promene položaja vratila motora nakon intervala od 10 s i vraćanje na prvobitnu poziciju (100.000 qc) ako je uslov potvrđan. Tokom perioda beznaponskog stanja motora, vratilo je ručnim putem nasumično pokretano u oba smera.

Sagledavanjem grafika na slikama 4 i 5 uočava se sličnost između funkcije brzine i napona motora (ljubičasta i crvena

kriva). Obe su gotovo podudarne pri čemu struja ima samo pozitivne vrednosti (prikazuju se samo efektivne vrednosti), dok za brzinu to nije slučaj. Minimalna promena struja se obrazlaže činjenicom da je eksperiment izvođen sa neopterećenim vratilom pa je iznos aktivne komponente struje bio minimalan odnosno veći deo snimljene struje motora čini pobudna komponenta. Sa slika se uočavaju periodi mirovanja- između delova grafika označenih slovima A, B, C, D i E. Praćeni su nultim vrednostima brzine. Što se tiče dela grafika kada su napon i struja na nultoj vrednosti, treba napomenuti da taj deo predstavlja period od 10 s kada je motor isključen sa napajanja. Na slici 4 se tada uočava testerasti odziv brzine, što prikazuje nasumično pokretanje vratila motora- deo E, nakon čega se sa velikom preciznošću sistem vraća na prvobitnu poziciju. Kao vrlo korisna mogućnost, pozicioniranje primenu nalazi u raznim elektromotornim pogonima gde su prisutni asinhroni motori i kojima je neophodno precizno upravljanje. Najčešće se susreću u alatnim mašinama, robotici, preciznim elevatorskim aplikacijama i slično.

4.2. Primer sinhronizacije po brzini

U nastavku prikazani primer rada elektromotornog pogona ilustruje način korišćenja kartice pozicione kontrole MCO 305 sa svojom mogućnošću sinhronizacije dva ili više motora po brzini. Za ovaj ogled je neophodno korišćenje drugog motora i pretvarača, označenih brojevima 3 i 4 na slici 3. Motor 3 sa ugrađenim enkoderom u ovom slučaju ima master ulogu, čijim se obrtanjem formira

referenca za prvi motor sa svojim enkoderom i time se izvršava sinhronizacija prvog sa drugim sistemom.

U datom primeru je master enkoder sa svojim motorom pokretan pretvaračem ENC Eds-800 i to u ciklusnom režimu, počev od frekvencije 2,5 Hz do 10 Hz u koracima po 2,5 Hz odnosno 4 režima rada sa različitim brzinama.

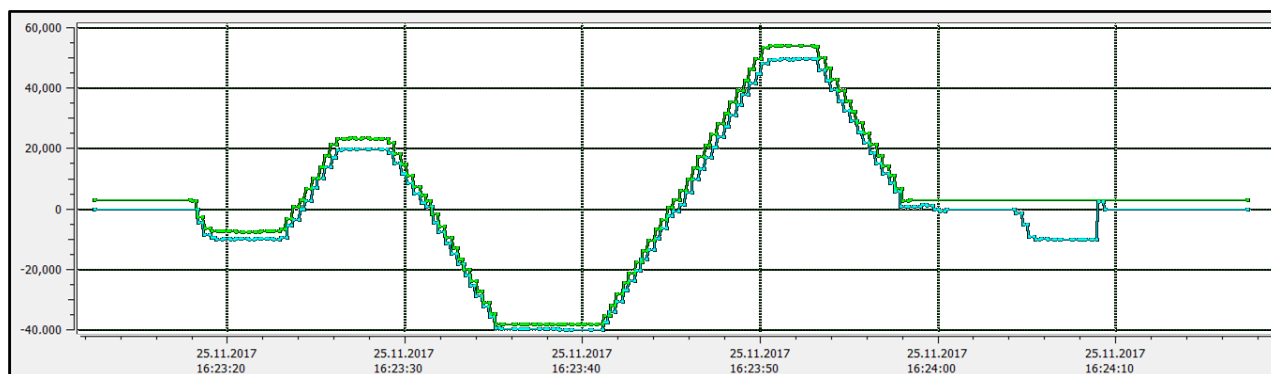
Izvršenjem programskog koda vrši se sinhronizacija motora po brzini što je vidljivo na slici 6.

Oba grafika prikazana na slici 6 su skoro podudarna i primeći se gotovo ista promena brzine u svim trenucima, počevši od stanja mirovanja. Kako su vertikalne ose u oba slučaja različite (prikazana je vertikalna osa slave enkodera), dolazi do izražaja minimalno odstupanje između grafika, posebno u ustaljenom stanju. Brzina master enkodera je veća onoliko puta koliko se rezolucije među enkoderima razlikuju i iznosi 3,6. Alatkom Scope-a se vrši svođenje grafika na istu rezoluciju, ali je vizuelno odstupanje neminovno. Nakon izvršene ciklusne radnje motora sa master enkoderom, sledi period mirovanja motora sa slave davačem položaja, a zatim pozicioniranje na nultu

vrednost. Sam kraj rada sistema predstavlja apsolutno pozicioniranje na početnu poziciju.

Sa grafika slike 6. se uočavaju linearne vrednosti ubrzanja i usporenja, potpuno iste kod oba motora, što govori o preciznosti rada kartice za kontrolu položaja MCO 305. Ako je reč o tačnosti dostizanja zadate vrednosti, ista se postiže uz minimalna odstupanja, pri čemu relativna greška iznosi oko 0,5 %.

Rad uređaja za kontrolu pokreta vratila asinhronog motora je takođe široko primenjiv u industrijskim elektromotornim pogonima, ali i u sistemima za transport robe i putnika. Česta upotreba u svim vidovima transportnih sistema sa više međusobno razdvojenih traka. Ogromna prednost sinhronizacije asinhronih motora se ogleda u izbegavanju korišćenja različitih prenosnih mehanizama, uglavnom mehaničkih (reduktori, kaišni prenosi, zupčanici i dr.) u kojima se javljaju gubici energije, potreba za dodatnim ulaganjem, kasnijem održavanjem, kao i smanjenom pouzdanošću sklopa.



Slika 6. Odziv sistema- promena brzine master i slave enkodera u [qc/s]

5. ZAKLJUČAK

Korišćeni uređaj za kontrolu položaja vratila asinhronog motora svakako ispunjava sve tehničke zahteve koje postavljaju današnji elektromotorni pogoni i umnogome ih unapređuje. Neke od najvažnijih osobina pomenutog jesu preciznost, pouzdanost i jednostavnost pri korišćenju.

Analizom je pokazan samo deo mogućnosti koji izabrani uređaj pruža. Potvrda da se ovako sofisticiranom opremom jednostavno upravlja te da se zamišljene operacije lako realizuju, svedoče o zrelosti proizvoda i njegovim sposobnostima. Izvršeni eksperimenti idu u prilog navodima. Ogledalo rada čini veliki broj prikupljenih informacija koje su predstavljene u vidu grafika i slika.

Stečena znanja imaju svoju svrhu jer se industrijski zahtevi danas vrlo lako mogu staviti u konotaciju preciznosti jer preciznost upravljanja dovodi i do veće efikasnosti sistema, smanjenju škarta i na kraju do dobijanja konkurentnih proizvoda.

Ukoliko se razmatraju dobijeni rezultati treba napomenuti da je ogled vršen u situaciji kada su motori bili neopterećeni. Od velikog značaja za shvatanje problematike bi značila analiza u kojoj su upravljani motori opterećeni, baš kao u stvarnim pogonima.

6. LITERATURA

- [1] V. Vasić, Đ. Oros, "Energetska elektronika u pogonu i industriji", FTN Izdavaštvo, 2012.

- [2] "Operating Instructions Programmable Motion Controller MCO 305", dostupno na: http://files.danfoss.com/documents/PE/doc_MG33K302.pdf
- [3] "VLT Automation Drives Series", dostupno na: https://www.galco.com/techdoc/dnfs/131u8975_sb.pdf
- [4] "Control of an industrial process using PID control blocks in automation controller", dostupno na: <https://lirias.kuleuven.be/bitstream/123456789/389331/1/Control+of+an+industrial+process+using+PID+control+blocks.pdf>
- [5] "MCO 305 Command Reference", dostupno na: <http://mediacache3.supplier.lemu.dk/v-636218112576189652/78/34/2198-a4d9-42d0-89cf-36472e93157d/vlt%C2%AE%20motion%20control%20mco%20305%20command%20reference%20guide.pdf>

Kratka biografija:



Vukašin Ognjenović rođen je u 1993. god. u Rumi. 2012 godine upisuje osnovne akademske studije na FTN-u Novi Sad, smer Energetika, elektronika i telekomunikacije. 2016. godine upisuje master akademske studije na istom fakultetu, smer Energetska elektronika i električne mašine.



Dragan Milićević rođen je 1977.god.u Tuzli. U zvanje docenta Univerziteta u Novom Sadu je izabran 2014.god. Oblast interesovanja su višefazne mašine, elektromotorni pogoni i obnovljivi izvori električne energije.

**KOMPENZACIJA REAKTIVNE SNAGE UZ UVAŽAVANJE
KVALITETA ELEKTRIČNE ENERGIJE****REACTIVE POWER COMPENSATION WITH CONSIDERATION
OF ELECTRICAL ENERGY QUALITY**

Tijana Nastasić, Savo Đukić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je analizirana kompenzacija reaktivne snage uz uvažavanje uticaja kvaliteta električne energije na istu. Data je definicija kompenzacije, opisane metode i načini kompenzacije, kao i neželjeni efekti uvođenja iste. Nakon toga opisan je uticaj harmonika na kompenzaciju. Na kraju rada opisan je praktični primer kompenzacije reaktivne snage jednog industrijskog postrojenja uz uvažavanje uticaja harmonika na istu.

Abstract – This paper analysis the reactive power compensation with consideration of electrical energy quality. It defines compensation, describes compensation methods, as well as the side effects of reactive power compensation. In addition, adverse impact of harmonics on the reactive power compensation is described. At the end, the practical example of reactive power compensation of industrial plant, with consideration of the impact of harmonics, is described.

Ključne reči: kompenzacija reaktivne snage, harmonik, industrijsko postrojenje.

1. UVOD

Kompenzacija reaktivne snage je proces koji je neophodan u elektroenergetskom sistemu, a posebno je izražen u velikim industrijskim postrojenjima, odnosno delovima mreže sa velikim brojem potrošača neomske prirode. Ovakvi potrošači unose fazne pomeraje, narušavaju simetriju, utiču na kvalitet električne energije, kao i na prenosne kapacitete elektroenergetskog sistema.

U ovom radu je data teorijska osnova koja objašnjava potrebu za kompenzacijom reaktivne snage, a zatim i praktičan primer kojim se predlaže usvajanje sistema kompenzacije jednog industrijskog postrojenja na osnovu izvršenih merenja i u skladu sa odgovarajućim propisima.

2. KOMPENZACIJA REAKTIVNE SNAGE

Termin kompenzacija se koristi kako bi se opisalo priključenje uređaja reaktivne snage na mrežu. Ovi uređaji mogu biti kapacitivne ili induktivne prirode, u zavisnosti od stanja mreže kojoj je kompenzacija neophodna. Kompenzacija predstavlja jako bitan proces u elektroenergetskom sistemu, jer su njeni benefiti višestruki: poboljšanje kvaliteta električne energije, smanjenje gubitaka, obezbeđivanje većih prenosnih kapaciteta [1], [2].

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Savo Đukić, docent.

2.1. Uređaji za kompenzaciju reaktivne snage

Uređaj koji se najčešće koristi za kompenzaciju reaktivne energije je kondenzator. Kada je priključen u induktivno kolo, njegova reaktivna komponenta poboljšava faktor snage. Kondenzator se primenjuje na dva načina [3], [4]:

- Paralelno povezan kondenzator koji se priključuje u cilju poboljšanja faktora snage.
- Serijski povezan kondenzator koji se priključuje u cilju anuliranja reaktivne komponente linijske impedanse vodova, koja izaziva padove napona i naponsku nestabilnost.

Reaktori se takođe primenjuju na dva načina [3], [4]:

- Paralelno povezan reaktor se koristi u mrežama sa pretežno kapacitivnim opterećenjem, gde reaktor apsorbuje višak kapacitivne snage.
- Redno vezan reaktor se koristi za ograničavanje velikih udarnih struja, koje se, na primer, mogu javiti prilikom uključivanja velikih banki kondenzatora. Takođe, imaju primenu i u ograničavanju struja kvara.

Sinhroni kompenzator je sinhroni motor u režimu bez mehaničkog opterećenja (prazan hod). Sinhroni kompenzatori mogu apsorbovati ili proizvoditi reaktivnu energiju, u zavisnosti od vrste pobuđenosti [5].

Statički Var kompenzatori se sastoje od paralelno povezanih kondenzatora i reaktora, kontrolisanih tiristorom. Statički Var kompenzatori obezbeđuju rešenje za dva tipa kompenzacijskih problema [5]:

- prvi slučaj je potreba za kompenzacijom kao posledicom induktivnog opterećenja, najčešće velikih industrijskih potrošača,
- drugi slučaj se odnosi na podršku naponu prenosnih vodova, pre svega održavanje stabilnosti pri promenama koje se javljaju varijacijom proizvodnje i opterećenja.

2.2. Metode kompenzacije reaktivne snage

Metode kompenzacije reaktivne snage su [6]:

- statička, i
- dinamička.

Statička kompenzacijska metoda je način upravljanja kompenzatorskim uređajem koji osigurava optimalnu kompenzaciju samo u nepromenljivim uslovima. U slučaju promene napona iznos reaktivne snage kompenzatora će se smanjiti ili povećati (injektiranje reaktivne snage se ne može prilagoditi novonastalim uslovima). Stoga se može zaključiti da statički

kontrolisani kompenzacijski sistemi ne mogu sprečiti naponski kolaps elektroenergetskog sistema [6].

Dinamička kompenzacijska metoda je način upravljanja kompenzacijskim uređajem koji osigurava optimalnu kompenzaciju u svim uslovima rada. Osim samog kompenzatora potreban je niz drugih pomoćnih uređaja (poput upravljačkog sistema), zbog čega su cena i kompleksnost dinamički kompenzovanih sistema veći od cene i kompleksnosti statički kompenzovanih. Dinamički kontrolisan kompenzacijski sistem može iznos reaktivne snage menjati nezavisno od naponskih prilika, tako da može sprečiti naponski kolaps elektroenergetskog sistema [6].

2.3. Načini kompenzacije reaktivne snage

Načini kompenzacije reaktivne snage su [6]:

- pojedinačna kompenzacija,
- grupna kompenzacija,
- centralna kompenzacija.

Kod pojedinačne kompenzacije, uređaj za kompenzaciju reaktivne snage priključen je neposredno na stezaljke potrošača, koji se uključuje i isključuje zajedno sa njim. Na taj način se štedi dodatna sklopka za sam uređaj za kompenzaciju. Grupna kompenzacija se primenjuje pri kompenzaciji elektromotornih pogona sa više manjih motora, npr. u okviru tekstilnog pogona za obradu i pakovanje. Uređaji za kompenzaciju se prema potrebi mogu uključivati grupno ili pojedinačno. Centralna kompenzacija se koristi u velikim postrojenjima sa mnogo malih i srednjih potrošača (motori i dr.) koji najčešće nisu istovremeno u pogonu i tada se uređaji za kompenzaciju reaktivne snage priključuju na glavnu sabirnicu. Vodovi od sabirnice do samih potrošača nisu rasterećeni od reaktivne struje i to je nedostatak centralne kompenzacije [6].

2.4 Neželjeni efekti kompenzacije

Mora se imati na umu da kompenzacijski uređaji mogu da uzrokuju i neke negativne posledice [2]:

- generisanje nedozvoljenih tranzijentnih stanja,
- generisanje viših redova harmonika,
- porast veličina viših harmonika,
- padovi napona, kao i kratkotrajni prenaponi.

Do svega ovoga može doći usled fenomena rezonancije, grešaka u dizajnu, korišćenja neadekvatne opreme ili pogrešne eksploatacije [2].

Najčešći neželjeni efekti kompenzacije reaktivne snage su rezonancija i Ferantijev efekat. Na specifičnoj frekvenciji, induktivna reaktansa distributivnog sistema se izjednačava sa kapacitivnom reaktansom, i ova pojava u sistemu se definiše kao rezonancija.

Primena kondenzatora za poboljšanje faktora snage mora se pažljivo planirati, da bi se izbegle neželjene harmonijske rezonancije u distributivnom sistemu naizmenične struje. Ferantijev efekat je efekat porasta napona na krajevima voda. Naime, dužina prenosnog voda ide i do 500 km. Kao rezultat, elektromagnetni talasi kod dugih vodova jedva dosežu njegov kraj, tako da napon na početku voda i napon na kraju voda nisu u fazi kao rezultat ovog fenomena. Ovaj fazni pomeraj, koji nije posledica ni faktora snage ni fizičkog pomeraja rotora generatora, naziva se Ferantijev efekat [3].

3. HARMONICI I NJIHOV UTICAJ NA KOMPENZACIJU

Talasni oblici napona i struje mogu se predstaviti kao suma jednosmerne komponente i sinusnog oblika sa fundamentalnom frekvencijom ω_1 [7]:

$$V(t) = V_0 + \sum_{h=1}^N V_h \sin(h\omega_1 t + \delta_h), \quad (1)$$

$$I(t) = I_0 + \sum_{h=1}^N I_h \sin(h\omega_1 t + \theta_h), \quad (2)$$

gde su:

h – red harmonika,

t – vreme,

N – broj harmonijskih redova,

δ_h – ugao pomeraja napona h -tog reda harmonika,

V_0 – jednosmerna komponenta napona,

V_h – napon h -tog reda harmonika,

I_0 – jednosmerna komponenta struje,

I_h – struja h -tog reda harmonika,

θ_h – ugao pomeraja struje h -tog reda harmonika.

Jednačine napona i struje predstavljaju sinusne oblike celobrojnog umnoška osnovne frekvencije koji se nazivaju harmonici. Efektivna vrednost talasnog oblika struje može se izračunati sledećom formulom, za koju je neophodno znati amplitudu svakog harmonika [7]:

$$I_{rms} = \sqrt{\sum_{h=1}^{\infty} (I_h)^2}. \quad (3)$$

Harmonijska opterećenja mogu da se klasifikuju kao linearna i nelinearna. Linearna opterećenja koja proizvode harmonike jesu uređaji sa jezgrom od gvožđa, koji rade u saturaciji (zasićenju) gvoždenog jezgra. Takođe, u zavisnosti od koraka navijanja, i motori i generatori mogu da proizvode harmonike. Nelinearna opterećenja ne daju sinusni oblik struje. Prevelika prisutnost ovih uređaja ima za posledicu pregrevanje provodnika i transformatora, neadekvatno reagovanje rasklopne opreme, kvar kondenzatora i elektronske opreme [7].

4. PRAKTIČAN PRIMER KOMPENZACIJE INDUSTRIJSKOG POSTROJENJA

U ovom poglavlju je opisan primer kompenzacije industrijskog postrojenja kompanije Grundfos Srbija, kao i uticaj koji je kvalitet električne energije imao na izbor načina kompenzacije. Stari način kompenzacije podrazumevao je polja kompenzacije sa jednakim koracima (50 kVAr), kojima se upravljalo kontaktorima. U jednom od polja kompenzacije je došlo do havarijskog stanja – požara izazvanog pregrevanjem kontakata jednog kontaktora. Do pregrevanja je došlo zbog odsustva prigušnica koje bi regulisale prisustvo viših harmonika. Ovaj nedostatak nije odmah bio primećen, dok proizvodno postrojenje nije počelo da se širi većim intenzitetom i da troši električnu energiju sa većom snagom. U nastavku su analizirani rezultati dobijeni merenjem, a potom je predložena adekvatna kompenzacija, u cilju korekcije faktora snage uz adekvatan kvalitet električne energije.

4.1 Analiza rezultata merenja

Merenje parametara u transformatorskoj stanici rađeno je za vreme postojanja starih polja kompenzacije, odnosno, pre same rekonstrukcije, u cilju provere neadekvatno

odabrane postojeće. Tokom noći, kompenzacija reaktivne snage nije bila uključena (iz sigurnosnih razloga), ali su se za vreme prve proizvodne smene (onda kada rade sve proizvodne linije i administracija) uključivala sva polja kompenzacije.

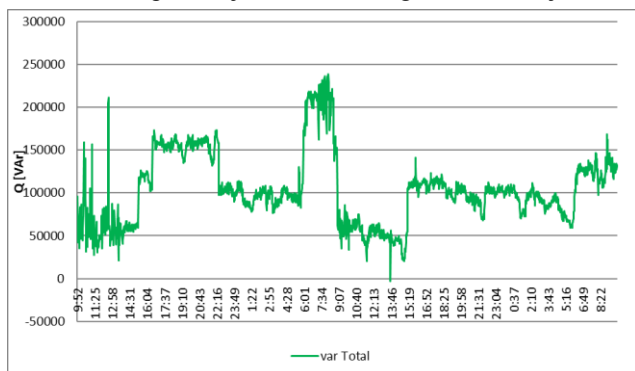
U Tabeli 1 dat je uporedni prikaz mesečnih potrošnji aktivne i reaktivne energije po transformatorima i učešće potrošnje reaktivne energije datog transformatora u ukupnoj potrošnji reaktivne energije fabrike.

Tabela 1. *Potrošnja aktivne i reaktivne energije po transformatorima*

	AE_m [kWh]	RE_m [kVArh]	AE_ mesec [kWh]	RE_ mesec [kVArh]	Udeo u potrošnji RE	PF
T1	82543	74267	283123	254737	59,95%	0,74
T2	82548	27359	283139	93841	22,09%	0,95
T3	60543	22236	207662	76272	17,95%	0,94
T4	206	15	708	51	0,01%	0,99
Ukupno			774632	424900	100%	0,87

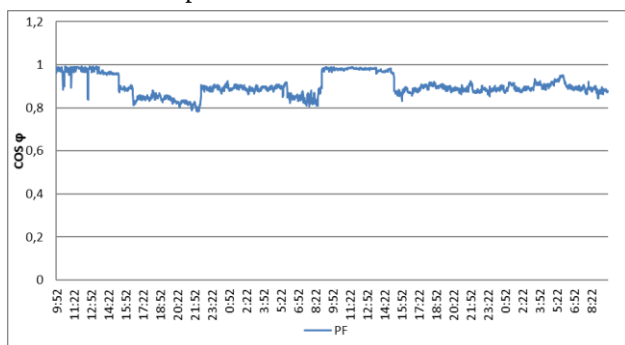
4.2 Prikaz rezultata merenja

Merenje je izvršeno na niskonaponskom prekidaču transformatora T1. Ovim merenjem obuhvaćeni su potrošači unutar proizvodne hale. Iako su merenja vršena tokom sedam dana, na graficima su prikazane vrednosti tokom 2 dana. Potrošnja reaktivne snage prikazana je na Slici 1. Vršna vrednost je u jutarnjim časovima (pokretanje mašina koje predstavljaju velika induktivna opterećenja), a tokom rada potrošnja reaktivne snage se stabilizuje.



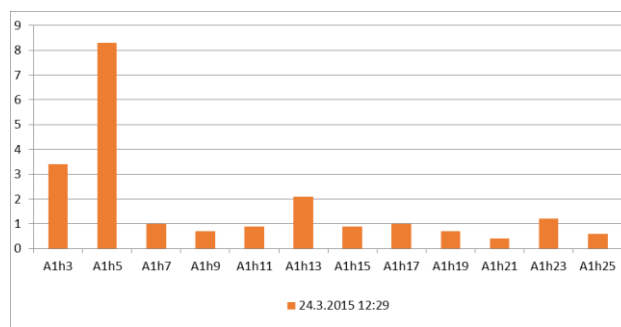
Slika 1. *Reaktivna snaga*

Faktor snage, kao osnovni pokazatelj kompenzacije reaktivne snage, prikazan je na Slici 2. Njegova vrednost se kreće od 0,8 do 1 u merenom periodu. Jedan od glavnih motiva za poboljšanje faktora snage je povećanje iskorišćenosti kapaciteta transformatora.



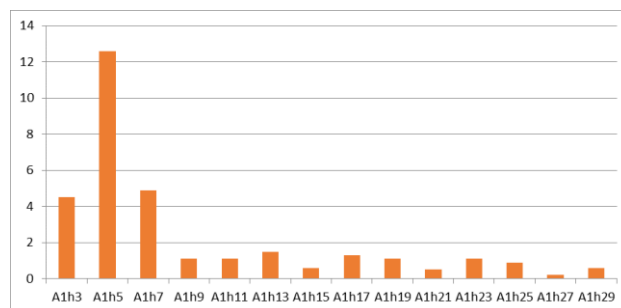
Slika 2. *Faktor snage*

Na Slici 3 prikazano je prisustvo viših harmonika struje u nasumično odabranom trenutku, kada je kompenzacija reaktivne snage uključena.



Slika 3. *Harmonici struje kada je uključena kompenzacija*

Na Slici 4 prikazano je prisustvo harmonika struje u nasumično odabranom trenutku, ovog puta sa isključenom kompenzacijom.



Slika 4. *Harmonici struje kada je isključena kompenzacija*

Poređenjem strujnih harmonika sa uključenom i isključenom kompenzacijom može se primetiti da se intenziteti 5-tog i 7-mog harmonika smanjuju sa uključenjem kompenzacije kao posledica prisustva filtera (prigušnice relativne impedanse), čime se potvrđuje da je nedostatak istih uzrok nastalog havarijskog stanja.

4.3 Predložena kompenzacija reaktivne snage

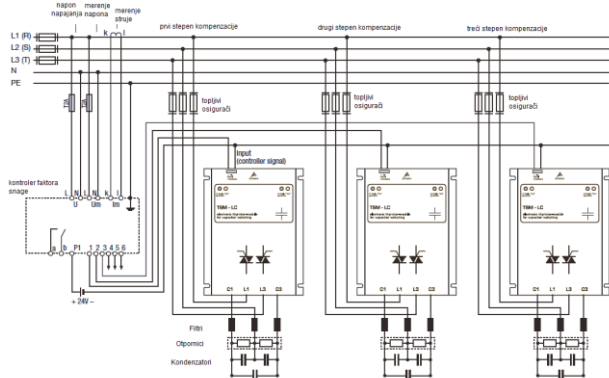
Predloženim rešenjem predviđen je blok kompenzacije ukupne reaktivne snage 560 kVA. Regulacija faktora snage ($\geq 0,95$) vrši se pomoću mikroprocesorskog kontrolera, sa displejom i funkcionalnom tastaturom. Tačne vrednosti predložene kompenzacije date su u Tabeli 2. Od četiri polja kompenzacije napravljeno je jedno, izmešteno u odnosu na prostoriju u kojoj se nalaze transformatori.

Ovim je dodatno isključena mogućnost ponovnog havarijskog stanja (uzrokovanog kompenzacijom) na transformatorima. Kako su u staroj izvedbi korišćeni nedovoljno efikasni kontaktori za upravljanje kondenzatorskim baterijama, u novoj izvedbi su uvedeni tiristori, što predstavlja jednu od savremenijih izvedbi upravljanja kompenzacijskim uređajima.

Tabela 2. *Vrednosti predložene novim načinom kompenzacije*

	Snaga	Koraci	Fiksni	Prekidači	Filter
T1	560 kVA	2x40 + 6x80	40 kVA	Tiristori	7%

Način povezivanja kondenzatora u okviru bloka kompenzacije reaktivne snage prikazan je na Slici 5.



Slika 5. Način povezivanja višestepene kompenzacije

5. ZAKLJUČAK

Ovim radom obrađena je kompenzacija reaktivne snage sa aspekta uticaja kvaliteta električne energije na istu. Opisane su metode i načini kompenzacije, uređaji za kompenzaciju, kao i neželjeni efekti uvođenja iste.

Na kraju rada dat je opis konkretnog primera kompenzacije jednog industrijskog pogona. Do potrebe za promenom sistema kompenzacije je došlo postepenim povećavanjem broja potrošača u pogonu, što je loše uticalo na kvalitet električne energije, što zbog dinamike opterećenja, što zbog tipa priključenih potrošača. Novi način kompenzacije je rešio problem prisustva petog i sedmog harmonika napona i struje, i to uvođenjem adekvatnih prigušnica, koje u staroj izvedbi kompenzacije nisu bile predviđene.

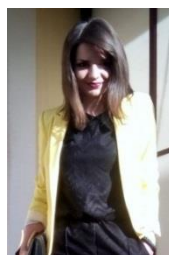
U predstavljenim analizama obrađen je samo najkritičniji transformator (najopterećeniji i sa najmanjim faktorom snage).

Zaključno se može naglasiti da je adekvatno odabrana kompenzacija jednog ovakvog industrijskog postrojenja neophodna pre svega sa strane bezbednosti, a tek onda sa ekonomskog aspekta.

6. LITERATURA

- [1] Jank de Kockm, "Practical Power Distribution for Industry", ELSEVIER, 2004.
- [2] Ramasamy Nataraj, "Power System Capacitors", CRC Press, 2005.
- [3] Jerry C. Whitaker, "AC Power Systems Handbook", Third edition, CRC Press, 2007.
- [4] K.C. Agrawal, "Industrial Power Engineering and Applications Handbook", Newnes, 2001.
- [5] Jakub Kebka, "Reactive Power Compensation", Master Thesis, Wroclaw University of Technology.
- [6] Gojko Dotlić, "Elektroenergetika", Treće izdanje, Smeits, 2004.
- [7] Paul Gill, "Electrical Power Equipment Maintenance and Testing", Second edition, CRC Press, 2009.

Kratka biografija:



Tijana Nastasić rođena je u Novom Pazaru 1992. god. Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu upisala je školske 2011/2012. godine. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva, smer Elektroenergetski sistemi, odbranila je 2015. godine. Diplomski – master rad iz oblasti Elektrotehnike i računarstva, smer Distribuirani elektroenergetski resursi, odbranila je 2018. godine.



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.

РЕАКТИВНО ПРОГРАМИРАЊЕ АНДРОИД АПЛИКАЦИЈА**REACTIVE PROGRAMMING OF ANDROID APPS**Младен Коцо, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО**

Кратак садржај – У раду су анализирани RxJava и RxAndroid оквири за реактивно програмирање Андроид мобилних апликација. Специфицирани су захтеви и дизајн и имплементирана је и тестирана Школадроид Андроид апликација, апликација која приказује информације о школама у Србији које су објављене помоћу отвореног API-ја, да би се демонстрирао поступак развоја мобилних апликација коришћењем ових оквира.

Abstract – The paper analyses RxJava and RxAndroid Android app development frameworks. It specifies the requirements and the design and describes the implementation and the testing of Школадроид Android app, an app that displays information about schools in Serbia published by an open API, as a demonstration of development process using those frameworks.

1. УВОД

У последње време расте популарност реактивног начина израде Андроид мобилних апликација. Реактиван начин израде омогућава ReactiveX [1] библиотека која је доступна за разне програмске језике. Комбинација RxJava [2] и RxAndroid [3] оквира се користи за израду матичних Андроид мобилних апликација.

2. РЕАКТИВНО ПРОГРАМИРАЊЕ RXJAVA

ReactiveX је библиотека за имплементацију асинхроних операција и програма вођених догађајима. ReactiveX библиотека је доступна за разне програмске језике. За програмирање Андроид апликација може се користити RxJava оквир. Реактивно програмирање је засновано на концепту тока података и обсервер софтверског обрасца (енг. *observer pattern* [4]). Идеја је да се подаци не добављају директно него да се претплатимо (енг. *subscribe*) на извор података и добијемо обавештење о доступности података када подаци постану доступни.

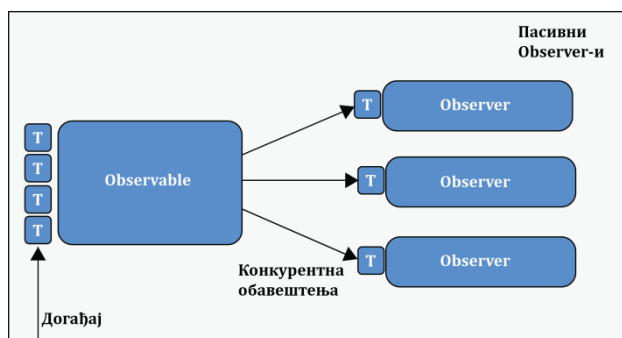
НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Стеван Гостојић, ванр. проф.

2.1 Observer pattern

RxJava оквир користи Observer софтверски образац. Observer образац садржи један Observable објекат и један или више Observer објеката који су претплаћени на Observable објекат. Када се претплате, свака промена на Observable објекту шаље се Observer објектима као обавештења. Ова обавештења могу бити синхрона или асинхрона у зависности од имплементације.

RxJava користи Observable образац тако што Observer и Observable имају специфичан тип догађаја. Тип догађаја је најчешће листа неких елемената. RxJava нам даје могућност трансформисања те листе. Када се деси догађај на Observable, тај догађај је неког типа догађаја и сви претплаћени Observer-i који су истог типа догађаја добијају обавештење. Ова обавештења се шаљу конкурентно (слика 2.1).



Слика 2.1 Observer софтверски образац у RxJavi

RxJava оквир повећава скалабилност, отпорност на грешке и одзив апликације. Конкурентно извршавање операција омогућава побољшање перформанси апликације.

2.2 Ламбда изрази

Ламбда израз може се схватити као један начин за имплементацију анонимних класа у Јави и често се користи у RxJavi. Тип ламбда изрази је функционални интерфејс. Функционални интерфејс је нови концепт у Јави 8 и представља интерфејс са једном апстрактном методом.

Референца на методу (енг. *method references*) је краћи начин да се напише ламбда израз.

2.3 Основни елементи RxJave

Rx Observer Pattern је заснован на пет основних елемената: Observer, Observable, Schedulers, Subscription и Subject.

2.5.1 Observer

Да би се добиле информације од Observable објекта потребно је имплементирати Observer интерфејс и

претплатити се на имплементацију *Observable* објекта. *Observable* и *Observer* објекти комуницирају помоћу три основне методе: *onNext*, *onCompleted* и *onError*.

2.5.2 Observable

Постоје два различита типа *Observable* објекта која су подржана у *RxJava*: блокирајући и неблокирајући. *Observable* подразумевано користи једну нит, па потребно је експлицитно затражити да се *Observable* изврши у другој нити.

2.5.3 Врсте нити у RxJava

RxJava дозвољава да се одреди у којој нити ће се извршити код помоћу *Schedulers* класе. *Schedulers* класа омогућава руковање нитима позивом метода које одговарају типовима нити: *io*, *newThread*, *computation*, *currentThread*, *immediate*, *executor* и *mainThread* нити.

2.5.4 Деловање Observable на Schedulers

Observable поседује две методе које могу да утичу на извршавање *Schedulera*. Прва је *subscribeOn* метода која омогућава одређивање где ће *Observable* да се изврши и емитује податке. Друга је *observeOn* метода која омогућава да преусмеримо *Observable* који емитује неке податке на други *Schedulers* (тј. променимо нит на коју ће *Observable* слати обавештења). Могуће је користити више *observeOn* метода у једном току података, док је методу *subscribeOn* је могуће користити само у једном току података.

2.5.5 Subscription interface

Subscription представља везу између *Observable* објекта и *Observer* објекта. Када се *Observer* претплати на *Observable* тада се ствара *Subscription*. *Subscription* објекат има *unsubscribe* методу која се позива да би развезали *Observer* од *Observable* објекта.

2.5.6 Subject

Subject је повезан и са *Observable* и са *Observer* објектима и омогућава комуникацију са *Observer*-ом и слање вредности *Observable*-у. *Subjects* је интерфејс који има четири предефинисане имплементације: *PublishSubject*, *BehaviorSubject*, *AsyncSubject*, *ReplaySubject*.

2.4 RxJava2

RxJava1 у пракси не подржава довољно добро *backpressure* (контролисање колико брзо ће неки извор емитовати податке).

RxJava2 оквир решава тај проблем. *Backpressure* у *RxJava2* је решен тако што уводи тип података који подржава *backpressure* (*Flowable*) и типове података који га не подржавају (*Single*, *Maybe* и *Completable*). Због ове промене измењена је у одређеној мери и синтакса оквира.

2.5 RxAndroid

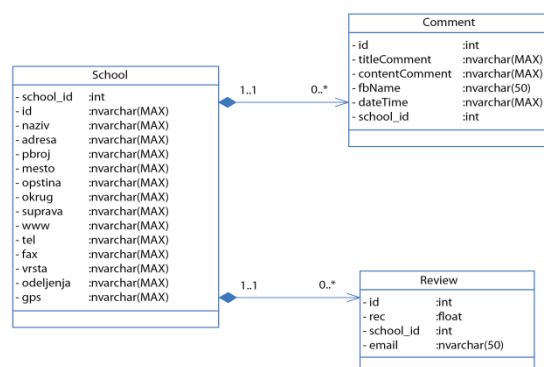
RxAndroid оквир је скуп библиотека које нам омогућавају реаговање на догађаје које изазива корисник. Омогућава употребу *RxJava* оператора за трансформисање података у реалном времену. Ово доприноси једноставнијем изворном коду апликације.

3. СПЕЦИФИКАЦИЈА ЗАХТЕВА

Као пример употребе *RxJava* оквира имплементирана је Школадроид мобилна апликација. Апликација подржава пријаву корисника користећи Facebook друштвену мрежу. Такође, пружа информације о основним и средњим школама, приказ установа у листи, приказ установа на мапи и омогућава њихово оцењивање, коментарисање и претраживање.

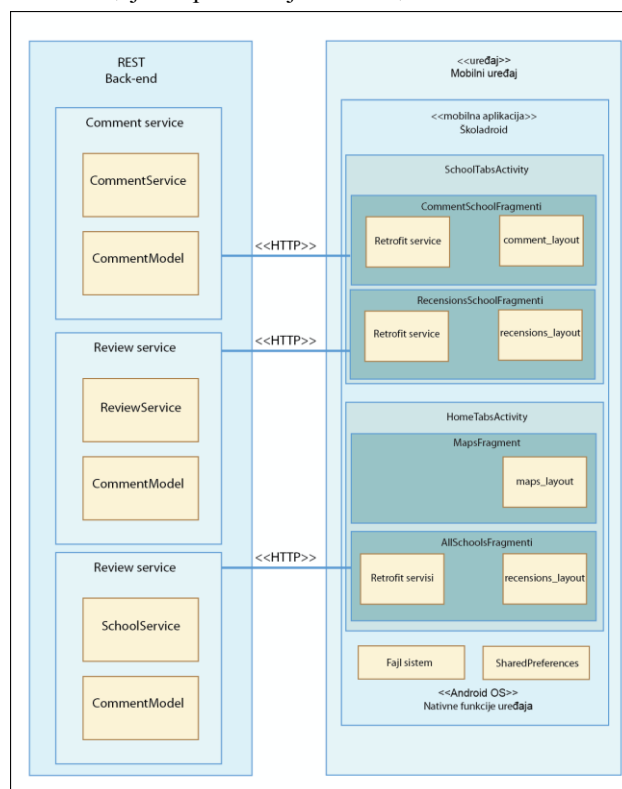
4. СПЕЦИФИКАЦИЈА ДИЗАЈНА

Модел података Школадроид мобилне апликације садржи три класе: *School* (школа), *Comment* (коментар) и *Review* (рецензија). Приказан је на слици 4.1.



Слика 4.1 Дијаграм класа Школадроид апликације.

Дијаграм распореда чини софтверску архитектуру апликације и приказан је на слици 4.2.



Слика 4.2 Дијаграм распореда.

Мобилни уређај на којем се извршава апликација садржи две компоненте: оперативни систем и мобилну апликацију. Апликација се састоји од неколико компоненти. Пословну логику апликације имплементирају контролери и сервис имплементирани користећи комбинацију *RxJava* оквира и *Retrofit*. Кориснички интерфејс апликације имплементирају активности, фрагменти и *XML* датотеке у којима је декларисан изглед корисничког интерфејса.

5. ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА

За имплементацију клијентског дела апликације је коришћен Јава програмски језик и *RxJava2* оквир за реактивно програмирање. Поред оквира за реактивно програмирање *RxJava2* и *RxAndroid*, коришћени су и други оквири као што је *Realm* [5] оквир за рад са базом података, *Retrofit* [6] оквир за рад са веб сервисима, *DaggerInjecion* [7] оквир за *dependency injection* и *ButterKnife* [8] оквир за повезивање података. *BackEnd* сервис Школадроид апликације су имплементирани користећи *ASP.NET* [9] у комбинацији са *MSSQL* [10] сервером користећи *VisualStudio* [11] радно окружење. Комуникација се одвија користећи *HTTP* протокол, слањем и примањем података у *JSON* формату по *REST* принципима.

5.1 Почетак рада са RxJava оквиром

Да би се могла користити *RxJava* неопходно је инсталирати софтвер *Android Studio* [12] који је тренутно најбољи софтвер за израду матичних Андроид мобилних апликација. Да би се могла користити *RxJava* потребно је додати у *build.gradle(project)* неходне библиотеке за коришћење *RxJava*. Пошто коришћење *RxJava* захтева Ламбда изразе неопходно је додати и ту библиотеку *build.gradle (project)* фајл

5.2 Управљање подаци

За управљање подацима коришћени су *SharedPreferences* и *Realm*. *SharedPreferences* користи се за чување мање количине података у формату кључ вредност. *Realm* је *NoSQL* објектно оријентисана база података што значи да се подацима приступа као Јава објектима. *Realm* интерно не користи *SQLite* и много је бржа од *SQLite* базе података и свих њених омотача.

5.3 Retrofit

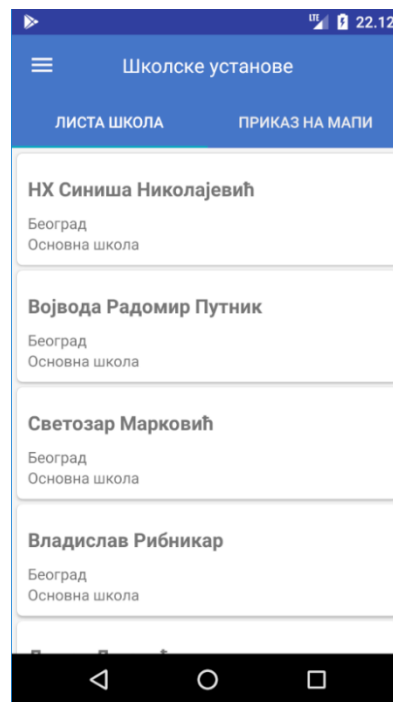
Retrofit је оквир за имплементацију *RESTful* клијената за Андроид мобилне апликације који олакшава примање и слање *JSON* докумената од клијента на сервис и од сервиса на клијента. *Retrofit* се може користити у комбинацији са *RxJava2*.

5.4 RxBind

RxBind је део *RxAndroid* оквира који служи за повезивање података. *RxBind* омогућава да, користећи спајање претворимо било који *Android view* у *Observable* објекат. Једном када претворимо неки *view event* у *Observable*, биће емитовани догађаја као ток података који су изазвани на *UI*. На тај ток догађаја могуће је извршити *subscribe* као на било који *Observable*.

5. ДЕМОНСТРАЦИЈА

Након пријаве корисника или прескакања пријаве приказује се екран који има две картице. Прва картица приказује листу свих основних и средњих установа на територији Републике Србије (слика 5.1), а на другој картици се налази мапа тих установа.



Слика 5.1 - Листа свих основних и средњих установа

6. ЗАКЉУЧАК

Задатак овог рада је анализа реактивног програмирања користећи *RxJava* и *RxAndroid* оквира и њихова примена у имплементацији Андроид апликације.

RxJava је оквир за реактивно програмирање који може да се користи за програмирање Андроид апликација. Реактивно програмирање је нови концепт који се заснива на *Observer* софтверском обасцу. *RxJava* ставља акценат на ток података и омогућава извршавање операције над подацима.

Једна од предности *RxJava* оквира је у томе што олакшава рад са нитима. Довољно је задати на којој нити ће се неки посао извршити, а *RxJava* се сама побрине за остало. *RxAndroid* оквир омогућава и једноставно реаговање на догађаје изазване од стране корисника, па је апликација много једноставнија.

Мане *RxJava* је то што мења начин израде Андроид мобилних апликација, тачније мења целу архитектуру израде апликације, па је потребно уложити додатно време за обуку.

Планирано је да се имплементирају додатне функције као што су пријава користећи *e-mail* адресу и друге друштвене мреже. Такође би била корисна функција дељења информација о установама путем друштвених мрежа, додавање фотографија у коментарима (на пример, како бих се могао видети физички изглед школе) и коришћење GPS за навигацију корисника до жељене школске установе користећи Google Maps.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] ReactiveX <http://reactivex.io/>
- [2] RxJava <https://github.com/ReactiveX/RxJava>
- [3] RxAndroid <https://github.com/ReactiveX/RxAndroid>
- [4] Observer pattern <https://patternobserver.com/>
- [5] Realm <https://realm.io/docs/>
- [6] Retrofit <http://square.github.io/retrofit/>
- [7] DaggerInjecion <http://square.github.io/dagger/>
- [8] ButterKnife <http://jakewharton.github.io/butterknife>
- [9] ASP.NET <https://www.asp.net/>
- [10] MSSQL <https://www.microsoft.com/en-us/sql-server/>
- [11] VisualStudio <https://www.visualstudio.com>
- [12] AndroidStudio <https://developer.android.com/studio>

Кратка биографија:



Младен Коцо рођен је 1991. године у Новом Саду. Дипломски рад завршио је 2015. године на департману за Графичко инжењерство и дизајн на Факултету техничких наука, док је разлику предмета за Рачунарске науке и информатику завршио средином 2017 године такође на Факултету техничких наука у Новом Саду. Положио је све испите предвиђене студијским програмом.

IMPEDANTNE METODE ZA LOKACIJU KVARA

IMPEDANCE METHODS FOR FAULT LOCATION

Jovana Mitrović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je dat pregled impedantnih metoda koje se koriste za lociranje kvarova u prenosnim i distributivnim mrežama. Svaka metoda ima specifične zahteve za ulaznim podacima i izvodi određene pretpostavke prilikom izračunavanja lokacije kvara. Podeljene su u dve grupe – metode jednog i metode dva kraja. Opisane su najvažnije karakteristike svake metode i urađeno je njihovo poređenje.

Abstract – This paper gives a review of impedance-based methods for fault location in transmission and distribution networks. Each method has specific requirements for input data and performs certain assumptions when calculating fault location. These methods are divided into two groups: one-ended and two-ended methods. The most important characteristics of each method are described and their comparison is made.

Ključne reči: Lokacija kvara, metode jednog kraja, metode dva kraja, impedansa.

1. UVOD

Usled ubrzanog rasta elektroenergetskih sistema tokom poslednjih decenija javljaju se zahtevi za obezbeđivanje kontinuiranog i dobrog kvaliteta napajanja, bez značajnog povećanja troškova energije koja se isporučuje. Kontinuitet napajanja, sigurnost i pouzdanost imaju važnu ulogu u savremenim energetske sistemima. Kao rezultat, povećana je potražnja za visokokvalitetnim zaštitnim sistemima, a upravljački uređaji zajedno sa dodatnom opremom su postali od velikog značaja. Među različitim funkcijama ovih uređaja, određivanje lokacije kvara se smatra veoma važnim.

Problem lociranja kvara može se podeliti na više manjih problema u vezi sa tipom mreže i tipom kvara. Na osnovu osobina mrežnog modela i dostupnosti merenja razvijene su različite impedantne metode. Poznavanjem njihovih najbitnijih specifikacija, moguće je za različite scenarije odrediti najoptimalniju metodu.

U drugoj glavi opisan je pojam lokacije kvara. To je prva akcija koju je potrebno izvršiti u sklopu upravljanja kvarovima, kako bi se stekli uslovi za izvršavanje preostalih akcija (izolacija, restauracija). Njihov cilj je da osiguraju pouzdan pogon, a to bi značilo da se što većem broju potrošača u najkraćem mogućem vremenu obnovi napajanje. Poznavanje lokacije kvara značajno je i u slučaju prolaznih i u slučaju trajnih kvarova.

NAPOMENA:

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

U trećoj glavi dat je pregled i kratak opis impedantnih metoda za određivanje lokacije kvara u prenosnim mrežama.

U četvrtoj glavi su navedene impedantne metode za određivanje lokacije kvara u distributivnim mrežama. Iznete su najvažnije karakteristike svake od njih.

U glavi pet je prikazano poređenje metoda prema njihovim najvažnijim karakteristikama. Nakon zaključka iznetog u šestoj glavi, navedena je literatura korišćena za realizaciju ovog rada.

2. LOKACIJA KVAROVA

Vodovi za prenos i distribuciju mogu biti pod uticajem prolaznih i trajnih kvarova. Prolazni kvarovi, koji su najčešće na vazdušnim vodovima, u mnogim slučajevima mogu se sami eliminisati. Kao posledica, kontinuitet napajanja nije trajno pogođen. Nakon pojave trajnog kvara zaštitna relejna oprema, pomoću prekidača, omogućava deenergizovanje deonice pod kvarom.

Prolazni kvarovi se spontano eliminišu i ne utiču na kontinuitet snabdevanja, ali lokacija takvih kvarova je takođe važna. U ovom slučaju, lokacija kvarova može pomoći u identifikaciji kritičnih mesta u mreži i trebalo bi je uključiti u rasporede održavanja, kako bi se izbegli ozbiljni problemi u budućnosti.

U slučaju trajnih kvarova, napajanje se može vratiti nakon što ekipa za održavanje završi popravku deonice sa kvarom. Iz tog razloga se mora poznavati lokacija kvara, inače čitav vod mora biti pregledan da bi se pronašlo mesto oštećenja. Poznavanje lokacije kvara ili lociranje istog sa velikom preciznošću omogućava uštedu novca i vremena utrošenog na pregled i popravku, a zahvaljujući mogućnosti bržeg obnavljanja napajanja omogućeno je i pružanje bolje usluge potrošačima.

Najčešće se koristi automatska lokacija kvarova. Zasniva se na određivanju fizičke lokacije kvara pomoću obrade vrednosti naponskog i strujnog merenja.

Korišćenje napona i struja na terminalima, zajedno sa parametrima vodova, predstavlja najjednostavniji način utvrđivanja lokacije kvara. Pretpostavlja se da je izračunata impedansa deonice pod kvarom merilo razdaljine do mesta kvara.

Metode koje spadaju u ovu kategoriju nazivaju se impedantne metode za lociranje kvarova. One su ekonomične i jednostavne za primenu. U zavisnosti od ulaznih signala lokatora kvarova, ove metode se mogu dalje klasifikovati. Njihova formulacija i opis će biti predstavljeni u narednim poglavljima.

3. LOKACIJA KVAROVA U PRENOSNIM MREŽAMA

Većina dosadašnjih istraživanja imala je za cilj pronalazak lokacije kvara na dalekovodima. Jedan od razloga je u velikom uticaju kvarova na dalekovodima na rad celokupnog elektroenergetskog sistema. Takođe, primetan je uticaj na vreme potrebno da se fizički pronađe lokacija kvara, koje je mnogo duže nego kod kvarova na drugim komponentama sistema.

U velikom broju slučajeva kvarovi se manifestuju mehaničkim oštećenjima, koja se moraju popraviti pre nego što se vod vrati u pogon. Restauracija se može ubrzati ako je poznata lokacija kvara ili ako može biti procenjena sa velikom tačnošću.

Ove metode se temelje na računanju impedanse na osnovu izmerenih vrednosti napona i struje. Poznavanje impedanse kratkog spoja omogućava da se identifikuje mesto kratkog spoja u mreži. U zavisnosti od toga da li se koriste merenja sa jednog ili oba kraja voda, metode se klasifikuju na sledeći način:

1. Metode jednog kraja.
2. Metode dva kraja.

3.1. Impedantne metode jednog kraja

Ove metode procenu lokacije kvara vrše analizom prenosnog voda sa jednog kraja. Fazori napona i struja zabeleženi pomoću mernih uređaja na jednom kraju tokom kvara koriste se za određivanje merene impedanse i lokacije kratkog spoja. S obzirom na impedansu dalekovoda, jednostavno se može dobiti rastojanje do kvara. Prednosti upotrebe jednokrajnih algoritama su jednostavna implementacija, razumna procena lokacije kvara i zahtevi za podatke sa samo jednog kraja voda.

Jednačina (1) je fundamentalna jednačina za jednokrajne impedantne metode lokacije kvara. Pošto se koriste merenja sa samo jednog kraja voda (G), jednačina ima tri nepoznate - m , R_F i I_F [1]:

$$Z_{app} = \frac{V_G}{I_G} = mZ_L + R_F \left(\frac{I_F}{I_G} \right), \quad (1)$$

gde su:

- Z_{app} - merena impedansa do mesta kvara,
- m - lokacija kvara,
- Z_L - podužna impedansa voda,
- V_G , I_G - napon i struja mereni sa G kraja,
- R_F , I_F - otpor i struja kvara.

Kako bi se eliminisali otpor i struja kvara R_F i I_F iz izračunavanja lokacije kvara, nekoliko algoritama je razvijeno:

1. Metoda reaktanse.
2. Takagi metoda.
3. Modifikovana Takagi metoda.
4. Eriksonova metoda.
5. Novoselova metoda.

Metoda reaktanse najjednostavniji je od svih algoritama za lociranje kvara. Tačnost ove metode, međutim, smanjuje se zbog otpornosti kvara, struje opterećenja i daljinskog upravljanja u nehomogenom sistemu.

Naredni algoritmi lociranja kvarova su razvijeni da bi se rešili gore navedeni izvori greške. Takagi metoda poboljšava performanse metode reaktanse oduzimanjem struje opterećenja od ukupne struje kvara. Ona je robusna za učitavanje, ali osetljiva na daljinsko upravljanje. Modifikovana Takagi metoda i Eriksonova metoda koriste parametre impedanse izvora kako bi se eliminisala bilo koja greška uzrokovana opterećenjem i udaljenim napajanjem. Preciznost lokacije kvara zavisi od tačnosti poznavanja impedanse izvora. Novoselova metoda predstavlja modifikovanu verziju Eriksonove metode i primenjuje se za lociranje kvara na kratkom, radijalnom, prenosnom vodu. Pri analizi se smatra da je svo opterećenje na dalekovodu povezano na kraj izvoda. Slično Eriksonovoj metodi, Novoselova metoda je robusna za uvažavanje bilo kakve greške reaktanse zbog otpornosti kvara i opterećenja.

Dodatni izvori greške koji smanjuju tačnost jednokrajnih algoritama u pronalaženju jednopolnih kvarova sa zemljom su međusobno povezivanje dalekovoda i promenljiva vrednost impedanse nultog režima.

3.2. Impedantne metode dva kraja

Ove metode koriste podatke zabeležene na oba kraja dalekovoda. Princip lociranja kvara sličan je kao i kod jednokrajnih metoda, tj. za procenu impedanse sa mesta posmatranja kvara koriste se naponi i struje tokom kvara. Dodatna merenja sa udaljenog kraja dalekovoda koriste se za uklanjanje reaktivne greške uzrokovane strujom opterećenja, otpornošću kvara ili nehomogenošću sistema. Klasifikacija tipa kvara nije potrebna. Komunikacioni kanal prenosi podatke sa jednog mernog uređaja na drugi. Alternativno, podaci sa oba merna uređaja se mogu sakupljati i obrađivati na centralnoj lokaciji. U zavisnosti od raspoloživosti podataka, ove metode se dalje mogu klasifikovati na:

1. Sinhronizovana dvokrajna metoda.
2. Nesinhronizovana dvokrajna metoda.
3. Nesinhronizovana strujna dvokrajna metoda.

Sinhronizovana dvokrajna metoda se bazira na pretpostavci da su merenja sa oba kraja dalekovoda vremenski sinhronizovana. Dvosmerne sinhronizovane i dvosmerne nesinhronizovane metode ne koriste parametre nultog režima za proračun lokacije kvara.

Zbog uvažavanja mogućnosti kvara uređaja ili vremenskog kašnjenja merenja razvijene su nesinhronizovane dvokrajne metode. Da bi se izjednačila naponska i strujna merenja strane G u odnosu na stranu H voda, u ovim metodama se koristi operator sinhronizacije.

Usled ograničene raspoloživosti podataka nesinhronizovana strujna dvokrajna metoda uvodi pretpostavku da su samo fazori struja čvorova dostupni u svrhu lociranja kvara. Tačnost procene lokacije kvara zavisi od preciznog poznavanja parametara impedanse izvora.

Korišćenje inverznih komponenti za izračunavanje lokacije kvara primenom dvokrajnih metoda je najpovoljnije, jer ne zavise od uticaja struje opterećenja ili upetljanosti mreže. Prisustvo ili odsustvo inverznih komponenti može se koristiti za razlikovanje između neuravnoteženog ili uravnoteženog kvara.

4. LOKACIJA KVAROVA U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA

Metoda lokacije kvara preko impedanse je značajna zato što su njeni zahtevi usklađeni sa opremom raspoređenom u distributivnim mrežama.

Kao što je u prethodnom delu obrađeno, ove metode se zasnivaju na ekvivalentiranju impedanse na osnovu informacija o fazorima napona i struje. Analizirane su njihove dve varijante - metode jednog kraja i metode dva kraja.

4.1. Impedantne metode jednog kraja

Metode jednog kraja se zasnivaju na proceni ekvivalentne impedanse kvara kroz merenja napona i struje samo u jednoj tački. Ova impedansa se kombinuje sa modelom distributivnog voda (u zavisnosti od topologije, impedanse voda itd) i modelom opterećenja. U ovu grupu spadaju:

1. Metoda reaktivne komponente.
2. Metoda Salima i saradnika.
3. Metoda Filomena i saradnika.
4. Metoda pogonske impedanse.

Metoda reaktivne komponente se ističe svojom jednostavnošću. Zasniva se na pretpostavci da je struja kvara veća od struja opterećenja i samim tim zanemaruje njihov uticaj. Metoda Salima i saradnika predstavlja proširenu metodu reaktivne komponente, koja uzima u obzir i opterećenje. Fokus je stavljen na tri aspekta: različite konfiguracije kvarova, radijalna topologija i promenljiva opterećenja. Metoda Filomena i saradnika proširuje svoju analizu uzimajući u obzir kapacitivne struje. Ova metoda se primenjuje u kablovskim mrežama.

Metoda reaktivne komponente se koristi samo za jednopolne kratke spojeve, dok je Filomenova metoda namenjena za upotrebu samo kod jednopolnih i trolnih kratkih spojeva. Salimova metoda može da se koristi za sve tipove kvarova.

Metoda pogonske impedanse se zasniva na principima proračuna impedanse koji se primenjuju kod distantne zaštite [2]. Analizom prorade releja se zna na kom izvodu se desio kvar, a na osnovu merenja se dobija i tip kvara. Metoda zahteva velike struje, kao što je slučaj u mrežama gde je zvezdište transformatora uzemljeno direktno ili preko malog otpora. Kvarovi u ovakvim mrežama se lako otkrivaju s obzirom na velike vrednosti struje. Pomoću ove metode može da se locira kvar bilo kog tipa, pri čemu se za jednopolne kratke spojeve mora izabrati koeficijent zemljospoja takav da merena impedansa u što većoj meri odgovara impedansi direktnog redosleda. U stvarnosti taj koeficijent nije konstantan, pa je moguća pojava greške pri proceni lokacije kvara.

Korišćenjem metoda jednog kraja dobija se rezultat sa velikom greškom kada se kvar desi na nekom segmentu koji je značajno udaljen od korena mreže, odnosno od mernog uređaja. Njihova je mana to što koriste merenja samo sa jedne strane, što na kraju rezultuje lošom procenom lokacije kvara.

Najčešći problem ovih metoda su višestruke procene lokacije kvara, kada rešenje m odgovara različitim tačkama u mreži (svaka u drugoj grani). Najozbiljniji problem se pojavljuje u scenarijima sa distribuiranim generatorima, pošto tada nisu upotrebljive. To je zato što,

kada se u više čvorova injektira energija, merenje u jednom čvoru (glavna karakteristika ove grupe metoda) nije dovoljno da se karakteriše impedantni model kvara.

4.2. Impedantne metode dva kraja

Kao što je već pomenuto, koriste se merenja napona i struje sa oba kraja. Neka su G i H nazivi jednog, odnosno drugog kraja voda. Napon kvara V_F se posmatra kao zajednički element dva kola. Iz tog razloga je moguće pojednostaviti izraze, što rezultuje jednačinom [2]:

$$V_G - mZ_L I_G = V_H - (1-m)Z_L I_H, \quad (2)$$

gde su:

m - lokacija kvara,

Z_L - podužna impedansa voda,

V_G, V_H - naponi mereni sa oba kraja voda,

I_G, I_H - struje merene sa oba kraja voda.

Najznačajnije među ovim metodama su:

1. Metoda Girgisa i saradnika.
2. Metoda Jianga i saradnika.
3. Metoda Personalova i saradnika.

Metoda Girgisa i saradnika predlaže direktnu analizu trofaznih komponenti u jednostavnoj mreži sa dva terminala. Važna prednost ove metode je u tome što nije uslovljena tipom kvara. Međutim, merenja sa oba kraja moraju biti usklađena.

Jiangov algoritam opisuje tehniku lokacije kvara zasnovanu na primeni principa poznavanja merenja napona i struje u svakoj tački proizvodnje/potrošnje. Lociranje se implementira u dve faze: procena pogođene deonice i naknadno lociranje kvara unutar nje. Ova metoda zahteva najveća ulaganja, s obzirom na to da merenja struje i napona moraju da se vrše u svim tačkama proizvodnje i potrošnje, pri čemu ona moraju da budu sinhronizovana. Jiangova metoda može da se koristi za sve tipove kvarova.

Personalova metoda je namenjena za korišćenje u kablovskim mrežama, te se ona primenjuje samo kod jednopolnih i trolnih kratkih spojeva. Konkretno, dizajnirana je da iskoristi specifične karakteristike ovih tipova mreža, kao što su tip provodnika i strujno kolo plašta.

Sve metode zahtevaju merenje napona i struje, sem Personalove metode kojoj je potrebno samo strujno merenje. Na osnovu izmerene struje u transformatorskim stanicama koje spajaju deonicu sa kvarom određuje se lokacija kvara. Ova metoda pokazuje veliku preciznost u svim uslovima, odnosno na njenu tačnost ne utiče pozicija kvara na deonici. To bi značilo da ona daje dobre rezultate i kada je kvar na početku, sredini ili na kraju deonice. Otpor između plašta i zemlje jedini utiče na rezultate ove metode, zbog toga što se za male vrednosti tog otpora, plašt nameće kao bolji put za struju.

Budući da su poznate i ulazne i izlazne tačke merenja sprečava se višestruka procena lokacije kvara. Koristeći merenja sa mesta u kojima je obezbeđena proizvodnja ili potrošnja, ove metode se mogu koristiti i uz prisustvo distribuiranih generatora i dvosmernih tokova struje.

5. POREĐENJE NAVEDENIH METODA

Kao što je već navedeno, razlikuju se dve glavne grupe metoda. Njihovo poređenje dato je u tabeli 5.1.

U tabeli su date osobine za obe grupe metoda, a nije potrebno davati dodatne komentare.

U zavisnosti od problema, različite metode će biti upotrebljene. Za najjednostavnija lociranja kvarova, sa najmanjom preciznošću i najnižim troškovima, mogu se koristiti metode jednog kraja zasnovane na reaktansi. S druge strane, najviši stepen preciznosti, uz najveća ulaganja, može se dobiti upotrebom metoda dva kraja.

Prilikom procene lokacije kvara algoritmi uvažavaju pretpostavku da se u datom trenutku javlja samo jedan kvar i da je lokacija ista tokom čitavog trajanja kvara. Veći broj lokacija kvarova može predstavljati izazov za primenu impedantnih metoda.

U zavisnosti koja je dominantna karakteristika koja se očekuje od metode, prednosti su na strani jedne od navedenih metoda

Tabela 5.1 – Poređenje metoda

Naziv metode	Broj mernih tačaka	Merna infrastruktura	Tačnost proračuna	Troškovi upotrebe
Metoda jednog kraja	1	Jednostavna	Srednja	Niski
Metoda dva kraja	2	Složena	Visoka	Visoki

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu je napravljen komparativni pregled različitih tehnika lociranja kvarova.

Metode zasnovane na impedansi koriste se jer su u skladu sa tipičnim instrumentima raspoređenim u elektroenergetskim sistemima.

Predložene metode se razlikuju, u zavisnosti od raspoloživih merenja i informacija o mreži, kao i različitih vrsta mreža i primena.

Kao što je prikazano u ovom radu, posedovanjem većeg broja podataka i boljeg mrežnog modela, moguće je preciznije lociranje kvara. Koja će od metoda biti korišćena definitivno je određeno šta je dominantan karakteristika koja se očekuje da bude ispunjena pri njenom korišćenju.

7. LITERATURA

- [1] S. Das, S. Santoso, A. Gaikwad, M. Patel: Impedance-Based Fault Location in Transmission Networks: Theory and Application, *IEEE Journals&Magazines*, Vol.2, 2014.
- [2] D. Popović, D. Bekut, V. Dabić: *Specijalizovani DMS algoritmi*, DMS Group, Novi Sad, 2011.
- [3] E. Personal, A. Garcia, A. Parejo, D. F. Larios, F. Biscarri, C. Leon: *A comparison of Impedance-Based Fault Location Methods for Power Underground Distribution Systems*, Department of Electronic Technology, Seville, 2016.

Kratka biografija:



Jovana Mitrović je rođena u Banji Koviljači 1992. god. Diplomirala je na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetski sistemi 2016. godine i nakon toga upisala master studije na istom fakultetu.

НАПАЈАЊЕ ТУНЕЛА УВАЖАВАЈУЋИ МОГУЋНОСТИ ДИСТРИБУТИВНЕ АУТОМАТИКЕ**TUNNEL POWER SUPPLY INVOLVING THE POSSIBILITY OF A DISTRIBUTION AUTOMATIC**

Марко Прпош, Страхил Гушавац, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област – Електротехника и рачунарство

Кратак садржај – У овом раду објашњена је улога SCADA-е у електроенергетском систему, те је описана конструкција и улога оптичког кабла који представља најбољи медијум за пренос информација. Све ово у циљу приказивања предности које доноси аутоматизација електроенергетског система, а која без горе поменутих фактора не би била могућа. Предности аутоматизованог система, тј. система са даљинским управљањем приказане су на примјеру једног тунела у близини Љига, тако што су разматрана три случаја напајања тунела. Сваки од случаја бави се обнављањем напајања након кvara, али у сваком од њих се располаже различитом расклопном опремом, која може и не мора бити даљински управљива.

Abstract – This paper presents an overview of SCADA role in power system and optical fiber cable construction as one of the most reliable information transporter. Main purpose of these analyses is demonstration of overall advantages, mainly influenced by factors mentioned above, which automated power systems will provide. Advantages of automated system i.e. remotely controlled system are presented on an example of a tunnel near Ljig, where three methods of power supply are studied. Each of the cases demonstrates supply restoration after outage, but in beneficial to comparison different breaker equipment is used. Equipment might be remotely controlled or not.

Кључне речи: SCADA, Distribution automation, Tunnel, Optical cable, Restoration of power supply

1. УВОД

Као што је аутоматизација, примјена рачунара и информатике у електроенергетским системима започела с врха (од производње – извора), аналогно, аутоматизација дистрибутивне мреже почиње од напојних трансформаторских станица (ТС) високи на средњи напон аутоматизацијом средњенапонских извода и објеката (дистрибутивне ТС, разводна постројења). Са аутоматизацијом НН мреже се још увијек није започело у ширем обиму. Мотивација за аутоматизацију СН мреже налази се у чињеници да је највећи број прекида напајања потрошача електричне енергије управо изазван поремећајима у тој мрежи.

НАПОМЕНА:

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је био доц. др Страхил Гушавац.

Према истраживању у Холандији, за око 70% од свих прекида напајања узрок је у мрежи средњег напона, а у 20% случајева извор прекида напајања је у преносној (високонапонској) мрежи. Да би се смањило просјечно трајање прекида напајања по потрошачу у случају кварова у СН мрежи, приоритет је дат смањењу времена потребног за рестаурацију напајања послје кварова. Кључни моменат у смањењу тог времена јесу времена потребна за локализацију и изолацију кvara, као и за рестаурацију напајања послје кvara. Рјешење се налази у примјени савремених и врло ефикасних технологија за локацију кvara као суштинског дијела даљинског управљања.

2. УЛОГА И ФУНКЦИЈА SCADA ПОДСИСТЕМА

SCADA систем је систем који се користи за прикупљање података, надзор, контролу, аларме и командовање у систему. Под прикупљањем података подразумевамо читавање напона, струје и других величина које се потом шаљу до једне или више база података, а те податке користе инжењери, диспечери или неки други оператери у сврху што бољег управљања читавим системом. Уз помоћ овога система много лакше се врши прорачун токова снага и естимације стања. Такође, значајно олакшава регулацију напона, читавање потрошње, проналазак кvara, његово изоловање, као и повратак напајања потрошача, што је уједно и тема овог рада.

2.1 О развоју SCADA система

SCADA системи су доживјели интензиван развој са уласком микрокомпјутерске заштитне опреме у електроенергетске објекте. Сљедећи искорак на путу развоја SCADA система су посљедице дерегулације енергетског сектора. Деререгулација и приватизација електропривреде која је почела прије више од 25 година условила је структурну промјену електропривреде у свијету, па тако дистрибутивна дјелатност постаје регулисана, у дијелу праћења квалитета услуга које пружа потрошачима и трошкова за обављање своје дјелатности. Сљедећа значајна промјена, нарочито у дистрибутивној дјелатности је условљена новом свјетском стратегијом за масовно увођење обновљивих извора енергије малих снага, а самим тим и нове захтјеве према системима за надзор и управљање до нивоа нисконапонске мреже, односно тиме до сваког корисника. Имајући у виду да број корисника може да буде и преко милион, традиционални системи надзора и управљања морају да претрпе значајне промјене. Управо зато, SCADA

SCADA систем доноси значајне промјене у електроенергетском систему и то на сљедећим пољима:

- архитектури система,
- безбједности људи,
- повећању поузданости,
- повећању функционалности,
- побољшању перформанси система,
- квалитету података,
- надзору примарне и секундарне опреме,
- телекомуникацијама,
- заштити од нежељених упада у систем,
- једноставнијем одржавању система.

У погледу медија за пренос информација, намећу се два основна питања:

1. Питање одређења за сопствена техничка средства или за коришћење средстава других власника, који су претежно јавни. Досадашње анализе јасно показују да јавни системи не пружају адекватне перформансе у погледу расположивости, какве захтјевају електроенергетски системи. Такви системи се могу планирати као алтернативни, само у случају када откажу сва сопствена средства. Такође, могу се прихватити као привремена, прелазна рјешења, у фазама изградње нових или реконструкције постојећих веза.
2. Питање избора медија за пренос информација односно питање избора простирања електромагнетних таласа кроз физичке водове или у облику радио – таласа.

Како су каблови са оптичким влакнима најдоминантнији медијум за пренос информација, у погледу њихових техничких карактеристика, овдје ће се пажња посветити управо њима. Оптички кабл је најчешће коришћени медијум за пренос, првенствено јер га карактерише висок квалитет преноса и практично неограничен капацитет саобраћаја, као и због своје супериорности у односу на традиционалне бакарне каблове (попречни пресјек оптичког кабла је дат на слици 1).

Преносни медијум је оптичко влакно, а информација се преноси путем свјетлости. Простирање свјетлости кроз влакно зависи од величине, конструкције и састава оптичког влакна, као и од природе зрака емитованог кроз влакно. У складу са тим се разликује:

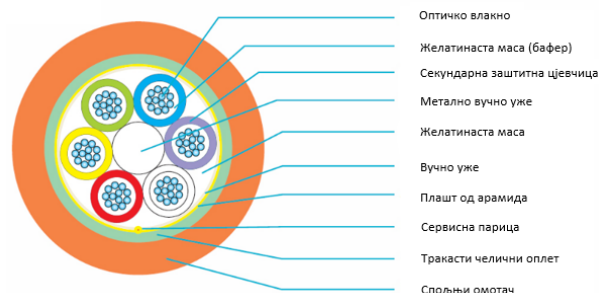
- **Стаклена оптичка влакна (препоручују се)** – карактеришу их мали губици, велики пропусни опсег, мале димензије и висока цијена,
- **Пластична оптичка влакна** – карактеришу их велика слабљења, мали пропусни опсег и ниска цијена,

- **PSC (Plastic Clad Silica)** – slablje i jeftinije su kompromis između prva dva tipa.

Према карактеристикама оптичких влакана оптички каблови се дијеле на:

- оптичке каблове са мултимодним влакнима,
- оптичке каблове са мономодним влакнима.

Оптички каблови са мултимодним влакнима нису од интереса за ову студију.



Слика 1. Пресјек кабла за спољњу монтажу

Оптичке каблове са мономодним влакнима карактерише простирање једног мода свјетлости кроз језгро кабла. Због те чињенице подужно слабљење и дисперзија су веома мали. Подужно слабљење оптичког сигнала генерално зависи од примјене таласне дужине и има локалне минимуме на одређеним таласним дужинама: 850 nm, 1310 nm и 1550 nm. У складу са тим, дефинисана су три типа мономодних влакана:

1. Non-Dispersion-Shifted-Fiber (NDSF), дефинисани стандардом ITU-T G.652 – Овај тип мономодних влакана је дизајниран за пренос у другом оптичком прозору (1310 nm), јер је у том опсегу хроматска дисперзија приближно једнака нули.
2. Dispersion-Shifted-Fiber (DSF), дефинисани стандардом ITU-T G.653 – Овај тип мономодних влакана је дизајниран за пренос у трећем оптичком прозору (1550 nm), јер је у том опсегу хроматска дисперзија приближно једнака нули.
3. Non-Zero-Dispersion-Shifted-Fiber (NZ-DSF), дефинисани стандардом ITU-T G.655 – Овај тип мономодних влакана је дизајниран за пренос у трећем оптичком прозору (1550 nm), јер је у том опсегу хроматска дисперзија приближно једнака нули, али довољно велика да сузбије деструктивне нелинеарне појаве.

Оптички каблови су имуни на електромагнетне сметње и не захтјевају дозволе за коришћење одређеног пропусног опсега (као што је то случај код радио-таласа). Основна мана ових каблова је висока цијена инсталације и примјена одговарајуће терминалне опреме.

Према начину монтаже, оптички каблови се дијеле на:

- Оптичке каблове за полагање у земљу,
- Оптичке каблове за постављање по стубовима надземних водова, гдје спадају: OPWG, OPPC, MASS, ADSS, OPAC.

3.2 Остали медијуми за пренос

Поред оптичких каблова, као преносна средства могу да се користе: телекомуникациони каблови са

бакарним проводницима, електронергетски водови (Power Line Communication) и радио комуникације, који у односу на каблове са оптичким влакнима махом имају већа ограничења по питању сметњи и других аспеката који утичу на њихов поуздан рад.

4. УПРАВЉАЊЕ МРЕЖОМ ТОКОМ КВАРА И ЕЛЕМЕНТИ ДИСТРИБУТИВНЕ АУТОМАТИКЕ

У претходна два поглавља описан је SCADA систем и оптички кабл као медијум који има најбоље особине у погледу преноса података. У овом поглављу су детаљније описане предности које електроенергетски систем има уколико користи SCADA систем и медије за пренос информација у сврху даљинског управљања мрежом, тј. неким њеним елементима (прекидач, риклозер, секционализер, итд.). Највећа предност наведених система огледа се у смањењу трајања прекида напајања, тј. поузданости мреже, која је значајно боља ако се имају наведени елементи. Као последица тога, може доћи до значајнијег пораста финансијских улагања. Како би се сликовитије представиле предности дистрибутивне аутоматике, у наставку ће бити обрађен један реалан примјер. У примјеру ће се упоредити резултати трајања прекида напајања при једном карактеристичном испаду: 1. када би посматрана мрежа имала дистрибутивну аутоматику и, 2. када исте не би било. Ријеч је о пројекту на основу кога је рјешено напајање два тунела у околини Љига, а шема напајања дата је на слици 2. Црвеном стрелицом означено је мјесто квара.

Напајањем тунела електричном енергијом потребно је подмирити енергијом следеће потрошаче:

- освјетљење тунела,
- вентилацију тунела,
- безбједносне објекте у тунелу,
- систем S.O.S позива,
- систем видео надзора,
- радио уређаје тунела
- систем разгласа,
- опрема, уређаји и средства за заштиту од пожара,
- систем управљања саобраћајем,
- систем, односно мрежа за слање података и
- систем управљања тунелима.

За неке од претходно побројаних система од изузетног значаја је да прекиди у напајању електричном енергијом не буду такви да њихов рад угрожава људске животе (нпр. одсуство вентилације). У складу са тим код захтјевнијих тунела (тунели дужина од преко 500 метара) се примјењује двострано напајање тунела. У случају квара у напојној мрежи, брзина преласка из стања квара у стање без квара зависи од:

- могућности даљинског командовања расклопном опремом,
- врсти склопне опреме која се користи у мрежи и
- избору и могућности постизања селективности.

Након обрађених захтјева које треба испунити да би напајање тунела било адекватно, у наставку је приказан такозвани „метод половљења извода“ којим се у пракси најчешће тражи квар у мрежи. По методу

половљења извода дистрибутивна ТС на „средици“ извода у квару представља прво „мјесто скока“. Диспечерска екипа одлази у ту ТС и манипулише растављачем са стране основног напајања и одваја прву половину извода. У том тренутку диспечер, који је радио-везом обавјештен о манипулацији растављачем, укључује прекидач на почетку извода. Ако прекидач остане укључен, квар је на другој половини извода. У супротном (ако прекидач проради) то значи да је квар на првој половини извода. У следећем кораку, диспечерска екипа затвара претходно отворени растављач и премјешта се на половину оног дијела извода који је у квару. Вријеме тражења дионице у квару укључује и вријеме потребно да се након што се пронађе дионица у квару – она и изољује.

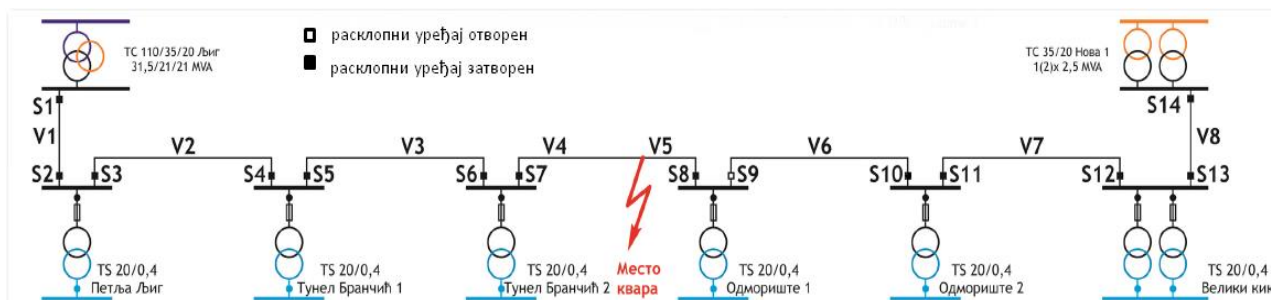
Након утврђеног начина на који се тражи квар, размотриће се укупно три различита случаја у погледу опремљености дистрибутивне мреже из које се напаја тунел.

Случај 1 – у мрежи се користе растављачи или склопке-растављачи на свим мјестима сем на почетку напојних водова

У овом случају само расклопна опрема на мјестима S1 и S14 су прекидачи, док је расклопна опрема S2 - S13 склопка-растављач или евентуално растављач.

Ако на дионици између „ТС Тунел Бранчић 2“ и „ТС Одмориште 1“ настане квар, прекидач на мјесту S1 реагује и искључује напајање свих трансформаторских станица које се налазе испред мјеста квара, гледано од прекидача на мјесту S1. Екипа за локализацију квара одлази у „ТС Тунел Бранчић 1“ и искључује расклопну опрему S5 и потом се даје налог диспечеру да укључи прекидач на мјесту S1. Укључењем прекидача напајање добијају „ТС Петља Љиг“ и „ТС Тунел Бранчић 1“ и не долази до поновног искључења прекидача јер је мјесто квара ван дионице која се налази под напоном. Пошто још није лоцирана дионица у квару, екипа за отклањање квара одлази на половину дионице која није под напоном те одлази до „ТС Тунел Бранчић 2“ и искључује расклопну опрему S7 док се прекидач на мјесту S1 претходно искључује од стране диспечера и даје налог за поновно укључења тог прекидача. Пошто не долази до искључења прекидача са искљученом расклопном опремом на мјесту S7 може се закључити да је квар десно од локације ове расклопне опреме, а лијево од S8, односно дионица у квару је лоцирана. Пошто је лоцирана дионица у квару може се укључити сва расклопна опрема сем S7 и S8, тако да се може остварити напајање свих трансформаторских станица. Као што се види из наведеног описа потребно вријеме за отклањање кварова и поврат напајања зависи од мјеста квара, брзине одласка до мјеста квара итд. Процјењено потребно вријеме у овом случају је око 1,5 h.

Случај 2 – у мрежи се користе растављачи или склопке-растављачи као и прекидачи, док мрежа истовремено поседује систем даљинског управљања



Слика 2. Настанак квара на напојној мрежи на дионици између „ТС Тунел Бранчић 2“ – „ТС Одмориште 2“

У овом случају расклопну опрему S3, S5, S7 и S12 чине прекидачи, као и расклопну опрему на мјестима S1 и S14. Све остале компоненте су растављачи или склопке растављачи. Нека се квар десио као и у претходном случају на дионици између „ТС Тунел Бранчић 2“ и „ТС Одмориште 1“. Прекидач на мјесту S7 реагује и искључује напајање, дакле, без напајања остаје само „ТС Одмориште 1“, овдје до изражаја долази предност коју доноси прекидач, тако да су трансформаторске станице које се налазе испред расклопне опреме S7, тј прекидача и даље под напоном. Како постоји даљинско управљање, дежурни диспечер ће одмах знати на којој је дионици квар и гдје треба да пошаље дежурну екипу. Екипа се упућује ка „ТС Одмориште 1“ те врши манипулацију (искључење) на расклопној опреми S8. Сада је квар изолован и потребно је обновити напајање у „ТС Одмориште 1“. Да би се то урадило неопходно је укључити расклопну опрему S9 која се такође налази у „ТС Одмориште 1“. Потребно вријеме за поврат напајања зависи од мјеста на којем се догодио квар, брзине доласка на мјесто квара итд. Укупно процењено вријеме за овај случај износи 1 h.

Случај 3 - у мрежи се користе прекидачи, мрежа има систем даљинског управљања и логички степеновану заштиту

Сљедећи примјер конфигуриран је на тај начин, да је сва расклопна опрема, од S1 до S14 прекидачка опрема, са даљинском командом. Нека је квар настао на истом мјесту као и у претходна два случаја. Долази до прораде прекидача S7 те без напајања остаје „ТС Одмориште 1“. Како је сва опрема даљински управљана, диспечер ће сам, без помоћи дежурне екипе извршити све потребне манипулације над расклопном опремом. Прво искључује расклопну опрему S8, а потом ће укључити расклопну опрему S9. Изовање квара извршиће се у врло кратком временском периоду. Да би то било могуће, потребно је да се обезбједи поуздана селективност заштите, што је код кратких дионица често проблем. Зато се у овом случају користи логички степенована заштита која се овдје неће детаљније разматрати. Она на бази релејне опреме која је побуђена врши селекцију која од тих заштита треба да реагује да би се обезбједило искључење минималног броја елемената. На овај начин је у

овом случају омогућено обновљање напајања свих потрошача без ангажовања дежурне екипе. Укупно вријеме које је потребно да сви потрошачи поново добију напајање не би требало бити дуже од једног минута, а начелно је краће од десетак секунди. Резултати анализе сва три случаја су сумирани и дати у табели 1.

Табела 1. Табеларни преглед практичног примјера у три случаја

Кориштена опрема	Локализација	Изолација	Рестаурација без потребе за дежурном екипом	Утрошено вријеме
Случај 1	-	-	-	1,5 h
Случај 2	+	-	-	1 h
Случај 3	+	+	+	10 sec

5. ЛИТЕРАТУРА

1. С. Гушавац, Д. Станишић: *Концепт напајања тунела на коридору Е-75*, студија рађена за потребе предузећа „Коридори Србије“, Београд, 2016.
2. Б. Ђурић: *Оптоелектронске телекомуникације*, ДП „Телефонкабл“, Београд, 1983.
3. Електровојводина: *Збирка упустава за безбедан рад*, „Електровојводина“ д.о.о, Нови Сад, 2007.
4. ***, *Интелигентне мреже у ЈП ЕПС – Стратегија и развој система за даљински надзор и управљање средњенапонском дистрибутивном мрежом (СДУ) у условима значајнијег присуства дистрибуиране производње*, студија Енергопројект – Ентел а.д., Београд 2014.

Кратка биографија:



Марко Прпош, рођен је у Приједору 1993. год. Одбранио је бечелор рад на Факултету техниких наука из области Електротехнике и рачунарства –Електроенергетски системи, 2017. године.

ANALIZA ALGORITMA TEORIJE VEKTORA PODRŠKE ZA PRORAČUN PROGNOZE PROTOKA PRIRODNOG GASA**ANALYSIS OF SUPPORT VECTOR MACHINE ALGORITHM FOR NATURAL GAS FLOW FORECASTING**

Nenad Pavlović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Ovaj rad predstavlja analizu algoritma teorije vektora podrške, korišćenog za dobijanje rezultata proračuna prognoze protoka prirodnog gasa, kao i predloga prema kojima će se vršiti optimizacija i poboljšanje samog algoritma, radi dobijanje tačnije prognoze.

Abstract – The paper represents analysis of support vector machine algorithm, used to get natural gas flow forecast results and few suggestions on how to make the algorithm better and more optimized, with goal to make the flow forecasting more accurate.

Ključne reči: proračun prognoze, mašinsko učenje, teorija vektora podrške.

1. UVOD

U današnje vreme moderne evropske zemlje se uglavnom oslanjaju na prirodni gas kao primarni energent [1]. Kompanije koje se bave distribucijom gasa svojim potrošačima, nalaze se pred konstantnim izazovom da svojim korisnicima obezbede neprekidan i kvalitetan dotok prirodnog gasa. Za ostvarivanje ovog cilja neophodna je dobra gasna prenosna mreža. Ovakav kompleksan sistem se sastoji od [1]: gasnih stanica, kompresora, cevi, gasnih skladišta i naravno potrošača, povezanih na ovakav sistem. Distributer mora upravljati ovim sistemom da bi svojim korisnicima obezbedio adekvatne količine gasa, pri zahtevanom pritisku, pod bilo kojim okolnostima. Da bi se obezbedio efikasan, ekonomičan i bezbedan dotok gasa, unapred se, sa visokom preciznošću moraju znati dnevne potrebe za gasom svih potrošača u mreži. Prognoza protoka gasa vrši se na bazi od jednog sata za naredna dva gasna dana. Pod gasnim danom podrazumeva se period od 24 uzastopna časa, počev od nekog predefinisnog momenta u toku dana, npr. 6 časova ujutru. Baza potrošača koje snabdeva jedan distributer, sastoji se od mnogih individualnih potrošača, svaki sa svojim jedinstvenim zahtevima. Potrošači gas koriste najviše za zagrevanje vazduha, tj. za grejanje – grejno opterećenje i za zagrevanje vode, kuvanje i ostale procese – bazno opterećenje. Gas se, naravno može koristiti i kao energent iz kojeg se može dobiti električna energija. Kako se distributer obavezuje da u svakom trenutku ima neometanu isporuku gasa u količinama koje potrošač zahteva, proračun prognoze potrošnje je od vrlo visokog značaja.

NAPOMENA:

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

Prognoza protoka gasa je jedan od ključnih parametara koji pomaže operaterima pri donošenju odluka o kupovini gasa, jer daje operateru bolju sliku o tome kako će se sistem ponašati u budućnosti i o tome da li su potrebne određene intervencije [1].

Osnovni cilj ovog rada je da analizira algoritam Teorije vektora podrške (*Support Vector Machine* - SVM) [2] koji se trenutno koristi za proračune prognoze protoka, i da analizira predloge za unapređenje njegove tačnosti, uporedi rezultate datih predloga i izvede zaključak koji je od datih predloga izvršio najbolje poboljšanje.

2. TEORIJA VEKTORA PODRŠKE

Teorija vektora podrške (*Support Vector Machine* – SVM) je inicijalno razvijan sa ciljem da se unaprede neuronske mreže. Ona je bazirana na principu strukturnog smanjenja rizika (*Structural Risk Minimisation* – SRM), koji je u velikoj meri bolji od empirijskog smanjenja rizika (*Empirical Risk Mimimisation* – ERM), koji se koristi kod neuronskih mreža. SRM minimizuje gornju granicu rizika, dok ERM minimizuje donju granicu rizika i grešku u trening podacima [2]. Osnovni princip rada ove metode je da se obučavanje vrši na osnovu datih podataka u vidu obučavajućeg skupa, koji se sastoji od skupa ulaznih i skupa izlaznih podataka. Zatim se, ovako obučena struktura, koristi za rešavanje problema klasifikacije i regresije. Ovu metodu je, sa saradnicima, početkom devedesetih godina prošlog veka razvio Vapnik (*Vladimir Naumovich Vapnik*) [3]. Teorija mašinskog učenja svoj razvoj započinje pojavom koncepta perceptrona, koji je predložio Rozenblat (*Frank Rosenblatt*) [4]. Njegov model rešava problem prepoznavanja, odnosno razdvajanja podataka u dve kategorije. Predloženi perceptron je za osnovu uzimao već razvijeni model veštačkog neurona. Razbijeni neuron je imao n ulaza i jedan izlaz iz skupa $\{-1, 1\}$, koji kao takav deli prostor ulaznih podataka na dva dela, Slika 1.

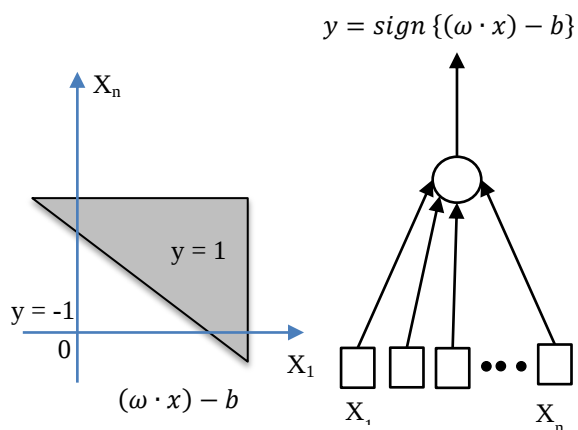
Funkcija zavisnosti izlaza od ulaza data je sa [4]:

$$y = \text{sign} \{(\omega \cdot x) - b\}, \quad (1)$$

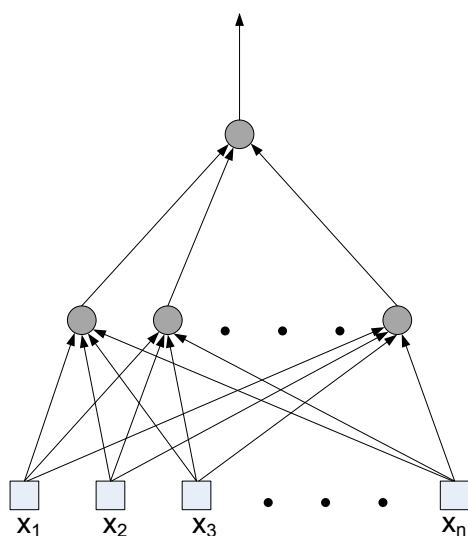
gde je x vektor ulaznih podataka, b prag osetljivosti. Hiperravan koja razdvaja dva skupa data je sa:

$$(\omega \cdot x) - b = 0. \quad (2)$$

Model koji je napravio Rozenblat se sastojao od više neurona, raspoređenih po nivoima, tako da su izlazi jednog nivoa bili ulazi u sledeći nivo, Slika 2, dok se u poslednjem nivou nalazi samo jedan neuron čiji izlaz predstavlja izlaz cele mreže.



Slika 1. Perceptron



Slika 2. Model sa više neurona raspoređenih po nivoima

Gledano geometrijski, perceptron deli prostor x na dva dela, granicom razdvajanja koja može, ali i ne mora biti linearna. Podela se postiže obučavanjem mreže, što se u stvari svodi na odabir pravih koeficijenata za neurone u mreži. Kako se javilo simultano menjanje koeficijena neurona u perceptronu, predloženo je da se fiksiraju koeficijenti svih neurona osim poslednjeg, gde je cilj bio da se tokom procesa obuke pronađu koeficijenti poslednjeg neurona [4]. Ovim se prostor ulaznih podataka x transformiše u novi prostor z , u kojem se, na osnovu podatak iz obučavajućeg, konstruiše odgovarajuća hiperravan. Vektor ω se inicijalizuje na 0, a zatim ostaje isti ili se menja po određenom pravilu, u zavisnosti od toga da li je ω element obučavajućeg skupa dobro klasifikovan ili ne.

3. ORIGINALNI ALGORITAM ZA PRORAČUN PROGNOZE

Prognoziranje zahtevane količine prirodnog gasa na bazi od jednog sata, za narednih 24, do 48 sati unapred se naziva proračun prognoze protoka gasa i jedan je od ključnih parametara koji pomaže operaterima pri donošenju odluka o kupovini gasa, jer daje operateru bolju sliku o tome kako će se sistem ponašati u budućnosti i da li će biti potrebne određene intervencije. Funkcija za pro-

račune prognoze koristiće se za prognoziranje protoka gasa u jednakim vremenskim intervalima od 60 minuta za sledeća dva gasna dana unapred. Parametri koji se uzimaju kao ulazni za algoritam teorije vektora podrške su [5]:

- Istorijski podaci o protoku za tri godine unazad.
- Istorijski podaci o vremenu za tri godine unazad i to za temperaturu, brzinu vetra i oblačnost.
- Tipove dana za tri godine unazad i dva dana unapred – razlikuje se: radni dani, dani vikenda i praznični dani.
- Vremenska prognoza za sledeća dva gasna dana i to za temperaturu, brzinu vetra i oblačnosti.
- Istorijski podaci o danim obeleženim kao neželjeni za tri godine unazad. Ovde se podrazumevaju dani koje se iz nekog razloga žele isključiti iz skupa za trening, npr. operater je svestan da tog dana merenja protoka nisu bila validna za trening iz nekog razloga.

Aplikacije je inicijalno podešena da pokreće trening svakog sata i njena je funkcija da obezbedi automatsku prognozu vrednosti za distribuciju gasa, baziranu na parametrima iznad, trening se takođe pokreće na promenu podatak vremenske prognoze ako je razlika između nove i stare vrednosti veća od vrednosti definisane u konfiguraciji funkcije. Modul proračuna prognoze je organizovan kao niz od 48 SVM mreže, gde svaka SVM predviđa protok za jedan sat, u naredna dva gasna dana. Ovo je urađeno tako iz razloga što se ponašanje sistema menja svakog sata, sa tipom dana i vremenskim uslovima, tako da prognoza treba da bude optimalna za svaki sat. Najvažnija stavka tokom treninga je da se izaberu adekvatne istorijske grupe podataka. Kvalitet i sličnost istorijskih podataka je direktno proporcionalna sa tačnošću algoritma. Samo podaci koji su od značaja za kreiranje modela treba da budu uzeti u razmatranje. Koliko dobro su podaci odabrani je definišući faktor za to koliko će izlaziti iz algoritma da se poklapaju sa događajem koji se modeluje. Treba da postoji određena korelacija između podataka za trening i podataka za testiranje. Odvojena procedura u trening bloku će vršiti pretragu podataka za trening u bazi podatak i doneće odluku da li da koristi skoriju istoriju ili da pronade sličan dan u daljoj istoriji i o tome koliko velika grupa za trening treba da bude.

Prenosna gasna distributivna mreža je sistem eksternih gasovoda koji vode od izvora do potrošača. Eksterni gasovod podrazumeva sistem podzemnih ili nadzemnih cevi koje se polažu izvan građevina. Prirodni gas se dovodi putem gasnu prenosne mrežu pod visokim pritiskom i preko gasnih distributivnih stanica uvodi u gasnu distributivnu mrežu pod srednjim ili niskom pritiskom. Mesto na kojem se nalazi gasna distributivna stanica naziva se gasna distributivna tačka, ili čvor, koji na svom izlazu poseduje odgovarajuću opremu za merenje količine gasa koja je kroz čvor protekla ka potrošačima. Upravo će ovaj čvor biti od interesa pri posmatranju rezultata proračuna. Svi potrebni istorijski podaci dolaze sa merenja koja se nalaze na izlazu iz čvora, a sami rezultati proračuna će biti posmatrani za jedan čvor, tj. za izlaz iz jedne distributivne gasne stanice. Mreža posmatrana u radu sastoji se od 120 čvorova, svaki od čvorova predstavlja jednu distributivnu stanicu koja napaja određen broj potrošača. Kada se pokrene proračun za prognozu protoka gasa, proračun se vrši na svim čvorovima u mreži, pošto sama količina podataka za

obradu nema uticaj na tačnost algoritma samo na brzinu izvršavanja. Rezultati proračuna su sakupljeni, prikazini i upoređivani samo sa jedne gasne stanice. Biće prikazani rezultati proračuna za pet karakterističnih dana sakupljenih sa signala koji se nalazi na jednoj reprezentativnoj gasnoj stanici. Sa posmatranjem rezultata treba početi barem 6 sati od početka treninga, da bi dali vremena algoritmu adaptacije u realnom vremenu da sakupi poslednjih 6 sati podataka i prilagodi raskorak ako on postoji. Pet karakterističnih dana koji se posmatraju pri analizi originalnog algoritma su:

- sreda 13.07.2016. – radni dan u letnjoj sezoni;
- subota 29.10.2016. – dan vikenda u zimskoj sezoni;
- ponedeljak 26.12.2016. – nacionalni praznik, neradni dan;
- ponedeljak 16.01.2017. – radni dan u zimskoj sezoni;
- nedelja 26.03.2017. – dan vikenda u letnjoj sezoni – prelazak na letnje računanje vremena.

Dve sezone koje se posmatraju pri analizi originalnog algoritma su: zimska sezona od 01.08. do 01.02. i letnja sezona od 01.02 do 01.08. Devet temperaturnih grupa koje se posmatraju pri analizi originalnog algoritma su: $T \leq -10^{\circ}\text{C}$; $-10^{\circ}\text{C} \leq T < -5^{\circ}\text{C}$; $-5^{\circ}\text{C} \leq T < 0^{\circ}\text{C}$; $0^{\circ}\text{C} \leq T < 5^{\circ}\text{C}$; $5^{\circ}\text{C} \leq T < 10^{\circ}\text{C}$; $10^{\circ}\text{C} \leq T < 15^{\circ}\text{C}$; $15^{\circ}\text{C} \leq T < 21.4^{\circ}\text{C}$; $21.4^{\circ}\text{C} \leq T < 27^{\circ}\text{C}$ i $T \geq 27^{\circ}\text{C}$

Razmatrani period obuhvata po jedan radni i jedan dan vikenda u zimskoj i letnjoj sezoni i jedan nacionalni praznik, kao i jedan prelazak sa zimskog na letnje računanje vremena. Za taj period se raspolaže sa svim potrebnim istorijskim podacima. Proračun je pokretan tako što je na mašini koja izvršava proračun lokalno vreme vraćano u nazad na razmatrane karakteristične dana. Na taj način bilo je jednostavno uporediti prognozirane vrednosti i vrednosti iz istorije, odnosno utvrditi koliko je algoritam za prognožiranje tačan. Tačnost samog algoritma kvantifikovana je na osnovu apsolutne srednje procentualne greške (*Mean Absolute Percentage Error – MAPE*) [6]:

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right|, \quad (3)$$

gde je sa n naznačen broj sati za koje se MAPE računa (prvih 6, sledećih 6, sledećih 12 ili poslednja 24 sata od pokretanja proračuna). Pošto velika količina podataka (npr. svih 48 sati) može da da pogrešnu sliku o tačnosti, u cilju boljeg isticanja tačnosti, kriva se deli na četiri dela. Sa A_t su naznačene stvarne vrednosti, podaci iz istorijske baze, a sa F_t na osnovu algoritma izračunate vrednosti prognoze. Razlog za korišćenje ove tehnike je vrlo jednostavan, ljudima je lako da razumeju procenat, čak i ako ne razumeju u potpunosti materiju koju procenti izražavaju, odnosno jednostavno mogu da ustanove kolika je greška proračuna. Što je veće vrednost za MAPE, to je veća greška proračuna. Tabela 1 prikazuje vrednosti srednje apsolutne procentualne greške za pet karakterističnih dana. Na osnovu prikazanih vrednosti, ni u jednoj oblasti (6, 12, 24 i 48 sati) greška nije ispod prihvatljivih 20%, čak je u nekim slučajevima iznad 80%. To nikako nije prihvatljivo i dovodi do zaključka da se sam algoritam za proračun prognoze mora poboljšati.

Cilj je da se vrednosti za MAPE smanji ispod 10%.

Tabela 1. Vrednosti srednje apsolutne procentualne greške

	MAPE ₆ [%]	MAPE ₁₂ [%]	MAPE ₂₄ [%]	MAPE ₄₈ [%]
13.07.2016.	50.59	27.66	72.84	22.1
29.10.2016.	103.22	87.97	95.88	78.60
26.12.2016.	31.01	26.72	45.84	52.60
16.01.2017.	86.60	70.45	89.16	83.59
26.03.2017.	29.24	39.56	23.66	34.47

4. VERIFIKACIJA NOVOG ALGORITMA

U ovom delu je prikazan metoda i njeni parametri za koje se pri različitim pokušajima najviše poboljšava originalni algoritam. Razmatraju se rezultati dobijeni primenom algoritma sa 3 ulaza, metode sličnih dana, metode pomerajućih proseka i metode adaptacije u realnom vremenu. Metoda sličnih dana koristi sva tri tipa dana, temperaturne grupe (kojih ima više nego u slučaju originalnog algoritma, uz gušći odabirak od jednog stepena, Tabela 2) i sezone (kojih ima manje nego u slučaju originalnog algoritma, ali svaka sadrži mesece koji tokom godine imaju slične karakteristike, Tabela 3). Od interesa je situacija sa većim brojem temperaturnih grupa sa manjim odbircima i manjim brojem sezona grupisanih po mesecima koji tokom godine imaju slične karakteristike, zimski meseci početkom i krajem godine, meseci na prelazu između godišnji doba, kao što su parovi mart-novembar, april-oktobar i letnji meseci jun, jul i avgust.

Metod sličnih dana se zasniva na traženju sličnih dana u istorijskim podacima od jedne, dve, pa i više godine sa sličnim karakteristikama kao dan čiji se protok predviđa. Umesto korišćenja protoka samo jednog sličnog dana, za predviđanje se može koristiti linearna kombinacija više sličnih dana. Metod pomerajućih proseka predstavlja efikasan mehanizam za određivanje vrednosti predikcije stacionarnih vremenskih serija i predstavlja se kao MA(m), gde je m red modela pomerajućih proseka.

U Tabeli 4 prikazani su rezultati za MAPE nakon primene novog algoritma.

Tabela 2. Temperaturne grupe novog algoritma

Opseg temperatura			
$T \leq -10^{\circ}\text{C}$	$-2^{\circ}\text{C} \leq T < -1^{\circ}\text{C}$	$7^{\circ}\text{C} \leq T < 8^{\circ}\text{C}$	$16^{\circ}\text{C} \leq T < 17^{\circ}\text{C}$
$-10^{\circ}\text{C} \leq T < -9^{\circ}\text{C}$	$-1^{\circ}\text{C} \leq T < 0^{\circ}\text{C}$	$8^{\circ}\text{C} \leq T < 9^{\circ}\text{C}$	$17^{\circ}\text{C} \leq T < 18^{\circ}\text{C}$
$-9^{\circ}\text{C} \leq T < -8^{\circ}\text{C}$	$0^{\circ}\text{C} \leq T < 1^{\circ}\text{C}$	$9^{\circ}\text{C} \leq T < 10^{\circ}\text{C}$	$18^{\circ}\text{C} \leq T < 19^{\circ}\text{C}$
$-8^{\circ}\text{C} \leq T < -7^{\circ}\text{C}$	$1^{\circ}\text{C} \leq T < 2^{\circ}\text{C}$	$10^{\circ}\text{C} \leq T < 11^{\circ}\text{C}$	$19^{\circ}\text{C} \leq T < 20^{\circ}\text{C}$
$-7^{\circ}\text{C} \leq T < -6^{\circ}\text{C}$	$2^{\circ}\text{C} \leq T < 3^{\circ}\text{C}$	$11^{\circ}\text{C} \leq T < 12^{\circ}\text{C}$	$20^{\circ}\text{C} \leq T < 21^{\circ}\text{C}$
$-6^{\circ}\text{C} \leq T < -5^{\circ}\text{C}$	$3^{\circ}\text{C} \leq T < 4^{\circ}\text{C}$	$12^{\circ}\text{C} \leq T < 13^{\circ}\text{C}$	$21^{\circ}\text{C} \leq T < 22^{\circ}\text{C}$
$-5^{\circ}\text{C} \leq T < -4^{\circ}\text{C}$	$4^{\circ}\text{C} \leq T < 5^{\circ}\text{C}$	$13^{\circ}\text{C} \leq T < 14^{\circ}\text{C}$	$23^{\circ}\text{C} \leq T < 24^{\circ}\text{C}$
$-4^{\circ}\text{C} \leq T < -3^{\circ}\text{C}$	$5^{\circ}\text{C} \leq T < 6^{\circ}\text{C}$	$14^{\circ}\text{C} \leq T < 15^{\circ}\text{C}$	$24^{\circ}\text{C} \leq T < 25^{\circ}\text{C}$
$-3^{\circ}\text{C} \leq T < -2^{\circ}\text{C}$	$6^{\circ}\text{C} \leq T < 7^{\circ}\text{C}$	$15^{\circ}\text{C} \leq T < 16^{\circ}\text{C}$	$T \geq 25^{\circ}\text{C}$

Tabela 3. Sezone novog algoritma

Opsezi dana koji pripadaju sezoni
Od 01.01. do 28.02 ili od 30.11. do 31.12 (januar, februar, decembar)
Od 01.03. do 30.03 ili od 31.10. do 29.11 (mart, novembar)
Od 31.03. do 30.04 ili od 30.09. do 30.10 (april, oktobar)
Od 01.05. do 29.06. (maj, jun)
Od 30.06 do 29.09 (jul, avgust)

Tabela 4. Vrednosti srednje apsolutne procentualne greške

	MAPE ₆ [%]	MAPE ₁₂ [%]	MAPE ₂₄ [%]	MAPE ₄₈ [%]
13.07.2016.	9.02	21.63	7.24	20.60
29.10.2016.	12.64	11.31	12.36	9.24
26.12.2016.	10.19	9.33	7.70	11.19
16.01.2017.	5.69	3.53	5.57	4.29
26.03.2017.	3.02	6.43	6.21	7.38

5. POREĐENJE REZULTATA

Doprinosi novog metoda kvantifikovani su poređenjem vrednosti srednje apsolutne procentualne greške iz Tabele 1, koja predstavlja rezultate proračuna originalnog algoritma i vrednosti iz Tabele 4, koja predstavlja rezultate primene novog algoritma. U Tabeli 5, kolona "Dan" označava pet karakterističnih dana, kolona "O." rezultate originalnog algoritma, a kolona "N." rezultate novog algoritma. Na osnovu prikazanih rezultata može se uočiti da je primenom novog algoritma, za neke dane, tačnost rezultata porasla za nekoliko desetina procenata.

Tabela 5. MAPE za originalni i novi algoritam

	MAPE ₆ [%]		MAPE ₁₂ [%]		MAPE ₂₄ [%]		MAPE ₄₈ [%]	
Dan	O.	N.	O.	N.	O.	N.	O.	N.
I	50	9	27	21	72	7	22	20
II	103	12	87	11	95	12	78	9
III	31	10	26	9	45	7	52	11
IV	86	5	70	3	89	5	83	4
V	29	3	39	6	23	6	34	7

6. ZAKLJUČAK

Izazov postavljen pred distributere svih vrsta energenta u svetu danas, da na vreme dostave dovoljne količine kvalitetnog energenta bez prekida, svakim danom je sve veći. Pravilo važi i za potražnju prirodnog gasa i njegove distributere. Da bi se na ovakav izazov odgovorilo, potrebna je tačno prognoza i slika o tome, koliko će gasa biti zadržano u narednom vremenskom periodu. Algoritam za proračune prognoza jedan je od alata koji se koriste za takvu analizu i operaterima je neophodno da znaju da je algoritam dovoljno tačan i da se na njega mogu osloniti. Ova potreba za sobom povlači i konstantnu nužnost za optimizacijom samog algoritma i njegovo poboljšanje. U radu je predstavljen algoritam za proračun prognoze. Na osnovu vrednosti MAPE utvrđen je kvalitet njegove primene. Pritom utvrđeno je da je greška proračuna neprihvatljivo velika. Zadatak rada je bio da se postojeći algoritam poboljšanja, odnosno da mu se poveća tačnost. Utvrđeno je kako ulazni parametri (temperatura, brzina vetra, važ-

nosti vazduha, tip dana, potrošnja prethodnog perioda, količina istorijskih podataka, broj) utiču na kvalitet proračuna. Isto tako analiziran je uticaj i metode koje sam algoritam poziva, kao što su metoda sličnih dana (gde je broj temperaturnih grupa i broj definisanih sezona unosio razliku u tačnosti), adaptacija u realnom vremenu, predviđanje vremenskih serija i metoda pomerajućih proseka i u skladu sa njima je algoritam menjan, a proračun pokretan ponovo.

U radu se došlo do zaključka da na kvalitet proračuna prognoze imaju uticaj mnogi faktori, što pojedinačno, što kombinacija više njih. Kroz rad je obrađen uticaj samo nekih od njih i prikazano je da postoji mesta za unapređenje i poboljšanje. Iako je greška značajno smanjena, u nekim primerima na ispod 5%, mora da se naglasi da je u nekim slučajevima i dalje bila neprihvatljivo velika, oko 20%

Neki od pravaca daljeg istraživanja, koji bi doprineli poboljšanju predviđanja protoka prirodnog gasa su svakako:

- Analiza faktora koji bi, pored korišćenih u ovom radu, mogli uticati na protok gasa.
- Način traženja sličnih dana koristeći neke druge metode, npr. neuronske mreže,
- Implementacija neke druge metode za optimizaciju parametara.
- Detaljnija analiza različitih tipova dana i njihov uticaj na proračun.
- Uzeti u obzir različite vrste potrošača, a ne samo stambene, i za reprezentativni uzorak uzeti više stanica, a ne samo jednu.

7. LITERATURA

- [1] S.R.Vitullo, R.H.Brown, G.F.Corriss, B.M.Marx: *Mathematical Models for Natural Gas Forecasting*, Canadian Applied Mathematical Quarterly, University of Alberta, Alberta, 2009.
- [2] N.Turker, F.Gunes: *A competitive approach to neural device modeling: Support vector machines*, Yildiz Technical University, Istanbul, Turkey, 2006.
- [3] B.E.Boser, I.Guyon, V.N.Vapnik: *A training algorithm for optimal margin classifiers*. In Computational Learning Theory, pp 144-152, Pennsylvania 1992.
- [4] F.Reossenblat: *The Perceptron: A Probabilistic Model for Information Storage and Organization in the Brain*, Cornell Aeronautical Laboratory, *Psychological Review*, 1958.
- [5] G.Zhang, B.E.Patuwo, *Forecasting with artificial neural network*, Graduate School of Management, Kent State University, Kent, Ohio 44242-0001, USA, 1997.
- [6] Kim, Sungil, H.Kim, *A new metric of absolute percentage error for intermittent demand forecasts*, International Journal of Forecasting, volume 32 issue 3, pages 669-679.

Kratka biografija:



Nenad Pavlović je rođen 11.07.1990. u Novom Sadu. Gimnaziju "Jovan Jovanović Zmaj" završava 2009. Iste godine upisuje Fakultet tehničkih nauka na kojem stiče zvanje diplomirani inženjer elektrotehnike i računarstva sa diplomskim radom na temu „Solarni paneli na krovovima Liman“, godine 2015. Master rad brani u februaru 2018. Živi i radi u Novom Sadu.

PRORAČUN REŽIMA MIKSOVANE DISTRIBUTIVNE MREŽE SA KRATKIM SPOJEM

SHORT CIRCUIT CALCULATION FOR A MIXED DISTRIBUTION SYSTEM

Nikola Simić, Predrag Vidović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je obrađen proračun režima sa kratkim spojem miksovanih distributivnih mreža. Takođe su obrađeni modeli elemenata i dat je algoritam za proračun kratkih spojeva. Njegova verifikacija za jednofazni (1FKS) i trofazni kratak spoj sa zemljom (3FKSz) urađena je na primeru miksovane mreže. Takođe je izvršena analiza rezultata dobijenih ovim algoritmom.

Abstract – In this paper Short Circuit calculation for mixed distribution networks is described. Here are also presented mathematical models of network elements. An algorithm is given for Short Circuit calculation. Verification of mathematical model is given for phase-to-ground (L-G) and three-phase-to-ground (L-L-L-G) fault and a thorough analysis is given for the results.

Ključne reči: Kratak spoj, miksovane distributivne mreže, transformatori

1. UVOD

Proračun režima s kratkim spojevima, jedan je od najčešćih proračuna elektroenergetskih mreža. Oni se koriste za sebe, ali mnogo češće u okviru velikog broja ostalih proračuna u sistemima za vođenje prenosnih i distributivnih mreža (EMS i DMS softverima). Ključna karakteristika modela mreža s kratkim spojevima jeste da su oni linearni [1]. U ovom radu je reč o proračunima režima elektroenergetskih mreža s kratkim spojevima. Oni imaju širok domen primene. Neke od tih primena jesu [2,3]:

- 1) Struje kratkih spojeva uzrok su prekomernih mehaničkih naprezanja i zagrevanja elemenata mreža, pa se saglasno s tim strujama elementi projektuju.
- 2) Zaštita (releji, prekidači...), kojom se mreže štite od neželjenih režima, reaguje, pre svega, na struje i napone kratkih spojeva, radi električnog odvajanja elemenata s kratkim spojevima od ostataka mreža, pa se zaštite podešavaju s obzirom na veličine tih struja i napona.
- 3) Dimenzionisanje prekidačke opreme i osigurača zasniva se upravo na vrednostima struja kratkih spojeva ne na mestima samih kratkih spojeva, već na mestima gde je ta oprema locirana (krajevi elemenata mreža).

2. EKVIVALENTNE ŠEME ELEMENATA MIKSOVANE DISTRIBUTIVNE MREŽE I MODEL MREŽE

U ovom delu predstavljeni su pofazni matematički modeli (ekvivalentna kola) sekcija vodova i transformatora. Oni su potrebni radi konstituisanja modela (ekvivalentnih kola) distributivnih mreža s kratkim spojevima.

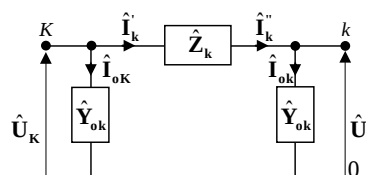
NAPOMENA:

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

2.1. Model sekcije voda

Vodovi su elementi elektroenergetskog sistema namenjeni za prenos i distribuciju električne energije.

Načelna šema sekcije n -faznog voda prikazana je na slici 1. Čvorovi K i k jesu početak i kraj sekcije.



Slika 1. Načelna šema n -fazne sekcije (voda)

Matematički model sekcije sa slike 1 glasi:

$$\hat{I}_k' = \hat{I}_k'' \quad (2.1.1)$$

$$\hat{I}_{oK} = \hat{Y}_{oK} \hat{U}_K, \quad \hat{I}_{ok} = \hat{Y}_{ok} \hat{U}_k, \quad (2.1.2)$$

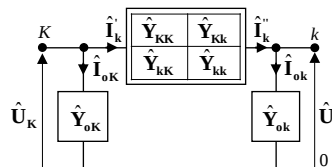
$$\hat{U}_k = \hat{U}_K - \hat{Z}_k \hat{I}_k', \quad (2.1.3)$$

Dimenzije svih matrica modela su $n \times n$, a vektora $n \times 1$ pri čemu je n broj faza sekcije.

2.2. Modeli transformatora

Elektroenergetski trofazni transformatori su namenjeni unutrašnjoj transformaciji električne energije (električna energija u električnu energiju) [3].

Načelna šema trofaznog transformatora prikazana je na slici 2.



Slika 2. Načelna šema trofaznog transformatora

Matematički model transformatora sa slike 2 glasi:

$$\hat{I}_{oK} = \hat{Y}_{oK} \hat{U}_K, \quad \hat{I}_{ok} = \hat{Y}_{ok} \hat{U}_k, \quad (2.2.1)$$

$$\hat{I}_k' = \hat{Y}_{KK} \hat{U}_K + \hat{Y}_{Kk} \hat{U}_k, \quad (2.2.2)$$

$$-\hat{I}_k'' = \hat{Y}_{kK} \hat{U}_K + \hat{Y}_{kk} \hat{U}_k. \quad (2.2.3)$$

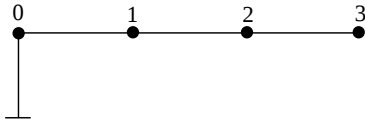
pri čemu se čvorovi K i k odnose na početak i kraj (odnosno na višenaponsku i niženaponsku stranu) transformatora, respektivno.

Dimenzije svih matrica modela su 3×3 , a vektora 3×1 .

3. ODREĐIVANJE EKVIVALENTNE IMPEDANSE NA MESTU KVARA

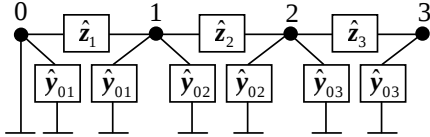
Na slici 3 prikazana je pasivna distributivna mreža sa 4 čvora u praznom hodu. Čvor numerisan nulom je izvor distributivne mreže koji se napaja iz prenosne mreže. Sekcija između čvorova 0 i 1 je trofazna, sekcija između

čvorova 1 i 2 je dvofazna (faze a i b) i sekcija između čvorova 2 i 3 je jednofazna (faza a).



Slika 3. Pasivna distributivna miksovana mreža

Ekvivalentna šema Δ mreže sa slike 3 prikazana je na sl. 4. Naponski izvor u tom čvoru 0 je anuliran u Δ kolu.



Slika 4. Ekvivalentna šema Δ kola sa slike 3

Sledeći korak u pripremi ekvivalentne šeme za određivanje ekvivalentnih admitansi na dole i gore jeste određivanje ukupnih otočnih admitansi u čvorovima. U čvoru 0 postoji paralelna veza kratkog spoja i admitansi konačnih vrednosti, njihova ekvivalentna veza je kratak spoj. Potrebno je obratiti pažnju da se u čvoru 1 ekvivalentne šeme na sl. 4 nalaze dve matrice otočnih admitansi različitih dimenzija, jedna dimenzije 3×3 , a druga 2×2 . Drugu matricu je potrebno prvo proširiti da bude 3×3 , pri čemu će odgovarajuća vrsta i kolona biti popunjene nulama pa onda sabrati sa matricom 3×3 . Slična situacija postoji i u čvoru 3 gde postoje matrice otočnih admitansi dimenzija 2×2 i 1×1 . Ukupne otočne admitanse čvorova su:

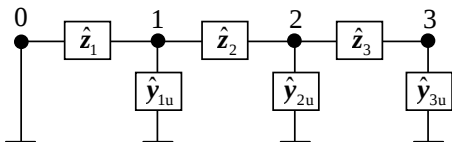
$$\hat{\mathbf{y}}_{3u} = [\hat{\mathbf{y}}_{03aa}], \quad (3.1a)$$

$$\hat{\mathbf{y}}_{2u} = \begin{bmatrix} \hat{\mathbf{y}}_{02aa} & \hat{\mathbf{y}}_{02ba} \\ \hat{\mathbf{y}}_{02ab} & \hat{\mathbf{y}}_{02bb} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \hat{\mathbf{y}}_{03aa} & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad (3.1b)$$

$$\hat{\mathbf{y}}_{1u} = \begin{bmatrix} \hat{\mathbf{y}}_{01aa} & \hat{\mathbf{y}}_{01ba} & \hat{\mathbf{y}}_{01ca} \\ \hat{\mathbf{y}}_{01ab} & \hat{\mathbf{y}}_{01bb} & \hat{\mathbf{y}}_{01cb} \\ \hat{\mathbf{y}}_{01ac} & \hat{\mathbf{y}}_{01bc} & \hat{\mathbf{y}}_{01cc} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \hat{\mathbf{y}}_{02aa} & \hat{\mathbf{y}}_{02ba} & 0 \\ \hat{\mathbf{y}}_{02ab} & \hat{\mathbf{y}}_{02bb} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (3.1c)$$

$$= \begin{bmatrix} \hat{\mathbf{y}}_{01aa} + \hat{\mathbf{y}}_{02aa} & \hat{\mathbf{y}}_{01ba} + \hat{\mathbf{y}}_{02ba} & \hat{\mathbf{y}}_{01ca} \\ \hat{\mathbf{y}}_{01ab} + \hat{\mathbf{y}}_{02ab} & \hat{\mathbf{y}}_{01bb} + \hat{\mathbf{y}}_{02bb} & \hat{\mathbf{y}}_{01cb} \\ \hat{\mathbf{y}}_{01ac} & \hat{\mathbf{y}}_{01bc} & \hat{\mathbf{y}}_{01cc} \end{bmatrix}$$

Definitivna ekvivalentna šema mreže, koja je spremna za određivanje ekvivalentnih admitansi na dole i gore, prikazana je na slici 5.



Slika 5. Definitivna ekvivalentna šema Δ kola

Ako u čvoru 3 postoji otočna admitansa različita od nule ona predstavlja ekvivalentnu admitansu na dole za čvor 3. Ako je ta admitansa jednaka nuli onda se grana 3 ne uvažava za određivanje ekvivalentne admitanse na dole za čvor 2, a ekvivalentna admitansa na dole za čvor 3 je nula. Takođe, ako se u nekom koraku određivanja ekvivalentnih admitansi na dole desi da je ekvivalentna admi-

tansa na dole za čvor grane dalji od izvora mreže jednaka nuli, onda se ta grana ne uvažava u određivanju ekvivalentne admitanse na dole za čvor te grane koji je bliži izvoru mreže.

Ekvivalentna admitansa na dole za čvor 3 je:

$$\hat{\mathbf{y}}_{3d} = \hat{\mathbf{y}}_{3u}. \quad (3.2)$$

Da bi se dobila ekvivalentna admitansa na dole za čvor 2 potrebno je prvo matricu admitansi $\hat{\mathbf{y}}_{3d}$ prevesti u impedansu (inverzija matrice), a zatim sabrati sa matricom impedansi grane 3 (matrica impedansi $\hat{\mathbf{z}}_3$). Zatim tu zbirnu matricu impedansi prevesti u admitansu (inverzija matrice). Pošto je čvor 2 dvofazan, a dobijena matrica admitansi je dimenzije 1×1 , potrebno je tu matricu admitansi proširiti da bude dimenzije 2×2 , a dodate vrstu i kolonu popuniti nulama. Nakon toga, tu matricu admitansi je potrebno sabrati sa matricom admitansi $\hat{\mathbf{y}}_{2u}$:

$$\hat{\mathbf{y}}_{2d} = \hat{\mathbf{y}}_{2u} + \begin{bmatrix} (\hat{\mathbf{z}}_3 + \hat{\mathbf{y}}_{3d}^{-1})^{-1} & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}. \quad (3.3)$$

Da bi se dobila ekvivalentna admitansa na dole za čvor 1 potrebno je prvo matricu admitansi $\hat{\mathbf{y}}_{2d}$ prevesti u matricu impedansi (inverzija matrice) i sabrati sa matricom impedansi grane 2 (matricom impedansi $\hat{\mathbf{z}}_2$). Zatim tu zbirnu matricu impedansi prevesti u matricu admitansi (inverzija matrice). Pošto je čvor 1 trofazan, a dobijena matrica admitansi je dimenzije 2×2 , potrebno je tu matricu proširiti da bude dimenzije 3×3 , a dodate vrstu i kolonu popuniti nulama. Nakon toga, tu admitansu je potrebno sabrati sa matricom admitansi $\hat{\mathbf{y}}_{1u}$ (u matrici koja se sabira sa matricom $\hat{\mathbf{y}}_{1u}$ naznačene su dimenzije submatrice, kao i dimenzija same matrice):

$$\hat{\mathbf{y}}_{1d} = \hat{\mathbf{y}}_{1u} + \begin{bmatrix} [(\hat{\mathbf{z}}_2 + \hat{\mathbf{y}}_{2d}^{-1})^{-1}]_{2 \times 2} & \mathbf{0}_{2 \times 1} \\ \mathbf{0}_{1 \times 2} & 0 \end{bmatrix}_{3 \times 3}. \quad (3.4)$$

Da bi se dobila ekvivalentna admitansa na dole za čvor 0 potrebno je prvo matricu admitansi $\hat{\mathbf{y}}_{1d}$ prevesti u matricu impedansi (inverzija matrice) i sabrati sa matricom impedansi grane 1 (matricom impedansi $\hat{\mathbf{z}}_1$). Zatim tu zbirnu matricu impedansi prevesti u matricu admitansi (inverzija matrice) – u ovom slučaju obe matrice, koje se sabiraju, su istih dimenzija:

$$\hat{\mathbf{y}}_{0d} = (\hat{\mathbf{z}}_1 + \hat{\mathbf{y}}_{1d}^{-1})^{-1}. \quad (3.5)$$

Sada se može dati definitivna relacija za određivanje ekvivalentne matrice admitanse na dole za čvor i :

$$\hat{\mathbf{y}}_{id} = \hat{\mathbf{y}}_{iu} + \sum_{j \in \alpha_i} (\hat{\mathbf{z}}_j + \hat{\mathbf{y}}_{jd}^{-1})^{-1}, \quad (3.6)$$

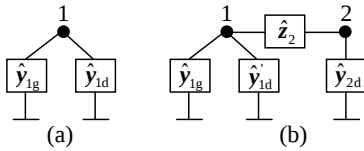
pri čemu je α_i skup indeksa grana koje se napajaju sa čvorova i i kojima je matrica admitansi $\hat{\mathbf{y}}_{jd}$ različita od nulte matrice (regularna). Potrebno je voditi računa da matrice koje se sabiraju moraju da budu istih dimenzija. Ako nisu onda je matrice potrebno dovesti na iste dimenzije proširivanjem matrice manje dimenzije na

dimenziju matrice više dimenzije, pri čemu se dodate vrste i kolone popunjavaju nulama.

Za određivanje ekvivalentne admitanse na gore potrebno je krenuti od čvora 0 (izvor mreže). Sa slike 3.3 očigledno je da je ekvivalentna matrica admitansi na gore za čvor 1 jednaka:

$$\hat{\mathbf{y}}_{1g} = \hat{\mathbf{z}}_1^{-1}. \quad (3.7)$$

Da bi se odredila ekvivalentna matrica admitansi na gore za čvor 2 potrebno je zapaziti matrice $\hat{\mathbf{y}}_{1g}$, $\hat{\mathbf{y}}_{1d}$ i matricu $\hat{\mathbf{y}}_{2d}$ – slika 6.



Slika 6. Čvor 1 (a) i čvorovi 1 i 2 (b) sa matricama admitansi/impedansi

Da bi se dobila matrica admitansi $\hat{\mathbf{y}}'_{1d}$, sa slike 3.4b, koja je dimenzije 2×2 , prvo je potrebno matricu admitansi $\hat{\mathbf{y}}_{1d}$, koja je dimenzije 3×3 , redukovati na dimenziju 2×2 . Pošto, je grana 2 dvofazna (faze a i b) onda se matrica admitansi $\hat{\mathbf{y}}_{1d}$ redukuje tako što joj se izbaci treća vrsta i treća kolona. Na taj način se dobije matrica admitansi $\hat{\mathbf{y}}_{1d}^{\text{red}}$. Sada je matrica $\hat{\mathbf{y}}'_{1d}$:

$$\hat{\mathbf{y}}'_{1d} = \hat{\mathbf{y}}_{1d}^{\text{red}} - (\hat{\mathbf{z}}_2 + \hat{\mathbf{y}}_{2d}^{-1})^{-1}. \quad (3.8)$$

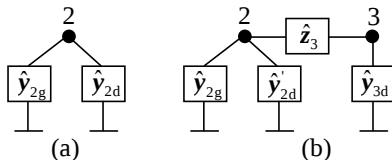
Ako je $\hat{\mathbf{y}}_{2d}$ nulta matrica (singularna) tada je $\hat{\mathbf{y}}'_{1d} = \hat{\mathbf{y}}_{1d}^{\text{red}}$

Da bi se dobila matrica admitansi $\hat{\mathbf{y}}_{2g}$, koja je dimenzije 2×2 , prvo je potrebno matricu admitansi $\hat{\mathbf{y}}_{1g}$, koja je dimenzije 3×3 , redukovati na dimenziju 2×2 . Pošto, je grana 2 dvofazna (faze a i b) onda se matrica admitansi $\hat{\mathbf{y}}_{1g}$ redukuje tako što joj se izbaci treća vrsta i treća kolona. Na taj način se dobije matrica admitansi $\hat{\mathbf{y}}_{1g}^{\text{red}}$.

Sada je matrica admitansi $\hat{\mathbf{y}}_{2g}$:

$$\hat{\mathbf{y}}_{2g} = [\hat{\mathbf{z}}_2 + (\hat{\mathbf{y}}'_{1d} + \hat{\mathbf{y}}_{1g}^{\text{red}})^{-1}]^{-1}. \quad (3.9)$$

Da bi se odredila matrica admitansi na gore za čvor 3 potrebno je zapaziti matrice admitansi $\hat{\mathbf{y}}_{2g}$, $\hat{\mathbf{y}}_{2d}$ i $\hat{\mathbf{y}}_{3d}$ – slika 7.



Slika 7. Čvor 2 (a) i čvorovi 2 i 3 (b) sa matricama admitansi/impedansi

Da bi se dobila matrica admitansi $\hat{\mathbf{y}}'_{2d}$, sa slike 7b, koja je dimenzije 1×1 , prvo je potrebno matricu admitansi $\hat{\mathbf{y}}_{2d}$, koja je dimenzije 2×2 , redukovati na dimenziju 1×1 . Pošto, je grana 3 jednofazna (faza a) onda se matrica

admitansi $\hat{\mathbf{y}}_{2d}$ redukuje tako što joj se izbaci druga vrsta i druga kolona. Na taj način se dobije matrica admitansi $\hat{\mathbf{y}}_{2d}^{\text{red}}$. Sada je matrica $\hat{\mathbf{y}}'_{2d}$:

$$\hat{\mathbf{y}}'_{2d} = \hat{\mathbf{y}}_{2d}^{\text{red}} - (\hat{\mathbf{z}}_3 + \hat{\mathbf{y}}_{3d}^{-1})^{-1}. \quad (3.10)$$

Ako je $\hat{\mathbf{y}}_{3d}$ nulta matrica (singularna) tada je $\hat{\mathbf{y}}'_{2d} = \hat{\mathbf{y}}_{2d}^{\text{red}}$.

Da bi se dobila matrica admitansi $\hat{\mathbf{y}}_{3g}$, koja je dimenzije 1×1 , prvo je potrebno matricu admitansi $\hat{\mathbf{y}}_{2g}$, koja je dimenzije 2×2 , redukovati na dimenziju 1×1 . Pošto, je grana 3 jednofazna (faza a) onda se matrica admitansi $\hat{\mathbf{y}}_{2g}$ redukuje tako što joj se izbaci druga vrsta i druga kolona. Na taj način se dobije matrica admitansi $\hat{\mathbf{y}}_{2g}^{\text{red}}$.

Sada je matrica admitansi $\hat{\mathbf{y}}_{3g}$:

$$\hat{\mathbf{y}}_{3g} = [\hat{\mathbf{z}}_3 + (\hat{\mathbf{y}}'_{2d} + \hat{\mathbf{y}}_{2g}^{\text{red}})^{-1}]^{-1}. \quad (3.11)$$

Sada se može dati definitivna relacija za određivanje ekvivalentne matrice admitanse na gore za čvor i :

$$\hat{\mathbf{y}}_{ig} = [\hat{\mathbf{z}}_i + (\hat{\mathbf{y}}'_{jd} + \hat{\mathbf{y}}_{jg}^{\text{red}})^{-1}]^{-1}, \quad (3.12)$$

pri čemu je j indeks čvora sa kojeg se napaja grana i . Potrebno je voditi računa da matrice koje se sabiraju/oduzimaju moraju da budu istih dimenzija. Ako nisu onda je matrice potrebno dovesti na iste dimenzije redukovanjem matrice više dimenzije na dimenziju matrice manje dimenzije.

Kada se za čvor i odrede ekvivalentne matrice admitansi na gore i dole onda se ekvivalentna matrica admitansi viđena iz čvora određuje na sledeći način:

$$\hat{\mathbf{y}}_{ie} = \hat{\mathbf{y}}_{ig} + \hat{\mathbf{y}}_{id}. \quad (3.13)$$

4. PRORAČUN REŽIMA Δ KOLA NEURAVNOTEŽENE MIKSOVANE MREŽE U FAZOM DOMENU

U ovom delu date su relacije za proračun struja kvara dva tipa metalnih kratkih spojeva. Obradeni su jednofazni kratak spoj i trofazni kratak spoj sa zemljom.

4.1 Jednofazni kratak spoj

Ako bi se simulirao kratak spoj u fazi a relacije za određivanje struja na mestu kratkog spoja bi bile:

$$\hat{I}_{ak}^{\Delta} = \frac{\hat{U}_{ak}}{\hat{Z}_{aak}}, \quad (4.1.1a)$$

$$\hat{I}_{bk}^{\Delta} = 0, \quad (4.1.1b)$$

$$\hat{I}_{ck}^{\Delta} = 0. \quad (4.1.1c)$$

Ako bi se simulirao kratak spoj u fazi b relacije za određivanje struja na mestu kratkog spoja bi bile:

$$\hat{I}_{ak}^{\Delta} = 0, \quad (4.1.2a)$$

$$\hat{I}_{bk}^{\Delta} = \frac{\hat{U}_{bk}}{\hat{Z}_{bbk}}, \quad (4.1.2b)$$

$$\hat{I}_{ck}^{\Delta} = 0. \quad (4.1.2c)$$

Ako bi se simulirao kratak spoj u fazi c, relacije za određivanje struja na mestu kratkog spoja bi bile:

$$\hat{I}_{ak}^{\Delta} = 0, \quad (4.1.3a)$$

$$\hat{I}_{bk}^{\Delta} = 0, \quad (4.1.3b)$$

$$\hat{I}_{ck}^{\Delta} = \frac{\hat{U}_{ck}}{\hat{Z}_{ck}}. \quad (4.1.3c)$$

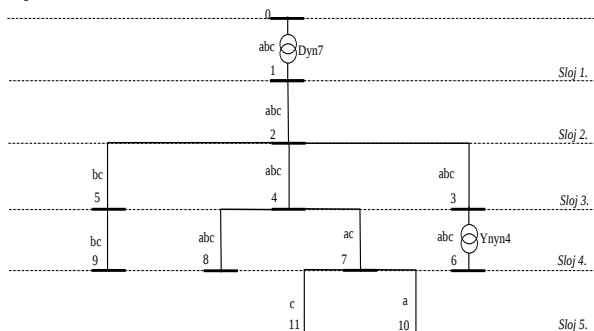
4.2. Trofazni kratak spoj sa zemljom

Ako bi se simulirao trofazni kratak spoj sa zemljom struje na mestu kvara bi se određivale na sledeći način:

$$\begin{bmatrix} \hat{I}_{ak}^{\Delta} \\ \hat{I}_{bk}^{\Delta} \\ \hat{I}_{ck}^{\Delta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{Z}_{aak} & \hat{Z}_{bak} & \hat{Z}_{cak} \\ \hat{Z}_{abk} & \hat{Z}_{bbk} & \hat{Z}_{cbk} \\ \hat{Z}_{ack} & \hat{Z}_{bck} & \hat{Z}_{ckk} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \hat{U}_{ak} \\ \hat{U}_{bk} \\ \hat{U}_{ck} \end{bmatrix}. \quad (4.2.1)$$

5. NUMERIČKA VERIFIKACIJA PRORAČUNA KRATKIH SPOJEVA MIKSOVANE DISTRIBUTIVNE MREŽE

Na slici 8 je prikazana distributivna mreža složena po slojevima.



Slika 8. Miksovana distributivna mreža

Mreža se sastoji od 12 čvorova i 11 rednih grana. Na slici je pored svake sekcije prikazana njena faznost. Mreža sadrži 2 trofazna transformatora.

Za simuliranje 1FKS u svim onim čvorovima koji su veće faznosti od jedan i sadrže fazu a, izabrana je faza a. Ukoliko je u pitanju dvofazni čvor koji nema fazu a, simuliran je u fazi b. Jasno je da je u čvorovima koji su jednofazni kratak spoj simuliran baš u toj fazi. Rezultati su predstavljeni u tabeli 1

Tabela 1. Struje Δ kola na mestu kvara pri 1FKS

Čvor	1FKS					
	Faza					
	A		B		C	
	I[A]	ugao[°]	I[A]	ugao[°]	I[A]	ugao[°]
1	8558.4	-82.8	0.0	0.0	0.0	0.0
2	3474.2	-75.8	0.0	0.0	0.0	0.0
3	2961.5	-72.9	0.0	0.0	0.0	0.0
4	2166.6	-73.9	0.0	0.0	0.0	0.0
5	/	/	3020.9	169.8	0.0	0.0
6	13070	-67.2	0.0	0.0	0.0	0.0
7	2107.5	-71.5	/	/	0.0	0.0
8	1852.7	-73.7	0.0	0.0	0.0	0.0
9	/	/	2687.3	172.7	0.0	0.0
10	2091.4	-63.2	/	/	/	/
11	/	/	/	/	2100.2	49.6

3FKS_z je simuliran u svim trofaznim čvorovima. Rezultati tih simulacija su prikazani u tabeli 6.

Tabela 6. Struje Δ kola na mestu kvara pri 3FKS_z

Čvor	3FKS					
	Faza					
	A		B		C	
	I[A]	ugao[°]	I[A]	ugao[°]	I[A]	ugao[°]
1	8554.2	-82.84	8587.6	157.2	8587.4	37.3
2	4772.1	-75.4	4739.3	158.4	4485.1	43.03
3	4154.1	-72.2	4063.5	162.4	3869.8	47.3
4	3304.8	-72.6	3285.4	159.1	3023.3	45.1
6	15249.0	-65.8	15204.0	171.67	14851.0	53.8
8	2894.2	-71.9	2849.3	159.3	2600.1	45.7

6. ZAKLJUČAK

U okviru ovog rada objašnjen je postupak za proračun režima sa kratkim spojem radijalnih miksovanih distributivnih mreža, sa trofaznim uravnoteženim transformatorima svih osnovnih sprega. Ovaj postupak se pokazao kao vrlo brz i efikasan. Njegova najveća prednost je u tome što se u jednoj iteraciji izračunaju ekvivalentne admitanse videne iz čvora. Brzina algoritma ne dolazi do izražaja na mrežama kao što je data test mreža, dok je na realnim mrežama koje su dimenzionalnosti i po nekoliko desetina hiljada čvorova, prednost ovog algoritma prilično velika. Potrebno je napomenuti da je ovaj algoritam za svaki naredni proračun u datoj mreži mnogostruko efikasniji, jer se u proračunima polazi od već izračunatih ekvivalenata za svaki čvor mreže. Ova osobina algoritma je od suštinskog značaja za proračune kod, na primer, provere osetljivosti relejne zaštite gde se mnogobrojni proračuni izvode nad istom strukturom i parametrima mreže, čime se značajno dobija na efikasnosti proračuna.

7. LITERATURA

- [1] V. C. Strezoski: Osnovni proračuni elektroenergetskih sistema, FTN izdavaštvo, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 2017.
- [2] H. Požar: Visokonaponska rasklopna postrojenja, Tehnička knjiga, Zagreb, 1973.
- [3] J. Nahman, V. Mijailović: Visokonaponska postrojenja, Beopres, Beograd, 2000.
- [4] P. Vidović: Analiza elektroenergetskih sistema 3, skripta, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 2017.

Kratka biografija:



Nikola Simić rođen je u Sremskoj Mitrovici 1993. god. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetski sistemi odbranio je 2016. god. Iste godine upisao je master studije.



Predrag Vidović rođen u Vlasenici, Bosna i Hercegovina 1981. god. Diplomirao je, magistrirao i doktorirao na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetski sistemi 2005, 2008. i 2015. god, respektivno.

STATIČKA ESTIMACIJA STANJA SA OGRANIČENJIMA TIPa NEJEDNAKOSTI U PRENOSNIM MREŽAMA

POWER SYSTEM STATE ESTIMATION WITH INEQUALITY CONSTRAINTS

Spasoja Damjanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je obrađen problem statičke estimacije stanja sa različitim tretmanom injektiranih aktivnih i reaktivnih snaga. Objašnjen je način uvažavanja ograničenja tipa nejednakosti.

Abstract – In this paper the state estimation with different treatment of power injections is analyzed. Also the inequality constraints are included to the state estimation calculation.

Ključne reči: Estimacija stanja, sistem nelinearnih algebarskih jednačina, ograničenja tipa nejednakosti.

1. UVOD

Osnovni zahtjev za većinu proračuna vezanih za analizu, eksploataciju i upravljanje elektroenergetskim sistemima (EES) jeste poznavanje aktuelnog režima. Od interesa je poznavanje stanja EES-a u nekom diskretnom vremenskom trenutku, a ne način na koji je sistem dospio u taj režim, pa se estimacija stanja naziva statičkom [1]. Zbog toga estimacija stanja predstavlja bazičnu funkciju za najveći broj proračuna u navedenim oblastima. Estimacija stanja se sastoji iz dva koraka [2]:

1. Konvertovanje telemetrisanih vrijednosti mjerenja i signalizacija statusa rasklopne opreme u realnom vremenu, kao i generisanih pseudo-mjerenja, u pouzdan vektor promjenljivih stanja. Vrijednosti mjerenja i statusi rasklopne opreme dobijaju se pomoću SCADA sistema [3].
2. Rekonstrukcija režima EES-a na osnovu proračunatog vektora promjenljivih stanja [4].

2. TEORIJSKE OSNOVE

Estimator stanja je matematički algoritam, pomoću kojeg se transformišu mjerni podaci iz sistema u procjenu vektora promjenljivih stanja. Svi podaci koji se koriste u estimatoru stanja u sebi mogu sadržati razne greške i nepreciznosti. Estimacija stanja se zasniva na tzv. „čvor-grana“ („čvor-grana-šant“) modelu, koji se u realnim EES-ima dobija iz aktuelnog statusa rasklopne opreme u postrojenjima. U ovom poglavlju biće objašnjeni osnovni pojmovi u estimaciji stanja.

2.1. Vektor mjerenja i stanja, varijansa mjerenja i redundansa mjerenja

Vektor stanja predstavlja n-dimenzioni vektor promjenljivih stanja ($\mathbf{x}$) [5]. Vektor promjenljivih stanja za proračun estimacije stanja, koji je zasnovan na „čvor-grana“ modelu, sastoji se iz sljedećih promjenljivih:

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Andrija Sarić, red. prof.

$$\mathbf{x} = [\boldsymbol{\theta}^T \quad \mathbf{V}^T \quad \mathbf{a}_l^T \quad \boldsymbol{\phi}_l^T]^T \quad (1)$$

gdje su:

$\mathbf{V}$ – vektor modula fazora napona,

$\boldsymbol{\theta}$ – vektor uglova fazora napona (osim referentno-balansnog),

$\mathbf{a}_l$ – vektor nenominalnih odnosa transformacije klasičnih regulacionih transformatora,

$\boldsymbol{\phi}_l$ – vektor nenominalnih odnosa transformacije faznih regulacionih transformatora.

Vektor promjenljivih stanja za proračun estimacije stanja, koji je zasnovan na „čvor-grana-šant“ modelu, proširuje se dodatnim promjenljivim koje se odnose na aktivne i reaktivne snage svih šantova u sistemu (potrebno je naglasiti da dodatne promjenljive ne predstavljaju promjenljive stanja u smislu da su neophodne za rekonstrukciju režima EES-a, već u procesu estimacije stanja imaju isti tretman kao promjenljive stanja, pa će se samo zbog toga u ostatku rada pod promjenljivim stanja podrazumijevati i promjenljive koje se odnose na aktivne i reaktivne snage šantova). Vektor promjenljivih stanja sastoji se iz sledećih promjenljivih:

$$\mathbf{x} = [\boldsymbol{\theta}^T \quad \mathbf{V}^T \quad \mathbf{a}_l^T \quad \boldsymbol{\phi}_l^T \quad \mathbf{P}^T \quad \mathbf{Q}^T]^T \quad (2)$$

gdje su:

$\mathbf{P}$ – vektor aktivnih snaga svih šantova u EES-u,

$\mathbf{Q}$ – vektor reaktivnih snaga svih šantova u EES-u.

Vektor mjerenja ($\mathbf{z}$) povezan je sa vektorom promjenljivih stanja ($\mathbf{x}$) preko nelinearne jednačine [5]:

$$\mathbf{z} = \mathbf{h}(\mathbf{x}) + \mathbf{e} \quad (3)$$

gdje su:

$\mathbf{z}$ – M-dimenzioni vektor mjerenja (M predstavlja ukupan broj mjerenja u sistemu),

$\mathbf{h}(\mathbf{x})$ – M-dimenzioni vektor funkcija promjenljivih stanja,

$\mathbf{e}$ – M-dimenzioni slučajni vektor grešaka mjerenja.

Mjerenja koja se koriste u proračunu estimacije stanja, koja se zasniva na „čvor-grana“ modelu, su:

$$\mathbf{z} = [\mathbf{P}_L^T \quad \mathbf{Q}_L^T \quad \mathbf{I}_L^T \quad \mathbf{P}_i^T \quad \mathbf{Q}_i^T \quad \mathbf{I}_i^T \quad \mathbf{V}_i^T \quad \mathbf{a}_L^T \quad \boldsymbol{\phi}_L^T]^T \quad (4)$$

gdje su:

$\mathbf{P}_L$ – vektor tokova aktivnih snaga,

$\mathbf{Q}_L$ – vektor tokova reaktivnih snaga,

$\mathbf{I}_L$ – vektor tokova struja,

$\mathbf{P}_i$ – vektor injektiranih aktivnih snaga,

$\mathbf{Q}_i$ – vektor injektiranih reaktivnih snaga,

$\mathbf{I}_i$ – vektor injektiranih struja,

$\mathbf{V}_i$ – vektor modula napona (direktno mjerenje promjenljivih stanja),

$\mathbf{a}_L$ – vektor nenominalnih odnosa transformacije klasičnih regulacionih transformatora (direktno mjerenje promjenljivih stanja),

$\boldsymbol{\phi}_L$ – vektor uglova faznih regulacionih transformatora (direktno mjerenje promjenljivih stanja).

Mjerenja koja se koriste u proračunu estimacije stanja, koja se zasniva na „čvor-grana-šant“ modelu, su:

$$\mathbf{z} = [\mathbf{P}_L^T \quad \mathbf{Q}_L^T \quad \mathbf{I}_L^T \quad \mathbf{P}_{\text{virtual}}^T \quad \mathbf{Q}_{\text{virtual}}^T \quad \mathbf{P}_s^T \quad \mathbf{Q}_s^T \quad \mathbf{I}_i^T \quad \mathbf{V}_i^T \quad \mathbf{a}_L^T \quad \mathbf{\phi}_L^T]^T \quad (5)$$

gdje su:

$\mathbf{P}_s$ – vektor mjerenja aktivnih snaga svih šantova,

$\mathbf{Q}_s$ – vektor mjerenja reaktivnih snaga svih šantova,

$\mathbf{P}_{\text{virtual}}$ – vektor virtuelnih mjerenja aktivne snage svih čvorova,

$\mathbf{Q}_{\text{virtual}}$ – vektor virtuelnih mjerenja reaktivne snage svih čvorova.

Sva mjerenja mogu se klasifikovati u tri grupe [2]:

1. analogna mjerenja,
2. pseudo-mjerenja,
3. virtuelna mjerenja.

Analogna (stvarna) mjerenja su mjerenja koja se dobijaju od SCADA sistema. Pseudo-mjerenja su pretpostavljene (planske) vrijednosti nekih veličina, kao što su prognozirana opterećenja u pojedinim čvorovima koji nisu pokriveni mjernim uređajima. Pored stvarnih i pseudo-mjerenja, postoje i virtuelna mjerenja, koja fizički ne postoje kao i pseudo-mjerenja, ali njihova vrijednost je poznata u svakom trenutku sa velikom sigurnošću. Ta mjerenja se odnose na injektiranje aktivne i reaktivne snage u prolaznim čvorovima.

Redundansa mjerenja definiše se kao odnos broja raspoloživih (M) i minimalno potrebnog broja nezavisnih mjerenja, koji praktično odgovara broju promjenljivih stanja sistema (n), pri čemu je $M > n$ [2]:

$$R_d = \frac{M}{n} \quad (6)$$

3. FORMULACIJA PROBLEMA

U ovom poglavlju formulisan je i matematički postavljen problem estimacije stanja, tj. formirana je kriterijumska funkcija koju je potrebno minimizovati. Usvojeno je da u sistemu nema nenominalnih odnosa transformacije klasičnih i faznih regulacionih transformatora, te vektor stanja (4) čine samo moduli i uglovi napona čvorova za estimaciju zasnovanu na „čvor-grana“ modelu. Za estimaciju stanja zasnovanu na „čvor-grana-šant“ modelu, pored modula i uglova napona čvorova, vektor promjenljivih stanja čine aktivne i reaktivne snage svih šantova u EES-u.

3.1. Estimacija stanja zasnovana na „čvor-grana“ modelu

Estimacija predstavlja proces u kome se proračunava estimirana vrijednost vektora promjenljivih stanja ($\mathbf{x}$) u diskretnom vremenskom trenutku, odnosno minimizira se vektor reziduala mjerenja, dat izrazom [1]:

$$\mathbf{r} = \mathbf{z} - \mathbf{h}(\mathbf{x}) \quad (7)$$

gdje su:

$\mathbf{r}$ – vektor reziduala mjerenja,

$\mathbf{z}$ – vektor mjerenja,

$\mathbf{h}(\mathbf{x})$ – vektor estimiranih vrijednosti mjerenja za dati vektor stanja.

Primjenom metoda sume otežanih kvadrata, dobija se kriterijumska funkcija [4]:

$$J(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^M w_i (z_i - h_i(\mathbf{x})) \quad (8)$$

gdje w_i predstavlja težinski faktor dodeljen i-tom merenju.

Minimum kriterijumske funkcije dobija se kada se prvi izvod funkcije, definisane u izrazu (8) izjednači sa nulom:

$$\frac{\partial J(\mathbf{x})}{\partial \mathbf{x}} = \mathbf{0} \quad (9)$$

Nakon diferenciranja, dobija se izraz:

$$\mathbf{H}^T \mathbf{W} [\mathbf{z} - \mathbf{h}(\mathbf{x})] = \mathbf{0} \quad (10)$$

Izraz (10) predstavlja sistem nelinearnih algebarskih jednačina, čijim rješavanjem se dobija „najbolja“ procjena vektora promjenljivih stanja za dati ulazni skup podataka.

Elementi vektora $\mathbf{h}(\mathbf{x})$ se proračunavaju različito, zavisno od tipa mjerenja. Injektirane aktivne i reaktivne snage se računaju na osnovu sljedećih izraza, respektivno:

$$P_i = V_i^2 G_{ii} + V_i \sum_{j \in \Omega_i} V_j [G_{ij} \cos(\theta_i - \theta_j) + B_{ij} \sin(\theta_i - \theta_j)] \quad (11)$$

$$Q_i = -V_i^2 B_{ii} + V_i \sum_{j \in \Omega_i} V_j [G_{ij} \sin(\theta_i - \theta_j) - B_{ij} \cos(\theta_i - \theta_j)] \quad (12)$$

gdje su:

P_i, Q_i – injektirana aktivna i reaktivna snaga u i-tom čvoru, respektivno,

V_i, θ_i – modul i ugao fazora napona u i-tom čvoru, respektivno,

G_{ij} – realni dio elementa matrice admitansi na poziciji ij,

B_{ij} – imaginarni dio elementa matrice admitansi na poziciji ij.

Potrebno je naglasiti da se mjerenje injektirane aktivne snage dobija kao zbir mjerenja aktivne snage na svim šantovima koji su priključeni u datom čvoru. Ukoliko na nekom šantu ne postoji analogno mjerenje aktivne snage, za taj šant se kreira pseudo-mjerenje aktivne snage. Analogno važi i za formiranje mjerenja injektiranja reaktivne snage za dati čvor.

3.2. Estimacija stanja zasnovana na „čvor-grana-šant“ modelu

Vektor promjenljivih stanja proširuje se dodatnim promjenljivim, odnosno aktivnim i reaktivnim snagama svih šantova u EES-u. Takođe, vektor mjerenja je proširen sa mjerenjima aktivne i reaktivne snage na šantovima. Tretman injektiranja aktivnih i reaktivnih snaga se razlikuje. Osnovni princip jeste da se ne kreiraju mjerenja injektiranja za svaki čvor na osnovu sume snaga svih šantova koji su priključeni u datom čvoru, već da se estimacija stanja vrši posebno za snage svih šantova koji su priključeni u sistemu. Suma aktivnih snaga svih priključenih šantova mora biti jednaka sumi aktivnih snaga po svim incidentnim granama, pa se kreiraju posebne funkcije date sljedećim izrazima:

$$P_{\text{virtual}(j)} = \sum_{k=1}^T P_{Lk(j)} - \sum_{i=1}^D P_{si(j)} = 0 \quad (13)$$

$$Q_{\text{virtual}(j)} = \sum_{k=1}^T Q_{Lk(j)} - \sum_{i=1}^D Q_{si(j)} = 0 \quad (14)$$

gdje su:

D – ukupan broj šantova priključenih u datom čvoru,

T – ukupan broj incidentnih grana za dati čvor,

P_{si} – aktivna snaga i-tog šanta za dati čvor,

Q_{si} – reaktivna snaga i-tog šanta za dati čvor,

P_{Lk} – tok aktivne snage po k-toj grani koja je incidentna datom čvoru,

$Q_{L,k}$ – tok reaktivne snage po k-toj grani koja je incidentna datom čvoru,

j – indeks čvora za koji se formira virtuelno mjerenje.

Ukoliko se suma aktivnih snaga po incidentnim granama u (11) zamjeni sa (13), dobija se sljedeći izraz:

$$P_{\text{virtual}} = V_i^2 G_{ii} + V_i \sum_{j \in \Omega_i} V_j [G_{ij} \cos(\theta_i - \theta_j) + B_{ij} \sin(\theta_i - \theta_j)] - \sum_{i=1}^D P_{si} = 0$$

Ukoliko se suma reaktivnih snaga po incidentnim granama u (12) zamjeni sa (14), dobija se sljedeći izraz:

$$Q_{\text{virtual}} = -V_i^2 B_{ii} + V_i \sum_{j \in \Omega_i} V_j [G_{ij} \sin(\theta_i - \theta_j) - B_{ij} \cos(\theta_i - \theta_j)] - \sum_{i=1}^D Q_{si} = 0$$

Vrijednost prethodno definisanih funkcija je poznata u svakom vremenskom trenutku sa velikom sigurnošću, i jednaka je nuli. Stoga se formiraju virtuelna mjerenja za sve čvorove u EES-u sa prethodno definisanim funkcijama.

4. RJEŠENJE PROBLEMA

Princip rješavanja problema je isti za oba modela estimacije stanja. Međutim, pošto se vektori mjerenja i stanja razlikuju, to i matrica Jakobijana ima drugačiji oblik. Data je osnovna forma matrice Jakobijana za oba modela estimacije stanja.

Takođe, objašnjen je princip uvažavanja ograničenja tipa nejednakosti, koja se odnose na aktivne i reaktivne snage šantova. Konačan oblik jednačina estimacije stanja je:

$$\mathbf{G}\Delta\mathbf{x} = \mathbf{H}^T \mathbf{W}\Delta\mathbf{z} \quad (15)$$

gdje $\mathbf{G}$ predstavlja matricu pojačanja.

Izraz (15) može se napisati u opštoj formi:

$$\mathbf{G}(\mathbf{x}^{(k)})\Delta\mathbf{x}^{(k)} = \mathbf{H}(\mathbf{x}^{(k)})\mathbf{R}^{-1}\Delta\mathbf{z}^{(k)}; k = 0, 1, 2, \dots \quad (16)$$

$$\mathbf{x}^{(k+1)} = \mathbf{x}^{(k)} + \Delta\mathbf{x}^{(k)} \quad (17)$$

gdje su:

$\mathbf{G}(\mathbf{x}^{(k)}) = \mathbf{H}(\mathbf{x}^{(k)})^T \mathbf{R}^{-1} \mathbf{H}(\mathbf{x}^{(k)})$ – matrica pojačanja,

$\mathbf{H}(\mathbf{x}^{(k)})$ – Jakobijan matrica,

$\Delta\mathbf{z}^{(k)} = \mathbf{z} - \mathbf{h}(\mathbf{x}^{(k)})$ – priraštaj vektora mjerenja,

$\Delta\mathbf{x}^{(k)}$ – korekcija vektora stanja.

Iterativni postupak se završava kada je zadovoljena sljedeća nejednakost:

$$\max\{\Delta\mathbf{x}\} \leq \xi \quad (18)$$

gdje je ξ unaprijed zadati mali broj.

Kada je skup merenja dovoljan i pravilno distribuiran u EES-u, tada je matrica pojačanja $\mathbf{G}(\mathbf{x})$ punog ranga, pa je $\mathbf{G}(\mathbf{x})$ regularna matrica, tako da je sigurno obezbjeđena numerička stabilnost proračuna [2].

Za rešavanje sistema (16) koristi se metod trougaone faktorizacije rijetkih matrica, odnosno LDU faktorizacija [5].

4.1. Formiranje matrice Jakobijana za estimaciju stanja zasnovanu na „čvor-grana“ modelu

Dimenzije i strukturu matrice Jakobijana definiše vektor merenja ($\mathbf{z}$) i vektor promjenljivih stanja ($\mathbf{x}$). Matrica Jakobijana ima sljedeću formu (zbog jednostavnosti iz vektora promjenljivih stanja i vektora merenja zanemareni su odnosi transformacije klasičnih faznih i regulacionih transformatora, kao i uticaj strujnih mjerenja):

$$\mathbf{H}(\mathbf{x}) = \begin{bmatrix} \frac{\partial \mathbf{P}_L}{\partial \mathbf{V}} & \frac{\partial \mathbf{P}_L}{\partial \boldsymbol{\theta}} \\ \frac{\partial \mathbf{Q}_L}{\partial \mathbf{V}} & \frac{\partial \mathbf{Q}_L}{\partial \boldsymbol{\theta}} \\ \frac{\partial \mathbf{P}_I}{\partial \mathbf{V}} & \frac{\partial \mathbf{P}_I}{\partial \boldsymbol{\theta}} \\ \frac{\partial \mathbf{Q}_I}{\partial \mathbf{V}} & \frac{\partial \mathbf{Q}_I}{\partial \boldsymbol{\theta}} \\ \frac{\partial \mathbf{V}_I}{\partial \mathbf{V}} & \frac{\partial \mathbf{V}_I}{\partial \boldsymbol{\theta}} \end{bmatrix} \quad (19)$$

4.2. Formiranje matrice Jakobijana za estimaciju stanja zasnovanu na „čvor-grana-šant“ modelu

Matrica Jakobijana se proširuje sa dodatnim submatricama, koje predstavljaju osjetljivosti estimiranih vrijednosti mjerenja na promjenu aktivnih i reaktivnih snaga šantova. Jedan dio Jakobijana se formira na identičan, ili sličan način kao za estimaciju stanja zasnovanu na „čvor-grana“ modelu. Računanje elemenata dodatnih submatrica izvoda prikazano je u master radu. Matrica Jakobijana ima sljedeći oblik:

$$\mathbf{H}(\mathbf{x}) = \begin{bmatrix} \frac{\partial \mathbf{P}_L}{\partial \mathbf{V}} & \frac{\partial \mathbf{P}_L}{\partial \boldsymbol{\theta}} & \frac{\partial \mathbf{P}_L}{\partial \mathbf{P}} & \frac{\partial \mathbf{P}_L}{\partial \mathbf{Q}} \\ \frac{\partial \mathbf{Q}_L}{\partial \mathbf{V}} & \frac{\partial \mathbf{Q}_L}{\partial \boldsymbol{\theta}} & \frac{\partial \mathbf{Q}_L}{\partial \mathbf{P}} & \frac{\partial \mathbf{Q}_L}{\partial \mathbf{Q}} \\ \frac{\partial \mathbf{P}_{\text{virtual}}}{\partial \mathbf{V}} & \frac{\partial \mathbf{P}_{\text{virtual}}}{\partial \boldsymbol{\theta}} & \frac{\partial \mathbf{P}_{\text{virtual}}}{\partial \mathbf{P}} & \frac{\partial \mathbf{P}_{\text{virtual}}}{\partial \mathbf{Q}} \\ \frac{\partial \mathbf{Q}_{\text{virtual}}}{\partial \mathbf{V}} & \frac{\partial \mathbf{Q}_{\text{virtual}}}{\partial \boldsymbol{\theta}} & \frac{\partial \mathbf{Q}_{\text{virtual}}}{\partial \mathbf{P}} & \frac{\partial \mathbf{Q}_{\text{virtual}}}{\partial \mathbf{Q}} \\ \frac{\partial \mathbf{V}_I}{\partial \mathbf{V}} & \frac{\partial \mathbf{V}_I}{\partial \boldsymbol{\theta}} & \frac{\partial \mathbf{V}_I}{\partial \mathbf{P}} & \frac{\partial \mathbf{V}_I}{\partial \mathbf{Q}} \\ \frac{\partial \mathbf{P}_s}{\partial \mathbf{V}} & \frac{\partial \mathbf{P}_s}{\partial \boldsymbol{\theta}} & \frac{\partial \mathbf{P}_s}{\partial \mathbf{P}} & \frac{\partial \mathbf{P}_s}{\partial \mathbf{Q}} \\ \frac{\partial \mathbf{Q}_s}{\partial \mathbf{V}} & \frac{\partial \mathbf{Q}_s}{\partial \boldsymbol{\theta}} & \frac{\partial \mathbf{Q}_s}{\partial \mathbf{P}} & \frac{\partial \mathbf{Q}_s}{\partial \mathbf{Q}} \end{bmatrix} \quad (20)$$

4.3. Uvažavanje ograničenja tipa nejednakosti u proračunu estimacije stanja koja se zasniva na „čvor-grana-šant“ modelu

Osnovna razlika između prethodna dva algoritma estimacije stanja jeste u tretmanu mjerenja injektiranja (aktivnih i reaktivnih snaga). Za estimaciju stanja zasnovanu na „čvor-grana“ modelu, mjerenja injektiranja su se formirala na osnovu zbira snage svih šantova koji su priključeni u datom čvoru.

Kod estimacije stanja zasnovane na „čvor-grana-šant“ modelu, ne kreiraju se mjerenja injektiranja za svaki čvor na osnovu sume snaga svih šantova koji su priključeni u datom čvoru, već se estimacija stanja vrši posebno za snage svih šantova koji su priključeni u sistemu.

Uvažavanje ograničenja nejednakosti: u svakoj zadatoj iteraciji (drugo, trećoj i ostalim), provjeravaju se ograni-

čenja snaga šantova. Ukoliko je snaga veća od gornje granice, estimirana vrednost se postavlja na tu maksimalnu vrijednost definisanu za dati šant. Ukoliko je snaga manja od minimalne vrijednosti snage za dati šant, estimirana vrednost mjerenja se postavlja na tu minimalnu vrednost. Kada se izvrši postavljanje estimirane vrednosti merenja snage na datom šantu (na gornje ili donje ograničenje), to mjerenje snage za dati šant se izbacuje iz vektora mjerenja i stanja. Međutim, snaga šanta (čija je snaga isključena iz vektora mjerenja i vektora stanja) i dalje se koristi prilikom proračuna vrijednosti virtuelnih mjerenja.

Provjera ograničenja za snage šantova ne mora da se izvršava u specificiranoj iteraciji. Za kriterijum kada je potrebno izvršiti provjeru ograničenja može da se koristi maksimalno odstupanje vektora promjenljivih stanja u tekućoj iteraciji (18). Kada je to odstupanje manje od neke zadate vrijednosti, može se izvršiti provjera ograničenja.

6. VERIFIKACIJA PRORAČUNA

Verifikacija proračuna izvršena je na IEEE 14 test mreži (sa određenim izmjenama, modifikovana mreža se nalazi u master radu). Rezultati proračuna estimacije stanja sa uvažavanjem ograničenja tipa nejednakosti dati su u tab 1:

Tabela 1: Rezultati estimacije stanja sa uvažavanjem ograničenja tipa nejednakosti

Čvor	V [r.j.]	θ [°]	P _{inj} [r.j.]	Q _{inj} [r.j.]
1	1.062	0.000	1.062	0.235
2	1.036	-2.387	-0.028	-0.091
3	0.993	-9.512	-1.248	0.017
4	1.030	-3.564	-0.370	-0.081
5	1.037	-2.418	0.265	-0.076
6	1.042	-2.089	-0.067	0.037
7	1.043	-0.302	0.001	0.000
8	1.080	4.276	0.510	0.251
9	1.029	-1.591	-0.178	-0.136
10	1.032	-1.120	-0.029	-0.078
11	1.058	-0.121	0.327	0.088
12	1.027	-3.310	-0.100	0.006
13	1.024	-3.037	0.000	0.000
14	1.019	-2.776	-0.075	-0.017

Objašnjenje kolona:

- Čvor – indeks čvora,
- V – modul napona,
- θ – ugao fazora napona,
- P_{inj} – injektirana aktivna snaga,
- Q_{inj} – injektirana reaktivna snaga.

Proračun estimacije stanja, bez uvažavanja ograničenja tipa nejednakosti, je u čvoru 12 estimirao injektiranu aktivnu snagu koja je pozitivna, što fizički nije moguće (u čvoru sa indeksom 12 priključen je potrošač). Dobijala se snaga od 0.015 r.j., odnosno potrošač je generisao aktivnu snagu. Dok sa estimacijom stanja sa ograničenjima tipa nejednakosti, dobija rezultat od -0.1 r.j., što je fizički dozvoljeno. Detaljan postupak proračuna, vektori i matrice od značaja mogu se naći u master radu. Takođe, verifikacija proračuna sa ograničenjima tipa nejednakosti je izvršena i na IEEE 300 test mreži. Proračun sa uvažavanjem ograničenja tipa nejednakosti daje dobre rezultate. Krajnji rezultati nisu prikazani zbog dimenzionalnosti problema.

7. ZAKLJUČAK

U radu su prikazana dva pristupa na osnovu kojih se vrši estimacija stanja. Pristup sa uvažavanjem ograničenja tipa nejednakosti, koji se zasniva na „čvor-grana-šant“ modelu, uvažava prirodu šantova, tako da nije moguće dobiti režim EES-a u kojem generator troši aktivnu snagu, potrošač generiše aktivnu snagu i slično, što je sa klasičnim pristupom bilo moguće. Prednost ovog algoritma u odnosu na klasičan algoritam estimacije stanja jeste da se vrši estimacija za sva mjerenja u sistemu (nema kreiranja mjerenja injektiranja na osnovu sume mjerenja snaga šantova za dati čvor) i uvažava se priroda EES-a sa ograničenjima tipa nejednakosti. Prevaziđen je i problem rekonstrukcije režima EES-a. Mana ovog pristupa je numeričke prirode, zbog dimenzionalnosti samog proračuna, jer su postojeći vektori i matrice znatno uvećani. Danas to i ne predstavlja veliki problem, jer su razvijeni računari sa dobrim performansama kojima rješavanje velikih sistema linearnih jednačina ne predstavlja realan problem.

8. LITERATURA

- [1] A. Abur: *Power System State Estimation, Theory and Implementation*, Texas A&M University, College Station, Texas, USA, 2004.
- [2] A. T. Sarić, M. S. Čalović: *Eksploatacija elektroenergetskih sistema u uslovima slobodnog tržišta*, Tehnički fakultet, Čačak, 2008.
- [3] K. Stouffer, J. Falco, K. Kent: *Guide to Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) and Industrial Control Systems Security*, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, 2006.
- [4] V. Strezoski: *Analiza elektroenergetskih sistema I*, skripta, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2011.
- [5] A. Monticelli: *State Estimation in Electric Power Systems, a Generalized Approach*, Norwell, MA, USA, 1999.

Kratka biografija:



Spasoja Damjanović rođen je u Ilidži 1993. god. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetski sistemi odbranio je 2016. god. Iste godine upisao je master studije.

MERENJE OTPORNOSTI TKIVA KOD UPOTREBE ELEKTROHIRURŠKIH JEDINICA U ELEKTROHIRURGIJI KAO BEZBEDNOSNA MERA

MEASUREMENT OF TISSUE RESISTANCE FOR THE USE OF ELECTRO-SURGICAL UNITS IN ELECTRICAL SURGERY, AS A SECURITY MEASURE

Aleksandar Đaković, Vesna Spasić Jokić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROHIRURGIJA I MERENJE OTPORNOSTI

Kratak sadržaj – Rad predstavlja principe elektrohirurgije i vezu električne energije sa elektrohirurškim jedinica. U radu je prikazan koncept na koji način aparat meri otpornost tkiva pacijenta i osnovne sigurnosne mere pre korišćenja elektrohirurške jedinice. U radu su opisane komponente jedinice kao i način upotrebe. Na kraju izveden je zaključak.

Abstract – The paper presents the principles of electro-surgery and the connection of electricity with electro-surgical units. The paper presents the concept of how the device measures the patient's tissue resistance and basic safety measures before using the electro-surgical unit. The components of the unit as well as the mode of use are described in this paper. Finally, a conclusion was made.

Ključne reči: Elektrohirurgija, merenje, otpornost, napon, tkivo, struja

1. UVOD

U ovom delu rada je dat kratak uvod o izboru teme i motivaciji za pisanje master rada koji se bavi pitanjima elektrohirurgije, na kojim principima se zasniva njegov rad, koliko su bitne sigurnosne mere prilikom korišćenja i koliko utiče napredak i razvoj elektrohirurgije na svet zdravlja i medicine.

2. POLAZNE OSNOVE RADA

Elektrohirurgija je tehnologija koja je razvijena u poslednjih nekoliko godina i postala je veoma važno sredstvo moderne hirurgije. Većina opreme smatra se sigurnom, mada postoje rizici vezani za njegovu upotrebu. Nekoliko lezija može biti uzrokovano elektrokoagulacijom, a opekotine su najčešće i od njih se najviše strahuje. Poznavanje elektrohirurških osnova, njena ispravna upotreba, izbor sigurnosnog uređaja, stalni nadzor i neposredna istraga pre bilo kakvih sumnji sigurno mogu poboljšati operativno iskustvo za hirurga isto kao i za pacijenta.

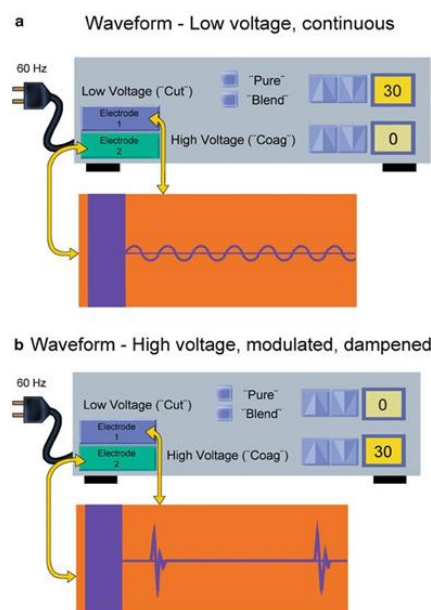
3. KONCEPT SISTEMA ELEKTROHIRURGIJE

ESU konvertuje niskofrekventni AC iz zidne utičnice (60 Hz u Severnoj Americi) u visokonaponski RF izlaz, tipično od 300 do 500 kHz. Takvi ESU su takođe sposobni da proizvedu niz različitih talasnih oblika koji omogućavaju hirurgu da promeni uticaj energije na ciljano tkivo.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čija mentorka je bila prof. dr Vesna Spasić Jokić.

Karakteristike izlaza ESU mogu se prikazati na osciloskopu. Talas je uglavnom simetričan iznad i ispod "0" volti koji odražavaju kontinuirano promenljivu polaritetu inherentnu AC. Dok je generisani maksimum napona izračunat merenjem udaljenosti od osnovnog nivoa do vrha talasa, izlazi se obično prijavljuju kao razlika napona između vrha i korita ili napona "vrha do vrha". Ova slika oscilacionog talasa, ispod i iznad 0 V, trebalo bi da pomogne čitaocu da shvati da struja u RF elektrohirurgiji ne protiče u jednom pravcu putem aktivnih i disperznih elektroda, već se treba posmatrati kao elektrona (u žicama i ESU) ili jona (u tkivu) koji brzo osciliraju napred i nazad. Performanse elektrohirurgije zahtevaju stvaranje električnog kola koji uključuje ESU, elektrode i priključne žice, i, naravno, pacijenta. Originalni sistemi su bili bazirani na podrazumevanoj osnovi što znači da je "tlo" inherentan deo kola, ali svi savremeni elektrohirurški sistemi koriste izolovane krugove, što znači da je "tlo" isključeno

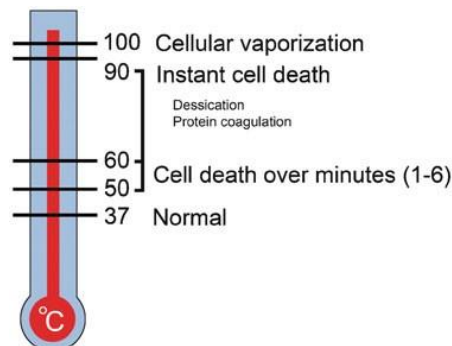


Slika 1. Talasni oblici

4. GREJANJE USLED OTPORNOSTI

Kada AC ili DC protiče kroz otpornik, dobijeni efekat je stvaranje toplote, slično kao odziv filameta u sijalici. Otpornost tkiva pretvara električnu energiju izvora napona u toplotnu energiju koja dovodi do porasta temperature tkiva. Ovaj odnos je definisan u Joulesovim zakonima posle engleskog fizičara Džejmsa Precota Džula iz devetnaestog veka. Verovatno je da ovaj mehanizam dolazi u obzir nakon što primarni mehanizam gore opisanog

jonskog oscilovanja dovodi do povećane impedancije tkiva usled ćelijske dehidracije ili isušivanja. U procesu fulguracije površinska koagulacija se postiže veoma brzo, ali se naknadno temperatura tkiva povećava do nivoa koji se ne vide kod tipičnog sečenja ili "bele" koagulacije. Shodno tome, verovatno je da su visoke temperature koje su postignute sekundarne za otporno grejanje.



Slika 2. Efekat temperature na tkivoi ćelije

Normalna telesna temperatura je 37°C, a svi mi, povremeno, kada imamo infekcije, doživljavamo temperature visine do oko 40°C bez oštećenja strukturnog integriteta naših ćelija i tkiva. Međutim, kada temperatura ćelije dostigne 50 ° C ćelija će doživeti smrt za približno 6 min , a ako je lokalna temperatura 60°C, ćelijska smrt je trenutna.

Pa šta se dešava na 60°C? Između oko 60 i 95°C (zapravo, ispod 100 stepeni C) javljaju se dva istovremena procesa koji su od interesa za hirurge.

Prva je proteinska denaturacija koja se javlja sekundarno od uticaja temperature na hidrotermalne veze koje postoje između proteinskih molekula. Kada je lokalna temperatura čak 60 °C, ove veze se odmah prekidaju, a zatim brzo reformiraju, kako se lokalna temperatura hladi. Ovo idealno dovodi do homogenog koaguluma, procesa koji se tipično naziva "koagulacija".

Drugi efekat je dehidracija ili isušivanje jer ćelije izgube vodu kroz termički oštećeni ćelijski zid. Iz grube i mikroskopske perspektive, tzv. Bela koagulacija je rezultat procesa sličan kuvanju belog jajeta - belog, homogenog koaguluma. Mikroskopski je dokazano da se formiraju proteinske veze stvarajući homogenu, želatin-sku strukturu.

Takav efekat tkiva je koristan za zatvaranje tubularnih struktura kao što su jajovodne tubule ili krvne sudove u svrhu hemostaze.

5. OTPOR TKIVA

Dok svaka komponenta električnog kola doprinosi impedansi, impedansa tkiva je najvažnija za hirurga. Visoko provodljiva tkiva imaju visok sadržaj vode i nude malo otpornosti na prolaze struje i stvaranje željenog efekta tkiva. Međutim, to je tkivo koje pruža najveći stepen varijabilnosti.

Tkiva koja nude visoki otpor su uglavnom niska u sadržaju tečnosti i stoga je relativno neprovodna. Tkiva kao što je kost, zglobna koža, mast ili bilo koje prethodno osušeno tkivo otežavaju prolivanje struje i stoga će inhibirati stvaranje elektrohirurškog efekta.

Ako je potrebno prerezati tkivo sa relativno visokim otporom, povećanje napona povećanjem izlazne snage ili smanjenjem radnog ciklusa je obično efikasno. U takvim slučajevima struja se gura kroz relativno otporno tkivo sa većom silom.

5.1 Odnos elektrode i tkiva

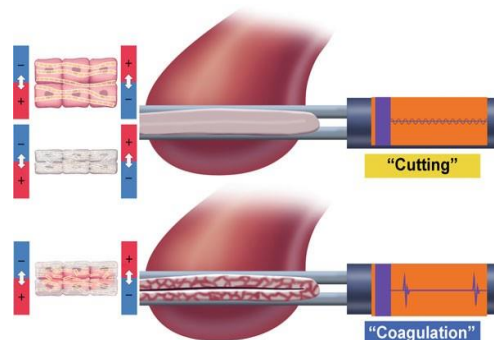
Važan faktor u izvođenju elektrohirurgije je odnos aktivne elektrode sa ciljnim tkivom. Za proces sečenja, koji prikazujemo kao linearna isparavanja, odnos između elektrode i tkiva se može opisati kao bliski kontakt.

U ovom odnosu, trenutne varnice između aktivne elektrode i tkiva unutar omotača pare stvaraju se uparenim intracelularnim sadržajem. Ako se elektroda drži predaleko od tkiva, neće doći do stvaranja varnica i, stoga, neće doći do isparavanja. Sa druge strane, ako elektroda dodirne tkivo, gustina snage se smanjuje i koagulacija će se dogoditi, stvarajući veći stepen toplotne povrede tkiva pored linije zarezavanja.

Kao što je prethodno opisano, fulguracija je takođe elektrohirurška aktivnost bez ili blizu kontakta, olakšana upotrebom visokonaponskog, modulisanog talasa, obično sa kratkim (npr., 6%) radnim ciklusom. Zbog višeg napona, elektroda se može držati milimetar ili više od tkiva, dok je struja "prska" na tkivo. Rastojanje od koje se elektroda drži od tkiva delimično zavisi od specifičnog generatora i napona u podešavanju "koagulacije".

U praktične svrhe, procesi klinički efikasne bele koagulacije i isušivanja najbolje se postižu kada postoji kontakt između elektrode i tkiva. Implicitno, takve elektrode imaju ravnu površinu koja olakšava stvaranje potrebne gustine struje. U većini slučajeva, instrumenti (i bipolarni i monopolni) su dizajnirani kao zglobovi puževi za gnječnje koji mogu da olakšaju tkivo između njihovih čeljusti, čime čuvaju krvne sudove kako bi se olakšalo hemostatsko zaptivanje kada se aktivira, proces nazvan koagulacijom.

Drugi važan koncept je zapremina komprimovanog tkiva. Što je debljina tkiva između čeljusti RF elektrohirurškog instrumenta, bez obzira na njegov temeljni dizajn (monopol ili bipolarni), veći je broj Joules energije koji će biti potreban za potpunu koagulaciju i sušenje. To znači da će deblji pedikuli rezultirati boljim proširenjem elektrohirurških termičkih povreda, faktor koji se može poboljšati monopolnim instrumentima. Takav efekat može imati malo kliničkog značaja u nekim situacijama, ali, kada radite blizu vitalnih struktura, može doći do povrede.



Slika 3. Koagulacija sa moduliranim visokonaponskim talasima ("coag").

Ova slika pokazuje uticaj moduliranih visokonaponskih talasnih oblika na tkivo kada se pokuša koagulacija. Ovaj pristup stvara površnu i nehomogenu zonu isušivanja i koagulacije, koji nije pogodan za zaptivanje krvnih sudova.

6. TESTIRANJE I REZULTATI

Posle višednevnih testiranja različitih talasnih oblika sečenja kao i koagulacije na tkivima različitih otpornosti kao što je mišićavo tkivo koje ima manju otpornost nego masnije tkivo ili već isušeno tkivo ili kosti, uočeno je da pri sečenju je potreban manji napon i niža izlazna snaga generatora nego kod koagulacije.

Razlog ovakve pojave je vezana za gustinu struje. Kod sečenja, aktivna elektroda ima mnogo manju površinu nego elektroda koju koristimo kod koagulacije.



Slika 4. Testiranje različitih talasnih oblika sa raznim izlaznim naponima i snagama

7. ZAKLJUČAK

RF elektrohirurgija koja se koristi na odgovarajući način omogućava hirurgu da bezbedno, efikasno i sa minimalnom neželjenom traumom tkiva izvodi širok spektar procedura.

Kada se koriste bez odgovarajućih protokola, obrazovanja i obuke, elektrohirurgija, kao i drugi instrumenti i izvori energije, imaju potencijal da izazovu opekotine na tkivu i povećava operativni morbiditet, ponekad životno opasne prirode.

Poražavajući podatak da je tokom 19. veka samo 5% pacijenata preživelo histerektomiju nam je najbolji pokazatelj koliko je elektrohirurgija napredovala do danas. Uz tehnologiju kontrole napona, snage, konstantnog održavanja varnice i 25 miliona mernih ciklusa u jednoj sekundi kao i kontrolu otpornosti tkiva, elektrohirurgija je napredovala do savršenstva i ako se poštuju svi protokoli i ako se primenjuje odgovarajuće rukovanje aparatom, proizvođači garantuju da pacijent neće dobiti opekotinu usled kontakta visoko frekventnih struja sa tkivom.



Slika 5. Seminar u fabrici elektrohirurških jedinica "ERBE" u Tuebingenu, Nemačka 2018

8. LITERATURA

- [1] Kennedy JS, Stranahan PL, Taylor K D, Chandler JG. High-burst-strength, feedback-controlled bipolar vessel sealing. Surg Endosc. 1998;12(6):876-878.
- [2] Monopolar electrosurgical safety during laparoscopy. ECRI Health Devices. January 1995; 24(1):6-27.
- [3] Tucker RD, Voyles CR. Laparoscopic electrosurgery: complications and prevention. AORN J. July 1995;62(1):49-78.
- [4] Control of smoke from laser/electric surgical procedures. NIOSH Hazard Controls, DHHS (NIOSH) Publication. September 1996; 96-128.
- [5] [11] Power FH, Barnes AC. Sterilization by means of peritoneoscopic fulguration: a

Kratka biografija:



Aleksandar Đaković je rođen u Novom Sadu 20.04.1992. Diplomirao je na smeru energetika, elektronika i telekomunikacije - smer "merni sistemi" na Fakultetu Tehničkih Nauka na Univerzitetu u Novom Sadu u oktobru 2016. godine. Odmah nakon diplomiranja je upisao Master studije istog usmerenja.



Prof. dr Vesna Spasić Jokić rođena 1953. u Beogradu. Završila Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu na kome je magistrirala i doktorirala. Teme magistarske i doktorske teze su iz oblasti metrologije jonizujućih zračenja. Radi na Fakultetu tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu u zvanju redovnog profesora. Takođe, ima zvanje naučnog savetnika stečeno u Institutu za nuklearne nauke VINČA Univerziteta u Beogradu. Ekspert Međunarodne agencije za atomsku energiju u oblasti transfera nuklearnog znanja.

OPTIMIZACIJA NAPONA I TOKOVA REAKTIVNIH SNAGA DISTRIBUTIVNIH MREŽA SA GENERATORIMA**VOLTAGE AND REACTIVE POWER FLOW OPTIMIZATION IN DISTRIBUTION NETWORKS WITH GENERATORS**

Marina Klišanić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je razmatran problem optimizacije napona i tokova reaktivne snage u distributivnim mrežama sa regulacionim transformatorima, kondenzatorima i distributivnim generatorima. U cilju rešavanja postavljenog problema u radu je razvijen matematički model. Njegova verifikacija za kriterijume minimizacije gubitaka aktivne snage i minimalne devijacije napona izvršena je na primeru jednostavne distributivne mreže.

Abstract – Volt Var Optimization in distribution networks with voltage regulators, capacitors and generators is analyzed in this paper. Algorithm of VVO is described and verification of that algorithm is performed on simple distribution network consisting of supply transformer and one feeder. Objective functions used are active power losses minimization and minimal voltage deviation.

Ključne reči: Distributivna mreža, generatori, optimizacija, naponi, reaktivna snaga

1. UVOD

Jedna od osnovnih odgovornosti distributivnih preduzeća je da obezbedi da napon potrošača bude u unapred utvrđenim granicama. Primenom napona čije su vrednosti manje od nominalnih nije moguće efikasno iskoristiti električne uređaje, dok se primenom napona čije su vrednosti iznad nominalnih skraćuje njihov životni vek. Samim tim, funkcija optimizacije napona i reaktivnih snaga (Volt Var Optimization – VVO) jeste jedna od fundamentalnih i najtraženijih funkcija modernih sistema automatizacije distributivnih mreža [1]. Njena prva namena bila je održavanje naponskih prilika u svim čvorovima DM. Kasnije se njena upotreba proširila na različite optimizacione kriterijume koji zavise od potreba distributivnog preduzeća. Samo neki od njih su: smanjenje gubitaka aktivne snage, poboljšanje faktora snage, smanjenje devijacije napona, konzervacija energije redukcijom napona, itd. Danas, VVO predstavlja koordinisano upravljanje uređajima u električnoj mreži kojim se ona može dovesti u optimalno stanje s obzirom na zadati kriterijum, poštujući zadata ograničenja [2].

2. FORMULACIJA PROBLEMA

Optimizacija napona i reaktivnih snaga predstavlja diskretan, nelinearni problem optimizacije sa ograničenjima tipa nejednakosti i jednakosti [3].

NAPOMENA:

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

Dimenzije problema optimizacije zavise od broja regulacionih resursa u sistemu, njihovog opsega promene, kriterijuma optimizacije (u slučaju da se primenjuje više od jednog) i ograničenja koje kriterijumska funkcija mora da ispoštuje. Kriterijum optimizacije predstavlja cilj sa kojim se optimizacija izvršava. Da bi se on mogao izvršiti, sistem mora biti doveden u stanje bez narušenih ograničenja. Pritom, ograničenja mogu da se tretiraju kao primarna kriterijumska funkcija, a kriterijumi optimizacije kao sekundarna kriterijumska funkcija. Što znači da, iako u DM postoje resursi i mogućnosti za njen prelazak u režim sa boljim vrednostima kriterijuma optimizacije, do toga neće doći ako je prelaskom u to stanje narušeno bilo koje od aktivnih ograničenja.

3. MODEL POTROŠNJE

U elektroenergetskom sistemu se razlikuju tri tipa potrošača [4,5], potrošači tipa:

- 1) konstantne snage (snaga ne zavisi od modula napona),
- 2) konstantne struje (snaga je srazmerna s modulom napona),
- 3) konstantne impedanse tj. admitanse (snaga je srazmerna sa kvadratom modula napona).

U zavisnosti od modela potrošnje, menja se efekat upravljačkih akcija, odnosno ostvareni benefit.

4. OPTIMIZACIJA NAPONA I REAKTIVNIH SNAGA

Za optimizaciju su potrebni kako podaci o DM, tako i parametri koje definiše korisnik. Statički deo podataka o DM čini sam model mreže, dok skup dinamičkih podataka čine trenutna topologija mreže, podaci realnog vremena preuzeti sa SCADA sistema (statusi prekidača, pozicije teretnog menjača i regulatora napona, daljinski očitane vrednosti merenja), podaci o lokalnoj automatici, rezultati tokova snaga i estimacije stanja, itd. Korisnik bira deo mreže nad kojim će se optimizacija izvršiti i koji od regulacionih resursa, kriterijuma optimizacije i ograničenja će se koristiti. VVO uzima u obzir sledeće tipove resursa:

- kondenzatorske baterije sa mehaničkim prekidačem za uključenja/isključenja,
- transformatori sa regulacijom pod opterećenjem i regulatori napona,
- distributivni generatori.

4.1. Kriterijumi optimizacije

Cilj optimizacije jeste minimizacija ili maksimizacija kriterijumske funkcije.

Korisnik je u mogućnosti da izabere kriterijumsku funkciju, odnosno kriterijum optimizacije, u zavisnosti od toga šta želi da postigne: smanjenje gubitaka, povećanje dobiti, povećanje sigurnosti pogona mreže, itd.

Matematičke relacije kriterijuma optimizacije korištenih prilikom izrade ovog rada:

Minimizacija gubitaka aktivne snage

$$Z_{\Delta P} = C_{PHV} \cdot \Delta P \quad (1)$$

gde je sa C_{PHV} naznačen težinski faktor (cena) injektirane aktivne snage u DM sa primara transformatora VN/SN, a sa ΔP suma gubitaka aktivne snage.

Minimalna devijacija napona

$$Z_u = \sum_{i=1}^N \left[C_U |\Delta u_i|^\gamma P_i \right] \quad (2)$$

gde je:

- C_U – težinski faktor za devijaciju napona (cena odstupanja napona od nominalne vrednosti),
- i – indeks čvora niskog napona,
- Δu_i – odstupanje napona od zadate vrednosti,
- P_i – aktivna snaga opterećenja u i -tom čvoru na niskom naponu,
- γ – indeks zavisnosti devijacije napona, gde $\gamma = 1$ daje linearnu zavisnost, a $\gamma = 2$ kvadratnu.

4.2. Ograničenja funkcije

Razlika između kriterijumskih funkcija i ograničenja je prioritet u procesu optimizacije. Ograničenja su višeg prioriteta u optimizaciji, ona se moraju ispoštovati, dok su kriterijumske funkcije cilj kome se teži što je više moguće.

Ograničenja se mogu odnositi na vrednosti veličina u sistemu i na tehnička ograničenja.

Matematičke relacije ograničenja korištenih prilikom izrade ovog rada:

Naponi na potrošačima

$$V_{\min} \leq V_i \leq V_{\max} \quad (3)$$

gde je:

- $V_{\min}$ – minimalni dozvoljeni napon,
- $V_{\max}$ – maksimalni dozvoljeni napon,
- V_i – napon na i -tom potrošaču,
- i – indeks potrošača.

Preopterećenje sekcija

$$\sum_{j=1}^{N_{\text{sec}}} \Delta i_{\text{sec } j} = 0 \quad (4)$$

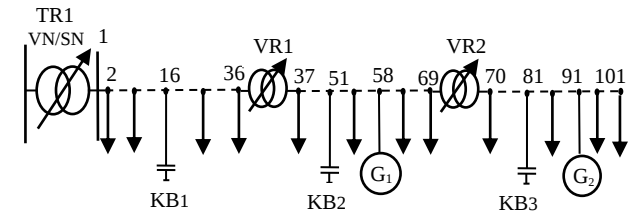
gde je sa N_{sec} naznačen broj sekcija a sa $\Delta i_{\text{sec } j}$ razlika proračunate i nominalne vrednosti struje j -te sekcije (ukoliko je proračunata vrednost veća od nominalne).

4.3. Postupak optimizacije napona i reaktivnih snaga

Za izbor optimalnog rešenja koristi se gradijentna metoda, delimičnog pretraživanja. Njenom primenom se formira lista upravljačkih akcija čijom se primenom razmatrani sistem prevodi iz zatečenog stanje u stanje u kojem kriterijumska funkcija ima bolju vrednost. Ova iterativna metoda se zasniva na ideji da se u svakoj iteraciji na osnovu simulacija svih mogućih pojedinačnih promena statusa regulacionih uređaja bira jedna, najbolja, čijim se izvršenjem, u aktuelnom režimu, ostvaruje najveće poboljšanje vrednosti kriterijumske funkcije, a da se pritom ne naruši ni jedno od ograničenja. Ta komanda se prihvata kao optimalna i prosleđuje listi upravljačkih akcija. Zahvaljujući proračunu tokova snaga koji se poziva nakon svake simulacije promene statusa regulacionog resursa, funkcija ima uvid u uticaj te promene na sve veličine od interesa u sistemu. Opisani postupak se ponavlja dokle god postoji poboljšanje vrednosti kriterijumske funkcije.

5. VERIFIKACIJA ALGORITMA

Verifikacija algoritma izvršena je na primeru jednostavne distributivne mreže (DM) koja je prikazana na slici 2.



Slika 2. Jednostavna distributivna mreža

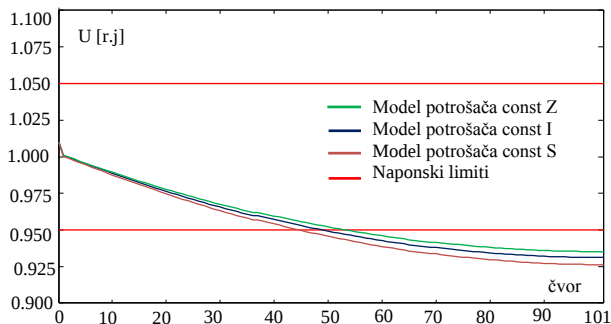
DM čine napojni regulacioni transformator Tr VN/SN i jedan vod preko kojeg se napaja 100 istovetnih TS SN/NN. Svi elementi mreže su trofazni i uravnoteženi. Tr VN/SN ima prenosni odnos 132/11 kV/kV uz mogućnost regulacije napona pod opterećenjem sa 21 regulacionih otecpa, pri čemu je promena napona po otecpu 1%, neutralna pozicija je 11. Njegova nominalna snaga je 30 MVA. Svaka TS SN/NN napaja po jednog niskonaponskog potrošača. Svaki potrošač pri nominalnom naponu troši 44.2 kW aktivne snage i 13.9 kVA reaktivne snage. U DM pored napojnog regulacionog transformatora postoje i dva regulatora napona (RN) istih karakteristika. Prvi RN je priključen između 36. i 37. a drugi između 69. i 70. čvora. Prividna snaga RN je 3.5 MVA, napon kratkog spoja 2%, a gubici u gvožđu i bakru, 0.315 kW i 1.745 kW, respektivno. RN ima 21 otecp regulacije, svaki po 0.625%, srednja pozicija je 11. U mreži su postavljene tri on-off kondenzatorske baterije, u 16, 51, i 81. čvoru. Njihova reaktivna snaga, pri nominalnom naponu je 600 kVAr-a. Dva distributivna generatora nazivne snage 1.8 MVA su preko prekidača priključena u 58. i 91. čvoru. Minimalne i maksimalne snage injektiranja generatora su od 0 do 1000 kW aktivne i od -200 do 1000 kVAr reaktivne snage.

Postupak optimizacije rada regulacionih resursa podeljen je na:

- upravljanje samo resursima sa mogućnošću korekcije aktivne snage (distributivni generatori), primeri naznačeni sa "P",
- upravljanje samo resursima sa mogućnošću korekcije vrednosti napona i reaktivne snage, primeri naznačeni sa "VVO",
- upravljanje sa svim regulacionim resursima, primeri naznačeni sa "P+VVO".

U skladu sa podelom procesa optimizacije, podeljen je i prikaz rezultata optimizacije. Na taj način jasno su istaknuti doprinosi pojedinačnih resursa.

Naponske prilike pre optimizacije prikazane su na slici 3. Može se uočiti da su, za sva tri tipa modela potrošnje, narušena ograničenja minimalne vrednosti napona, tj. postoje naponi u mreži ispod dozvoljene minimalne vrednosti 0.95 r.j.



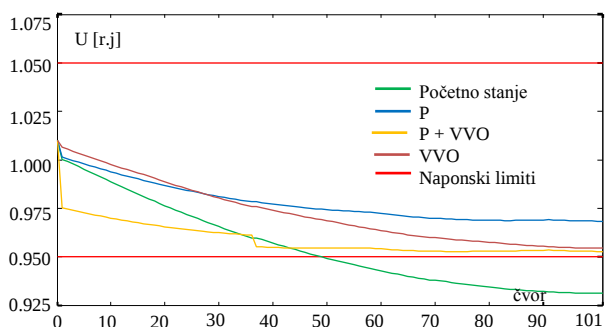
Slika 3 – Naponske prilike u mreži pre optimizacije

5.1. Minimizacija gubitaka aktivne snage

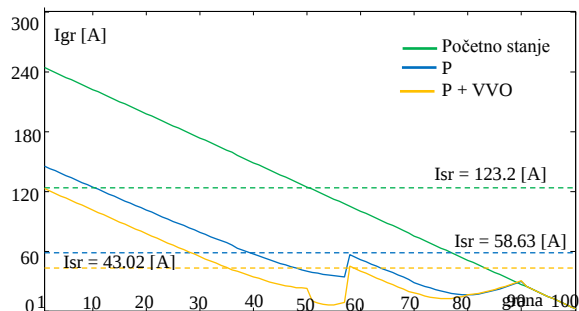
U ovom delu rada je izvršena simulacija optimizacije napona i reaktivnih snaga na test mreži za kriterijum minimizacije gubitaka aktivne snage. Ovo je praktično najčešće korišćena kriterijumska funkcija. Da bi se postigao režim sa minimalnim gubicima, VVO pokušava da umanjí apsolutnu vrednost reaktivne snage u mreži i da menja napon na potrošačima u skladu sa modelima zavisnosti potrošnje od napona.

Ograničenje optimizacije je napon potrošača koji mora biti u opsegu $0.95 \div 1.05$ r.j. Na slikama su, u zavisnosti od tipa potrošnje, korišćenih regulacionih resursa, prikazani naponi u mreži i raspodela struja po granama, pre i nakon optimizacije.

Model potrošača const I

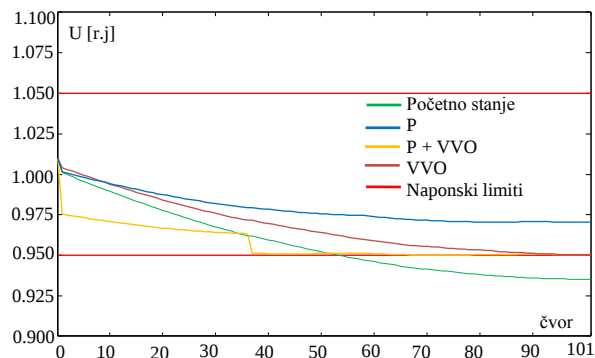


Slika 4. Naponske prilike pre i nakon optimizacije

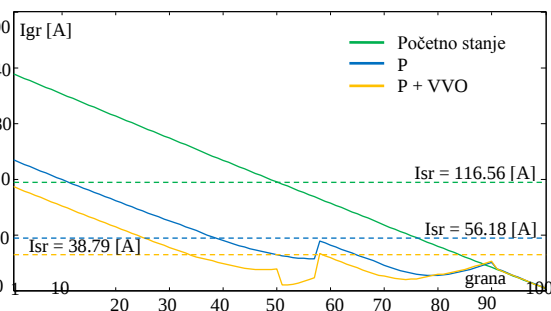


Slika 5. Struja po granama pre i nakon optimizacije

Model potrošača const Z

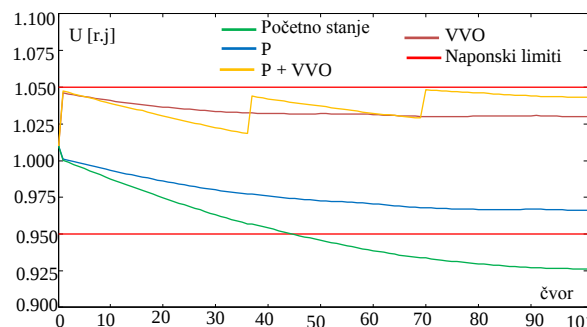


Slika 6 – Naponske prilike pre i nakon optimizacije

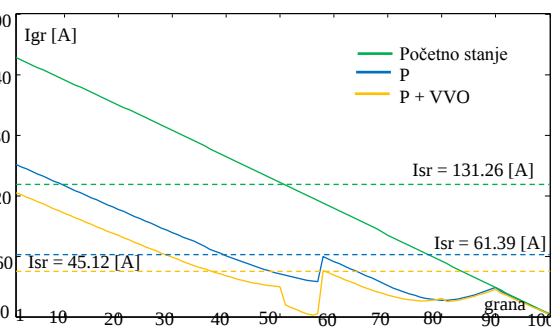


Slika 7. Struja po granama pre i nakon optimizacije

Model potrošača const S



Slika 8 – Naponske prilike pre i nakon optimizacije

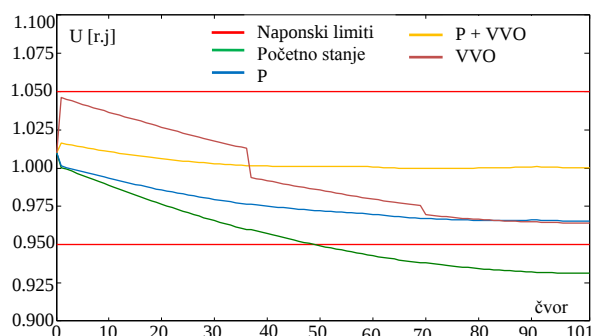


Slika 9 – Struja po granama pre i nakon optimizacije

5.2. Minimalna devijacija napona

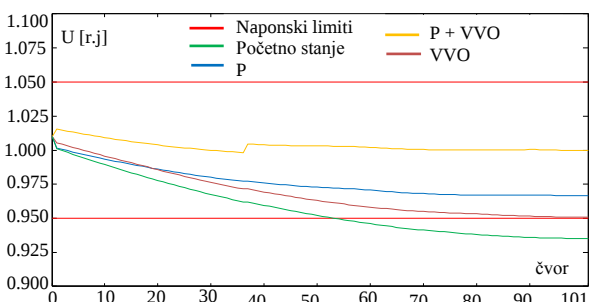
U ovom delu razmatra se primena funkcije VVO sa kriterijumom minimalna devijacija napona. Ovaj kriterijum realizovan je minimizacijom vrednosti štete koju potrošači trpe usled odstupanja napona od nominalne vrednosti. Šteta je izražena u novčanim jedinicama i računa se prema relaciji (2). Kao ograničenje izabrano je opterećenje sekcija koje ne sme preći 100% nominalne struje sekcije. Naponski profili pre i nakon optimizacije prikazani su za svaki tip potrošnje, na slikama 10, 11 i 12.

Model potrošača const I



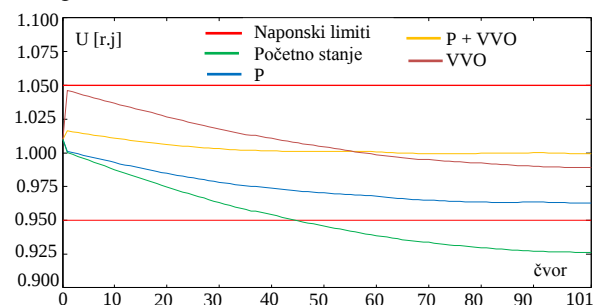
Slika 10. Naponske prilike pre i nakon optimizacije

Model potrošača const Z



Slika 11 – Naponske prilike pre i nakon optimizacije

Model potrošača const S



Slika 12 – Naponske prilike pre i nakon optimizacije

5.3. Poređenje rezultata

U tabeli 1. su uporedno prikazani rezultati za različite primere optimizacije. Kolone imaju sledeća značenja:

Tip. potr. – način modelovanja potrošača,

U_{min} – minimalni napon u mreži,

U_{max} – maksimalni napon u mreži,

P – injektirana aktivna snaga.

Šteta – šteta koju potrošači trpe zbog dev. napona,

ΔP – gubici aktivne snage.

Vrste tabele predstavljaju stanja mreže nakon optimizacije:

1. kr. P+VVO – kriterijum minimalnih gubitaka aktivne snage, upravlja se aktivnom snagom generatora,
1. kr. VVO – kriterijum minimalnih gubitaka aktivne snage, ne upravlja se aktivnom snagom generatora,
2. kr. P+VVO – kriterijum minimalne devijacije napona, upravlja se aktivnom snagom generatora,
2. kr. VVO – kriterijum minimalne devijacije napona, ne upravlja se aktivnom snagom generatora.

Tabela 1. – Rezultati optimizacije

	Tip potrošnje	U_{min} [r.j.]	U_{max} [r.j.]	P [kW]	Šteta [m.u]	ΔP [kW]
Početno stanje	const I	0.9311	0.9993	4388	181.72	210.9
	const Z	0.9351	0.9996	4200.3	176.49	192.9
	const S	0.9262	0.9989	4614.8	195.31	234
1. kr. P+VVO	const I	0.9527	0.9746	2257	164.73	58.1
	const Z	0.9501	0.9644	2031.5	190.85	52.7
	const S	1.0280	1.0449	2443.5	125.35	59.9
1. kr. VVO	const I	0.9544	1.0055	4451.1	112.47	194.4
	const Z	0.9506	1.0032	4288.5	128.64	182.3
	const S	1.0184	1.0483	4572.2	147.54	191
2. kr. P+VVO	const I	0.9996	1.0156	2577.6	10.73	65.6
	const Z	0.9983	1.0147	2631.7	10.41	65.7
	const S	0.9993	1.0156	2557.5	10.93	64.5
2. kr. VVO	const I	0.9640	1.0450	4553.7	97.42	191.2
	const Z	0.9507	1.0043	4310.1	121.47	185.2
	const S	0.9891	1.0451	4573.9	53.34	194.1

6. ZAKLJUČAK

Za obe kriterijumske funkcije, bez obzira na način modelovanja potrošnje, bolji rezultati su postignuti u slučaju kada se aktivna snaga generatora koristi u optimizaciji. Ona direktno utiče na smanjenje gubitaka aktivne snage jer se manje snage povlači iz prenosa čime se smanjuje struja u mreži (i gubici koji rastu sa kvadratom struje). Postojanje distributivnih generatora koji injektiraju aktivnu snagu dovodi do povećanja napona u mreži ("izravnavaju" se profil napona) čime se smanjuje šteta koju potrošači trpe usled devijacije napona od nominalnih vrednosti.

7. LITERATURA

- [1] S.Rahimi: Evaluation of requirements for Volt/Var Control and Optimization function in Distribution Management Systems, *IEEE Energy Conference & Exhibition*, Florence, September 2012.
- [2] E.Hegy: *Volt Var Optimization, Technical Specification – As-built document*, Schneider Electric DMS NS, 2014.
- [3] G.Švenda: *Volt/VAR Optimization – Detailed design document*, Telvent, Novi Sad, 2010.
- [4] I.R.Navarro: *Dynamic Power System Load*, Lund University, Sweden, 2005.
- [5] G.Švenda: *Predavanja iz predmeta: Specijalizovani softveri u elektroenergetici*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2013.
- [6] G.I.Roytelman, B.K.We, R.L.Lugtu: Pilot Project to Estimate the Centralized Volt/VAr Control Effectiveness, *IEEE Trans. on PS*, Vol. 13, No. 3, August 1998.

Kratka biografija:



Marina Klišanić rođena je u Novom Sadu 25.07.1992. god. Gimnaziju "Jovan Jovanović Zmaj", završila je 2011. god. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetski sistemi odbranila je 2016. god. Iste godine upisala se na master studije.

**ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА ДИГИТАЛНОГ РЕПОЗИТОРИЈУМА ПОМОЋУ
ИНТЕГРАЦИЈЕ SPRING РАДНОГ ОКВИРА И ПРЕТРАЖИВАЧА ELASTICSEARCH
IMPLEMENTATION OF DIGITAL REPOSITORY WITH INTEGRATED SPRING
FRAMEWORK AND ELASTICSEARCH SEARCH ENGINE**

Петар Дамјановић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

Кратак садржај – У овом раду описана је имплементација дигиталног репозиторијума књига намењеног за Интернет кориснике уз ослонац на технологије израђене у сврху што боље претраге и лаког развоја веб апликације. Главна особина урађеног пројекта је омогућен рад са дигиталним документима које администратори додају у библиотеку а које корисници касније могу да претражују по разним параметрима.

Abstract – The paper describes implementation of digital book repository for Internet users by using technologies made for better search and easier web application development. Main virtue of the app is the representation of books with digital documents added by administrators which can be later search by users on many parameters.

Кључне речи: Дигитални документи, претрага, Elasticsearch, Spring

1. УВОД

У оквиру предмета „Управљање дигиталним документима“ на мастер студијама, аутор је имао задатак да реализује пројекат са темом имплементирања веб апликације за постављање и прегледање дигиталних огласа за посао, чије би главне одлике биле оно о чему студенти и изучавају на предмету: управљање дигиталним документима и претраживање информација. Другим речима, апликација је требала да омогући послодавцима да постављају огласе за посао које би заинтересовани корисници могли да претражују по разним критеријумима. Пример критеријума је претрага по наслову огласа или садржају самог огласа, са додатном могућношћу комбиновања параметара претраге у јединствени упит. Оглас је заправо представљао скуп информација, у које се убраја сам садржај документа (неструктурирани текстуални садржај) и мета-подаци дефинисани од стране корисника који поставља оглас или извучени из датотеке дигиталног документа, уколико постоје. Срж пројектног задатка је представљало коришћење библиотеке *Apache Lucene*, кориштене током наставних вежби, која нуди претрагу текста високих перформанси са особином независности од оперативног система јер је потпуно написана у програмском језику *Java*. Око библиотеке је написан слој кода који се могао интерпретирати као независна целина и као такав је позиван из виших слојева архитектуре апликације.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Драган Ивановић, ванр. проф.

Тема мастер рада је унапређивање предметног пројекта у смислу увођења додатних радних оквира са циљем лакшег имплементирања и каснијег одржавања саме апликације али уз ослонац на функционалности које сами радни оквири нуде. Као што наслов каже, одабрани радни оквири су *Spring* и *Elasticsearch*. *Spring* је оквир са свеобухватним моделом за програмирање и конфигурацију модерних пословних апликација базираних на *Java* платформи [1]. *Elasticsearch* је најпопуларнији [2] механизам за претрагу у чијем се језгру налази *Lucene* и који преко веб сервиса комуницира са својим клијентима путем *REST*-а (скраћено од *Representational State Transfer* - стил рачунарске архитектуре за интероперабилност рачунарских система на интернету). Због могућности комуникације путем *REST*-а, алат пружа слободу у имплементацији клијентске апликације: она може да буде на потпуно другој платформи, оперативном систему, написана другим програмским језиком или радним оквирима. Сама сврха унапређивања иницијалног пројекта увођењем поменутих технологија је доказивање концепта да би инжењери имали више времена на располагању да се баве имплементацијом бизнис логике на апликативном нивоу, и то коришћењем радног оквира и готових механизма тј. алата за претрагу, те искористе написан програмски код у имплементацији нижег нивоа архитектуре софтвера.

2. ТЕОРИЈСКЕ ОСНОВЕ

Из увода би се могло закључити да је главни циљ рада имплементирати апликацију са два важна аспекта софтвера за руковање подацима као документима: управљање документима и претрага. Најбитнији појам за ову тему би био – шта је то дигитални документ и какве особине има?

Дигитални документ је рачунарски обрађена информација којом се рукује као основном јединицом обраде [3]. Често је одређени појам лакше схватити помоћу примера, тако да се за појаву дигиталног документа могу навести:

- текстуални дигитални документи – нпр. овај мастер рад који се налази у библиотеци Факултета техничких наука или текст Закона о раду на званичној страници министарства или фактуре које једна фирма шаље другој,
- графички документи – слике, фотографије, дијаграми,
- структурирани документи – попут *HTML* страница за приказ садржаја на интернету.

Дакле, примена је широка, од званичног документа попуњеног од стране службеника државне управе у архиви до фотографије породичног одмора на локалном рачунару. Због широке примене, било је потребно развити начин на који ће се управљати таквим документима. Са становишта крајњег корисника, систем за управљање дигиталним документима рукује управо тим документима, док инжењер тог система посматра сам систем из другог угла. У случају „класичних“ пословних апликација, подаци који су чврсто структурирани се смештају у релационе базе података, самим тим и крајњи интерфејс је прилагођен таквом начину рада. Међутим, такав приступ се не може у потпуности применити на случајеве када подаци нису чврсто структурирани. Тада долази до изражаја термин управљање документима и подаци се често у таквим случајевима процесирају и складиште као „прави“ документи – у целини. Разлике у односу на класичне пословне апликације, осим у начину складиштења података, односе се и на начин претраге односно проналажења информација. Док се код класичних апликација углавном нуди проналажење података који задовољавају прецизно дефинисан критеријум, код приступа руковања са правим документима корисници имају могућност проналажења информација о уско одређеној теми. У алгоритму претраживања се претпостављају разни случајеви: степен стручности корисника (грешке код претраге, непрецизност), алтернативна значења претраге као што је вишезначност у природним језицима, подршка за више формата – корисник тражи PDF или *Microsoft Excel* документ итд.

Да би претрага била ефикаснија, поред једноставног поређења садржаја документа тј. речи у њему, уводи се претпроцесирање текста тако да се речи из упита и речи из документа сведу на исти низ карактера иако то у старту нису. На тај начин се у већини случајева семантички исте речи подударају приликом претраге. Од начина претпроцесирања зависи какав ће квалитет пронађених резултата бити тј. колико ће они бити релевантни. Пример претпроцесирања текста би било претварање свих слова у мала, тако да корисник добија исти резултат ако на почетку речи стави велико слово и ако стави мало слово на почетку те исте речи. Затим се могу изједначити дијалекти, где је добар пример српски језик са екавицом и ијекавицом. Не заборавимо ни изједначавање ћирилице и латинице – званични документи Републике Србије су писани ћирилицом, док већина корисника на интернету користи латиницу, нарочито са све већом употребом мобилних уређаја. У имплементираном пројекту је један од задатака да се води рачуна о претпроцесирању текста чији је садржај на српском језику.

3. ТЕХНОЛОГИЈЕ КОРИШЋЕНЕ ЗА ИМПЛЕМЕНТАЦИЈУ

Технологија из наслова рада, *Spring*, је радни оквир који олакшава прављење пословних (али не и само њих) апликација у *Java* програмском језику. Може се рећи да је то супермаркет са производима за прављење озбиљног софтвера. Пружа све што треба да се употреби за обухватање разних аспеката спецификације. Отвореног је изворног кода (*open source*).

Архитектура радног оквира је таква да је модуларизован и то омогућава укључивање само потребних модула, на пример веб радног оквира *Spring Web MVC* и уз њега *Spring Data* модул за перзистентовање података у базу.

Spring Boot је *Spring*-ова имплементација заснована на принципу „конвенција уместо конфигурације“ и служи за прављење самосталних *Spring* апликација које могу једноставно да се покрену. Радни оквир садржи у себи предефинисане вредности конфигурације и појединац може са његовом употребом на најбржи начин да подеси и покрене своју апликацију. Идеја је настала након устаљеног мишљења да већина *Spring* апликација у раној фази садржи идентичне конфигурације и да постоји простор за унапређивање и имплементацију унапред конфигурисаног радног оквира. Парадигма која се често може пронаћи је поређење састојака за тарту са готовом тартом. *Spring* нуди гомилу састојака за тарту док је *Spring Boot* готова торта направљена од тих састојака. Ако се кориснику радног оквира не допада та готова торта, нуди му се могућност да направи жељене измене. У циљу што брже имплементације, програмери из *Pivotal* компаније нуде сајт [4] са формом у коју се уносе параметри пројекта којим би се аутоматски направио, запаковао и преузео шаблон кода.

Apache Lucene је библиотека за претрагу текста, отвореног кода и написана у Јава програмском језику, те је погодна за апликације са различитим платформама [5]. Принцип на ком је заснована претрага у *Lucene*-у је да се претражује индекс уместо директан текст. Индекс је заправо скуп унапред припремљених информација за ефикасно претраживање. Могло би се упоредити са претраживањем кључне речи на страници књиге са индексом појмова уместо тражења те исте речи на страницама, редом од почетка. Додајмо да се на наведену парадигму са индексом појмова затражи проналажење неког појма у гомили књига. То би подразумевало гомилу посла и много утрошеног времена људи. У том случају значај ове библиотеке долази до пуног сјаја. Дакле, документ је основна јединица претраге и индекса. Индекс може да садржи више докумената, а документ се састоји од више својих поља. Говорећи у терминологији релационе базе података, документ одговара реду у табели а поља су колоне табеле. Документ у индексу не мора обавезно да представља документ у правом смислу речи. Уколико би правили индекс корисника из релационе табеле, тада би сваки корисник представљао документ у индексу. Све док је могуће издвојити садржај из жељене структуре, библиотека је флексибилна, односно на једном месту се могу налазити индексирани садржаји различитих типова докумената – PDF, HTML, *Microsoft Word* и многих других. У пракси се може употребити и за систем препоруке – коришћењем *MoreLikeThis* (енг. „више попут овога“) функционалности. Званична страница библиотеке [5] описује главне особине библиотеке:

- Скалабилно, високо-перформантно индексирање: преко 150 гигабајта по сату на модерном хардверу, незахтевни простор радне меморије (1 мегабајт),

величина индекса угрубо 20-30% текста за индексирање

- Моћни, прецизни и ефикасни алгоритми претраге: рангирана претрага, различити типови претраге (по фрази, регуларни изрази, фази упити), претрага по пољима, сортирање по било ком пољу итд.
- Већ споменута способност за мулти-платформска решења

Како је *Lucene* библиотека писана у Јави, за њену употребу је потребно написати Јава код који ће користити све оно што библиотека нуди, а што је у складу са циљаним функционалностима (пре свега претраге). Ту на сцену ступа алат под називом **Elasticsearch**. Са *Lucene*-ом у језгру, овај алат представља слој око тог језгра са готовим операцијама претраге и индексирања, спремним за позивање путем REST-а. Такође је отвореног кода и писан у Јава програмском језику. Аутори алата наглашавају NRT (енг. *Near Realtime*) тј. веома кратко време, уобичајено један секунд, које прође од тренутка индексирања документа (исто важи и за измену постојећег или брисање) до момента када је документ могуће претраживати. Оно што је такође један од главних разлога за употребу *Elasticsearch*-а јесте особина дистрибуираности. Сервери *Elasticsearch*-а се називају чворови и они се групишу у кластере. Уколико један од чворова престане да ради, други ће преузети терет на себе. Оба чвора припадају истом кластеру, стога раде над истим индексима. Индекс може потенцијално складиштити огроман износ података који може премашити границе хардвера једног чвора. Да би решио овај проблем, алат пружа могућност дељења индекса и неколико делова званих *shards* (енг. крхотине/парчад/делови разбијеног стакла или керамике). Приликом прављења индекса, може се дефинисати број *shard*-ова тј. парчади. Свако парче функционише као независан и потпуно функционалан индекс те се може налазити на било ком чвору у кластеру. На тај начин постоји могућност хоризонталног дељења/скалирања целокупног садржаја и дистрибуираности и паралелизације операција, што ће повећати перформансе и проток. На све набројано, алат нуди и механизам за опоравак од кvara и то тако што се парчади индекса реплицирају међу чворовима.

4. СПЕЦИФИКАЦИЈА И ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА

Аутор је пред собом имао спецификацију задатака, односно бизнис логике, којег је, у договору са ментором, преузео да би комплетан рад имао додира са стварним производом и тиме долично презентовао практичну употребу теоријске идеје. Апликација препознаје три типа корисника: посетилац, претплатник и администратор.

Посетилац има на располагању приказ листе категорија и приказ листе књига које припадају одабраној категорији, као и претрагу репозиторијума књига без опције преузимања књига. Претплатник поред функционалности које има посетилац има на располагању и пријаву и одјаву са система, као и могућност преузимања књига које припадају категорији на коју је претплаћен. Администратор има још и ажурирање

листе дигиталних књига, категорија и корисника, као и могућност преузимања свих књига које су резултат претраге.

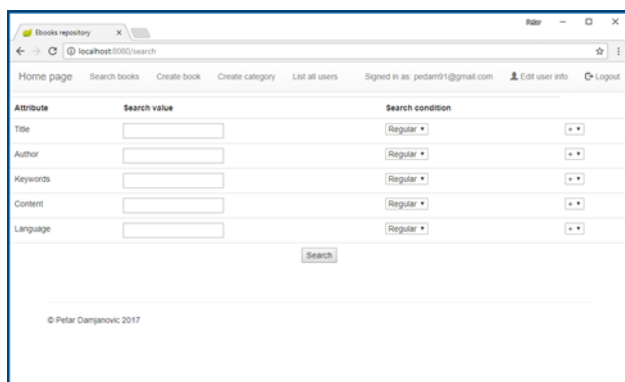
За имплементацију апликације искористити следеће софтверске пакете: *Apache Tomcat*, *MySQL*, потребне *Java* алате и библиотеке. Податке којима управља апликација организовати уз ослонац на систем за управљање базама података. Подржати аутентификацију корисника употребом корисничког имена и лозинке и ауторизацију корисника употребом механизма корисничке сесије. Валидирати сва поља свих форми и приказати поруку о грешци ако бар једно поље није валидно. Бележити поруке о важним догађајима који су настали приликом извршавања веб апликације. Имплементирати форму за претраживање књига и то по наслову, аутору, кључним речима, садржају и језику. Омогућити комбиновање наведених параметара претраге (са И и ИЛИ операторима између поља). Претрага треба да буде независна од великих и малих слова, као и од ћириличног и латиничног писма. Приликом резултата приказати динамички сажетак. Резултат треба да садржи линк за преглед/преузимање књиге.

Веб апликација распоређена је у четири дела:

- 1) *Web browser*
- 2) *Web server*
- 3) *Database Management System*
- 4) *Elasticsearch*

Модел података: *Book* ентитет описује књиге које се налазе у бази података апликације. Свака књига мора бити описана следећим обележјима: идентификатор, наслов, језик и категорија којој припада. Опционо књига може поседовати и следећа обележја: аутор, кључне речи, година објављивања. Ентитет *User* описује кориснике апликације. Сваки корисник мора бити описан са обележјима: идентификатор, име и презиме, корисничко име, лозинка и тип (претплатник или администратор). Уколико је тип корисника претплатник и ако му је дефинисана и категорија онда је у питању претплатник одређене категорије и може да преузима све књиге из те категорије, а ако категорија није дефинисана, претплатник може да преузима све књиге. Ентитет *File* описује дигитални документ неке књиге. Има везу ка књизи, име фајла и опционо MIME тип фајла (за потребе пројекта стриктно *application/pdf*).

Апликација је имплементирана по MVC дизајн шаблону; садржи све три компоненте шаблоне: *model*, *viewer*, *controller*. Измене на пројекту, као и комплетна историја, се могу пратити на *GitHub* репозиторијуму: <https://github.com/pedam91/Ebook-repository>. На слици 1 приказан је изглед странице за задавање упита за претрагу:



Слика 1. Страница за задавање упита

5. ЗАКЉУЧАК

Закључак рада се своди на успешност основног циља: аутори радног оквира *Spring* и механизма за претрагу *Elasticsearch* су се потрудили да колегама из света софтверског развоја, који развијају озбиљне модерне пословне апликације, олакшају пут до финалног производа. Аутор је заиста имао више времена на располагању за имплементацију бизнис логику на апликативном нивоу. Генерално, код приступа са коришћењем готових алата и радних оквира, аутор не мора толико да води рачуна о одржавању, унапређивању, побољшању верзија итд. самих алата, колико би морао уколико је ручно имплементирао ниже нивое архитектуре апликације, а жели да нпр. оспособи апликацију за покретање на новијој верзији Јаве. Сама популарност алата и радних оквира наводи на то да ће пратити најновије трендове и држати корак са модерним технологијама. Очигледан пример је то што *Spring* уводи логику у радни оквир и своје пројекте да подржавају модерне и популарне алате као што је *Elasticsearch*.

Оно што треба издвојити као ману приступа је то што је за увођење функционалности приказивања наглашених делова претраге у документу и претраге по сличности добијеног резултата претходне претраге било потребно користити друге делове система (*ElasticsearchTemplate*) и имплементирати логику ручно, уместо, као што је и можда очекивано, интерфејс репозиторијума који комуницира са инстанцом *Elasticsearch*-а. Но, и даље се користио готов код за те сврхе тако да се и не треба замерити превише на овом недостатку.

У погледу увезивања потребних компоненти, могло би се замерити то што је аутор морао да издваја посебно репозиторијум за комуникацију са релационом базом и репозиторијум за комуникацију са механизмом за претрагу, па их онда истовремено користи у сервисном слоју. Операције попут снимања стања објекта или брисања су често идентичне те би била добра идеја да се обухвате у једној компоненти и као такве позову једном. Тиме би се смањила комплексност кода још више него што је по тренутној имплементацији. Ово је више питање *лепоте* кода, а вероватно се тиче и да ли је уопште могуће имплементирати тако нешто у оквиру великог радног оквира као што је *Spring*.

Посебан аспект имплементације апликације представља додатак за анализатор српског језика *Elasticsearch*-у. Дакле, ако је једна од жељених функционалности процесирање текста у језику који није подразумевано подржан од стране алата, потребно је имплементирати сопствену логику у виду додатка. Но, баш као што је и аутор пронашао референтне примере имплементације додатака, тако ће и други програмери бити у могућности да за релативно кратко време задовоље своје потребе. Око овога не треба да се брине када је у питању 30-ак језика попут енглеског, немачког, француског, шпанског, руског, италијанског али и турског, индонежанског, јерменског и тако даље.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] <https://docs.spring.io/spring/docs/current/spring-framework-reference/html/overview.html> (датум приступа: 2017-09-16)
- [2] <https://db-engines.com/en/ranking/search+engine> (датум приступа: 2017-09-01)
- [3] Ивановић Д., Милосављевић Б. (2015), Управљање дигиталним документима, ISBN: 978-86-7892-690-7, Факултет техничких наука Нови Сад, Србија
- [4] <http://start.spring.io> (датум приступа 2017-09-01)
- [5] <https://lucene.apache.org/core> (датум приступа 2017-09-01)

Кратка биографија:



Петар Дамјановић рођен је у Новом Саду 1991. године. Формално образовање је стекао у истом граду, првобитно у основној школи „Светозар Марковић Тоза“, затим средњој електротехничкој школи „Михајло Пупин“ и на крају Факултету техничких наука. Основне академске студије на смеру Рачунарство и аутоматика завршава школске 2013./2014. године, након чега уписује мастер студије на истом смеру, са усмерењем Електронско пословање. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Електротехнике и рачунарства – Примењене рачунарске науке одбранио је 2018. године.

РАЗВОЈ WEB АПЛИКАЦИЈА УПОТРЕБОМ .NET CORE 2.0 ОКВИРА DEVELOPMENT OF WEB APPLICATIONS USING .NET CORE 2.0 FRAMEWORK

Јован Попов, Милан Видаковић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

Кратак садржај: У овом раду је анализиран .NET Core 2.0 оквир, и његова примена, у комбинацији са Angular оквиром, за развој web апликација. Специфицирани су захтеви и дизајн, имплементирана и тестирана је web апликација која пружа податке о извођачима са Twitter, Wikipedia и Allevants.in API-ја.

Abstract: This paper analyses the .NET Core framework, and its use, in combination with the Angular framework, for the development of web applications. It specifies the requirements and the design and describes the implementation and the testing of a web app that collects data about artists from Twitter, Wikipedia and Allevants.in APIs.

Кључни речни: .NET Core, Angular, Twitter, Wikipedia, Allevants.in.

Keywords: NET Core, Angular, Twitter, Wikipedia, Allevants.in.

1. УВОД

Микрософтова .NET платформа [1] постоји још од 2002. године, и њена библиотека ASP.NET [2] је тренутно једна од водећих технологија које се употребљавају за развој web апликација, поред и других функционалности које .NET пружа, као што су мобилне и десктоп апликације. Од 2016. године, паралелно са развојем тренутно стабилне верзије .NET библиотеке, која је тренутно у употреби у комерцијалним пројектима, Микрософт је започео развој најновије верзије њихове библиотеке, .NET Core, а заједно са њиме новог стандарда за .NET платформе, који се зове .NET standard [3]. .NET Core је развијан од нуле, уместо да се надовезују на претходне верзије, и он је за разлику од претходних имплементација, *open source* и такође *cross-platform*.

2. .NET CORE

.NET Core [4] је развојна платформа која се одржава од стране Микрософта и .NET заједнице. Основне карактеристике које дефинишу .NET Core су да је *cross-platform* и да подржава Windows, macOS и Linux, омогућена *command-line* подршка, компатибилност са .NET framework-ом [5], Xamarin-ом [6] и Mono-ом [7], пошто имплементира .NET Standard. Такође, .NET Core подржава *Dependency Injection* механизам унутар своје архитектуре и доноси измене у својој верзији ASP.NET библиотеке, од којих је најбитнија да MVC и WebApi контролери деле исту класу.

НАПОМЕНА:

Овај рад је проистекао из мастер рада чији ментор је био проф. др Милан Видаковић.

.NET Core се састоји од:

- .NET Runtime-а, који пружа систем типова, учитавање асемблија, JIT (just in time) компајлер, *garbage collection*, и сличне основне сервисе.
- Основног сета *framework* библиотеке које пружају примитивне типове података, класе за колекције, и друге фундаменталне функционалности.
- SDK алата и компајлера језика, које омогућавају основно развојно искуство.
- 'Dotnet' *app host*-а, који се користи за покретање .NET Core апликација.

Језици који се могу користити за писање апликација за .NET Core су C#, Visual Basic и F#.

.NET Standard

Један од изазова код тренутног развоја .NET-а је тај да се временом дошло до више .NET имплементација. Постоји .NET framework, Xamarin, Mono, Core, и сваки има своје API-је. Приликом развоја Core-а, дошло се до жеље да .NET буде конзистентан на свим платформама, па је развијен .NET стандард, који је спецификација за .NET. Што значи да уколико неко жели да направи .NET платформу која задовољава стандард, онда мора да имплементира сет API-ја прописаних стандардом, који програмери могу да очекују од .NET платформе. Употребом овог стандарда, код може лако да се преноси између различитих .NET платформи.

.NET Core 2.0

Актуелна верзија .NET Core библиотеке је .NET Core 2.0, издата 14. августа 2017. године. Она између осталог доноси са собом оптимизацију рада, најновију верзију *Entity Framework Core* библиотеке, *Razor pages* као нов начин за израду web апликација и најновију верзију .NET стандарда, NET Standard 2.0.

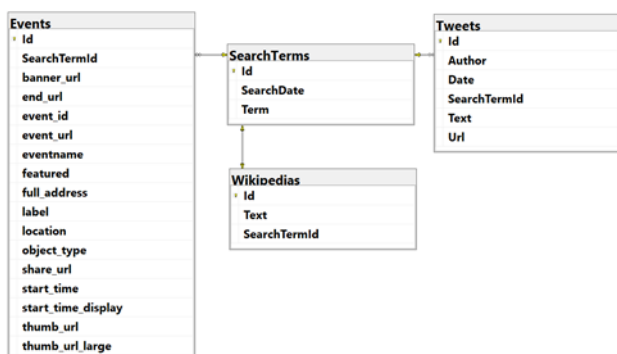
3. СПЕЦИФИКАЦИЈА АПЛИКАЦИЈЕ

Задатак обухвата израду апликације која је заснована на .NET Core 2.0 и Angular 5 технологијама. Апликација омогућава кориснику да се региструје, пријави, одјави, и претражује извођаче помоћу поља за претрагу. Након уноса извођача, добава се информације о њима са Allevants.in [8], Twitter [9], и Wikipedia [10] сајтова и прикажу се. Идеја пројекта је да се резултати претраге одређеног извођача чувају у базу, и следећи пут кад се исти извођач претражује унутар одређеног временског периода, уместо да се опет врше позиви свих API-ја, подаци се прочитају из базе и прикажу знатно брже.

Да би се могле користити функционалности сајта, корисник мора бити регистрован у систему, и затим

пријављен. Уколико покуша да приступи страници за претрагу а није пријављен, биће преусмерен на страницу за пријаву, на којој се налази линк за регистрацију. Уколико је регистрација успешна, корисник се преусмерава на страницу за претрагу. На њој уноси назив извођача у поље за претрагу и резултати се приказују испод поља. Резултати за сваки засебни API су подељени по страницама уколико их има више, и увек је могућ унос новог извођача што ће освежити табеле са резултатима. Корисник се може у било ком моменту вратити на страницу за пријаву кликом на "Logout".

За потребе пројекта коришћена је MS SQL Server база података. Она је потребна за управљање корисничким налозима, и такође за чување података које смо добили за различитих API-ја приликом претраге. Управљање корисничким налозима је реализовано употребом *Identity Framework* библиотеке, које је део ASP.NET-а, и која са собом доноси све табеле неопходне за кориснике, улоге, и остале функционалности. Модел података који се користи за чување резултата претраге се налази на слици 1.



Слика 1. Дијаграм модела података

4. ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА

Пројекат је у основи .NET Core 2.0 web апликација. Core се првенствено користи као *back-end*, дакле за имплементацију REST API сервиса, док се за *front-end* користи Angular клијентска апликација. Пројекат је развијан у *Visual Studio* развојном окружењу.

.NET Core web апликација

Пројекат користи шаблон који такође долази са Core 2.0 издањем, који омогућава лако започињање .NET Core 2.0 web пројекта који користи Angular као клијентску апликацију. начин на који овај шаблон функционише, је да је се унутар Core 2.0 web апликације налази фолдер са једноставном Angular клијентском апликацијом, који се састоји од TypeScript фајлова који морају да се *transpile*-ују, односно преведу у JavaScript фајлове, што корисник не мора ручно да ради, већ се ово аутоматски уради приликом покретања, односно компајлирања .NET пројекта који се налази у основи. Начин на који је ово урађено је употребом .NET CORE *middleware*-а која се зове *Node Services*, који омогућава комуникацију са Node.js-ом из C# кода, који врши преводјење TypeScript фајлова.

Овај шаблон такође користи WebPack, који се користи да би оптимизовао учитавање JavaScript, CSS и HTML фајлова са сервера на претраживач, и такође омогу-

ћава „*hotswap*“ функционалност приликом рада са пројектом, која док је пројекат покренут, слуша у позадини да ли је дошло до неке промене у коду, и у колико јесте, преко *Node Services middleware*-а поново ископајлира клијентски део апликације и аутоматски освежи web апликацију, без потребе да се сам пројекат рестартује.

Entity Framework

За рад са базом се користи *Entity Framework Core 2.0*, најновија верзија Микрософтовог *Entity Framework* оквира за рад са базом. Основна класа преко које се врши интеракција је DbContext. Постоје две врсте контекста у .NET оквиру, IdentityDbContext и DbContext. IdentityDbContext користи *Identity Framework* за рад са корисницима, док се DbContext, користи за ентитете у које се чувају подаци у апликацији који нису везани за кориснике.

Оно што је прво битно направити, је класу која наслеђује DbContext, и у њој је неопходно додати као *property*-је колекције типа DbSet, које представљају ентитете који ће се чувати у бази. Класа која представља модел податка је стандардна POCO (Plain old c# object) класа, и притом, није потребно користити анотације да би се тачно назначило који *property* је кључ, или страни кључ, пошто је библиотека у стању да сама протумачи садржај класе и из ње закључи њене карактеристике, користећи често коришћене шаблоне и конвенције за називе, мада се могу такође и анотације користити уколико постоји потреба. Након што смо дефинисали моделе, потребно је у *Package Manager* конзоли прво укуцати „Add-Migration“, да би се миграција направила, и затим „Update-database“ да би се промене извршиле над базом.

Након што смо ово све подесили, објектима из базе се приступа преко контекста, који нам је доступан преко *Dependency Injection* механизма. Овај објекат затим у себи садржи све DbSet-ове који представљају ентитете из базе, и којима можемо приступити, и затим вршити CRUD операције над њима, и такође приступати објектима са којима постоје везе. Све ове операције су већ имплементирание као део Identity библиотеке, помоћу *Linq* оператора, као што су Select, OrderBy, и тако даље.

Identity Framework

За управљање корисничким налозима, регистрацију, пријаву, чување корисника у бази, користи се *Identity Framework*, Микрософтова библиотека за ову сврху, која је део ASP.NET-а, и чија најновија верзија долази са Core 2.0 издањем. Приликом имплементације неопходно је регистровати контекст за базу које је повезан са Identity оквиrom тако што ћемо направити класу која наслеђује IdentityDbContext, који у себи садржи моделе преко којих чува регистроване кориснике и друге операције везане за њих, од којих се добију табеле у бази након што се уради миграција. Такође је потребно Identity сервис додатно конфигулисати у методи за конфигурисање сервиса, и такође направити методе за регистровање и пријаву. Након тога, он омогућава аутентификацију и ауторизацију корисника додавањем [Authorize] анотација на API контролере, које такође као параметре могу да имају, на пример, неопходну улогу корисника.

Angular 5

Angular [11] је тренутно једна од најпопуларнијих JavaScript библиотека за прављење *Single Page* апликација. Прва верзија библиотеке се звала AngularJs, и она је и даље веома популарна. Верзија 2.0 је донела много измена, за почетак, употребу TypeScript-a, затим контролери су замењени са компонентама, и уз доста додатних измена, Angular 2 (без „Js“ у свом називу) је постао практично нови оквир. Тренутно актуелна верзија је 5, мада од верзије 2 па на даље, измене нису толико радикалне.

Twitter API

Twitter API омогућава различите функционалности везане за Twitter платформу, као што су операције над налозима, претраживање Tweet-ova по различитим параметрима, слање порука и додатне функционалности. Да би се користио, неопходно је регистровати се на њиховом порталу, након чега се добију кључеви помоћу којих ће се ауторизовати позиви API-ја. Приликом имплементације је коришћена библиотека TweetSharp [12], која пружа веома ефикасан начин да се позову *endpoint*-и Twitter REST API-ја

Wikipedia API

Подаци са Wikipedije се могу преузети употребом MediaWiki [13] API-ја. API се користи употребом *query* параметара, као што су „action“ параметар, који може да прима различите вредности, од којих је најбитнија „query“, који назначава да желимо да вршимо претрагу садржаја, затим постоји „format“ параметар, са којим се може назначити формат одговора. Следећи битан параметар је „pror“, што је скраћено од „property“, којим се може може назначити које конкретне информације о одређеној страници нам требају, док „titles“ параметар, служи да проследимо назив странице коју желимо да пронађемо.

AllEvents.in API

AllEvents.in је сајт који прикупља Facebook догађаје, и чува их у својој бази. Он је посебно користан због свог API-ја, који је корисна алтернатива за Facebook API, са којим је већ неко време добављање догађаја изузетно тешко. AllEvents.in API је још увек у приватној бета фази, и потребно је регистровати се, и сачекати да се одобри регистрација. Затим се може добити API кључ који ће се користити приликом позива API-ја и такође Url за портал за рад са API-јем, на којем се могу видети примери позива за више програмских језика. API омогућава претрагу догађаја по називу, по географској локацији, по граду и по организатору.

5. ДЕМОНСТРАЦИЈА

Страница за пријаву је прва коју корисник види, са ње се може прећи на страницу за регистрацију кликом на линк „Register“. Након успешне регистрације, корисник је преусмерен на страницу за претрагу где се у поље за претрагу уноси назив извођача, и након тога ће се појавити резултати претраге испод поља за унос, у засебним картицама за сваки сајт, што се може видети на сликама 2, 3 и 4.

Wikipedia
Depeche Mode are an English electronic band formed in Basildon, Essex in 1980. The group consists of founders Dave Gahan (lead vocals, co-songwriting), Martin Gore (keyboards, guitar, chief songwriting), and Andy Fletcher (keyboards). Depeche Mode released their debut album <i>Speak & Spell</i> in 1981, bringing the band onto the British new wave scene. Original band member Vince Clarke, left the band after the release of the album, leaving the band as a trio to record <i>A Broken Frame</i>, released the following year. Gore took over the lead songwriting duties and, later in 1982, Alan Wilder officially joined the band to fill Clarke's spot, establishing a line up that would continue for the next 13 years.

Слика 2. Резултати са Wikipedia сајта

Name	Time	location	Url
Depeche Mode "Global Spirit Tour"	Fri Jun 01 2018 at 08:00 pm	Chicago, IL - United Center	Event url
Depeche Mode "Global Spirit Tour" Philadelphia	Sun Jun 03 2018 at 08:00 pm	Philadelphia, PA - Wells Fargo Center	Event url
Depeche Mode Happy Hour	Wed Jun 06 2018 at 03:00 pm		Event url
Depeche Mode "Global Spirit Tour" Brooklyn	Wed Jun 06 2018 at 08:00 pm	Brooklyn, NY - Barclays Center	Event url
Depeche Mode "Global Spirit Tour" Boston	Sat Jun 09 2018 at 08:00 pm	Boston, MA - TD Garden	Event url

Слика 3. Резултати са AllEvents.in сајта

Author	Time	Text	Url
David C.Tabbytite	04/21/2018 08:59:51	 Policy Of Truth by @depechemode on @PandoraMusic https://t.co/QZJpW1hMIW	Tweet url
Amrith	04/21/2018 09:03:22	RT @son_bahar61: Depeche Mode  Sounds of the Universe 2009 #DepecheMode #davegahan #martingore #andyfletcher https://t.co/jqGqIH4HM	Tweet url
Senor Strangelove	04/21/2018 09:08:44	@DominaZara Ojo cuidao! Tenemos a Tino Casal, Depeche Mode y The Essence en la cresta de la ola y a Heroes cuando e... https://t.co/ooSbwL91pe	Tweet url

Слика 4. Резултати са Twitter сајта

Након тога, могуће је отићи на линк пронађене Wikipedia странице кликом на „See more“, на страницу за догађај на AllEvents сајту, и такође отићи на страницу конкретног Tweet-a.

6. ЗАКЉУЧАК

Задатак овог рада је био да се истражи .NET Core 2.0 оквир, да се имплементира апликација кроз коју ће се демонстрирати његова употреба, и да се упореди његов рад, имплементација, предности и мане у односу на претходну верзију .NET оквира.

Главна предност Core оквира, у односу на .NET Framework оквир, је то да у основи подржава више платформи, уместо само Windows платформе. Осим тога, боље перформансе, специфичне могућности и генерално израда оквира од нуле, са применом свега што је научно кроз израду претходне верзије оквира, су такође предности.

Мана Core оквира је првенствено то да је још увек је у изради, која већ више година траје, и нису имплементирани све функционалности. Ово се може видети приликом рада са базом. Верзија Entity Framework-a која је била део претходне верзије .NET оквира је била веома користан ORM, пошто је веома

квалитетно подржавао различите приступе рада са базом и такође је био веома лак за употребу, док тренутна верзија Entity Framework Core библиотеке, која је део .NET Core-а има само део тих функционалности. Пре израде апликације употребом .NET Core 2.0 оквира, саветује се да се истражи које функционалности су тренутно подржане и да се из тога процени да ли тренутно има смисла његова употреба за тај конкретан пројекат.

Што се тиче даљег истраживања на ову тему, првенствено је битно пратити развој Core оквира. Нове верзије редовно излазе, и већ је најављена верзија 2.1. Што се проширења апликације тиче, њена основна идеја је прикупљање података са више извора, и могу се лако додати нови извори за прикупљање података поред тренутно коришћених.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Microsoft .NET, <https://www.microsoft.com/net/>
- [2] ASP.NET, <https://www.asp.net/>
- [3] .NET standard, <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/standard/net-standard>
- [4] .NET Core, <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/core/>
- [5] .NET framework, <https://www.microsoft.com/net/download/dotnet-framework-runtime>
- [6] Xamarin, <https://www.xamarin.com/>
- [7] Mono, <https://www.mono-project.com/>
- [8] Allevvents.in, <https://allevvents.in/>
- [9] Twitter, <https://twitter.com/>
- [10] Wikipedia, <https://www.wikipedia.org/>
- [11] Angular, <https://angular.io/>
- [12] TweetSharp, <https://github.com/shugonta/tweetsharp>
- [13] MediaWiki API, https://www.mediawiki.org/wiki/API:Main_page

Кратка биографија:

Јован Попов је рођен 1.9.1988, Нови Сад, општина Нови Сад, Србија. 2007. године уписао је Факултет Техничких Наука, одсек *Рачунарство и Аутоматика*. Након завршених основних студија уписао је мастер академске студије на истом факултету, смер *Примењене рачунарске науке и информатика, Електронско пословање*. Положио је све испите предвиђене планом и програмом.

Милан Видаковић је рођен у Новом Саду 1971. године. На Факултету техничких наука у Новом Саду завршио је докторске студије 2003. године. На истом факултету је 2014. године изабран за редовног професора из области *Примењене рачунарске науке и информатика*.

REALIZACIJA SOFTVERA ZIGBEE UREĐAJA ZA UPRAVLJANJE PAMETNIM ZASTORIMA**SOFTWARE REALISATION OF ZIGBEE WINDOW COVERING DEVICE**

Violeta Aleksovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je predstavljen opis realizacije automatizovanog modula kompatibilnog sa postojećim OBLO Living sistemom kontrole pametnih kuća za kontrolu zastora. Izrada projekta opisanog u radu obuhvata implementaciju softverskog sloja koji povezuje postojeći modul kontrole industrijski standardizovanog namenskog cevastog naizmeničnog motora (tubular AC motor) sa OBLO Living sistemom preko ZigBee bežične mreže. Implementacija je verifikovana u skladu sa zahtevima mrežne kompatibilnosti, kalibracije, odnosno pozicije roletne i detekcije granica kretanja iste.

Abstract – This paper contains the description of realisation of automatized module compatible with existing OBLO Living smart home control system for window covering control. Realisation of project presented in this paper consists of implementation of a software layer which connects existing industry standardized control module with tubular AC motor with OBLO Living system via ZigBee wireless networking protocol. Implementation is verified in accordance with network compatibility requirements, as well as calibration requirements, which include current position detection and border detection mechanism.

Ključne reči : ZigBee, Oblo Living, pametna kuća, merno-informacioni sistem, Internet of Things.

1. UVOD

ZigBee uređaj za upravljanje pametnim zastorima je bežično kontrolisani elektronski prekidač čija je svrha upotrebe automatizacija pokretanja roletni, venecijanera, zavesa i garažnih vrata. Uređaj se zasniva na ZigBee 3.0 komunikacijskom protokolu i može se koristiti sa bilo kojim sistemom koji podržava ZigBee Home Automation 1.2 protokol (ZHA 1.2).

OBLO Living sistem pametnih kuća je sveobuhvatno rešenje koje nudi korisniku lokalnu ili daljinsku kontrolu kućnih uređaja, podržava veliki obim senzora i aktuatora koji mogu komunicirati putem nekoliko komunikacijskih protokola, različitih korisničkih interfejsa, i korisnički definisanih modula.

Fizička arhitektura se sastoji od Texas Instruments CC2538 SoC, koji je baziran na ARM korteks M3 mikrokontroleru sa integrisanim RF (MAC i PHY: IEEE 805.15.4) modulom. Merenja aktivne snage i drugih električnih parametara izvršavaju se uz pomoć CS5490 integrisanog kola.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Platon Sovilj.

2. ZIGBEE PROTOKOL

ZigBee standard bežične komunikacije ispunjava određene uslove koje druge tehnologije bežične komunikacije ne podržavaju. On se zasniva na slanju „malih“ paketa i sićušnom steku koji može da se pokreće na 8-bitnim mikrokontrolerima. Primene ove komunikacije su, na primer, kontrolisanje osvetljenja ili slanje podataka o temperaturi termostatu. ZigBee uređaji su osmišljeni na taj način da mogu da rade godinama na kapacitetu samo jedne baterije. ZigBee uređaji su predviđeni da budu robusni i njihova upotreba može da traje decenijama.

Tržište bežično kontrolisanih uređaja ima skup jedinstvenih potreba koje ZigBee protokol idealno ispunjava jer ga karakteriše visoka pouzdanost, efikasnost u pogledu troškova, niska potrošnja energije, visoka sigurnost prenosa podataka, a još jednu prednost predstavlja i to što je otvoreni globalni standard.

3. FIZIČKA ARHITEKTURA

Hardver uređaja za upravljanje pametnim zastorima sastoji se od Texas Instruments CC2538 mikrokontrolera, CS5490 integrisanog kola koje služi za obavljanje električnih merenja na uređaju i bloka koji kontroliše smer kretanja motora koji podiže ili spušta roletnu.

Razvijanje i testiranje firmvera izvršeno je uz pomoć prototipa uređaja, koji se zasniva na Texas Instruments SmartRF06 razvojnoj ploči.

Ovaj mikrokontroler sadrži IEEE 802.15.4 (2,4 GHz) radio modul, ARM Cortex-M3 procesor i dovoljno fleš i RAM memorije da može da pokreće ZB stek, a da pritom ne zahteva dodatnu eksternu memoriju. Namenjen je za upotrebu u pametnim mrežama. Njegova primena je prikladna u sistemima gde se zahteva veoma niska potrošnja energije. Omogućeni su režimi spavanja sa veoma niskom potrošnjom energije. Potreban je veoma mali vremenski interval za prelazak iz jednog u drugi režim rada, što takođe doprinosi niskoj potrošnji energije.

Mikrokontroler CC2538 SoC (System On a Chip) napravljen je tako da ispunjava zahteve mesh umrežavanja kod IoT primena od kojih ZigBee namene predstavljaju najzahtevniji zadatak za hardver. Usled upotrebe ARM Cortex M3 jezgra koje radi na 32 MHz, posedovanja zadovoljavajuće memorije i velikog izbora perifernih modula, CC2538 predstavlja idealno rešenje za implemetaciju na ZigBee čvorovima.

Procesor Cortex-M3 sagrađen je na moćnom procesorskom jezgru, Harvard arhitekture u tri nivoa i efikasan je pri potrošnji energije, što ga čini idealnim za zahteve ugrađenih (embedded) sistema.

CC2538 sadrži predajnik niske potrošnje kompatibilan sa IEEE 802.15.4 standardom. Radijski podsistem obezbeđuje korisnički interfejs između MCU i radija koji omogućava da se izdaju komande, nejasno sa radio modula. Radio takođe sadrži modul za filtriranje paketa i prepoznavanje adresa.

Za svrhu realizacije ovog projekta korišćeni su tajmeri opšte namene za pravljenje globalnog brojača koji se inkrementira na period od 1 ms i služi za implementaciju automata konačnih stanja kod UART komunikacije sa CS5490 integrisanim kolom. Za generisanje PWM signala koji služi za pokretanje motora koji podiže ili spušta roletnu, takođe je upotrebljen jedan od dostupnih GPT tajmera.

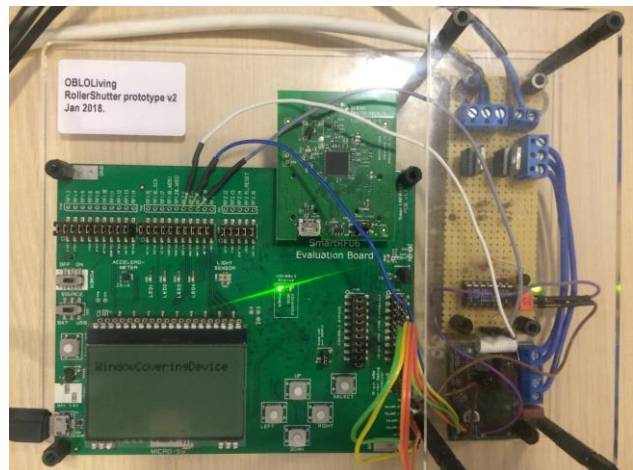
Za svrhe ovog projekta korišćen je UART modul za komunikaciju sa CS5490 mernim čipom. CS5490 predstavlja CMOS integrisano kolo za merenja struje i napona. Sadrži nezavisne AD konvertore na oba kanala i omogućava merenje aktivne, reaktivne i prividne snage. Pored toga, moguće je i izračunavanje efektivne vrednosti i faktora snage. Merenja trenutne vrednosti struje, napona i snage su takođe dostupna preko serijskog porta. Dvožična UART komunikacija umanjuje troškove izolacije gde je potrebno. Podesivi digitalni izlaz obezbeđuje generisanje impulsa, detekciju zero-cross impulsa i prekidne funkcije.

Za detekciju zero-cross impulsa sa mernog čipa, upotrebljen je GPIO prekid. Kod naizmjenične struje, zero-cross predstavlja tačku u kojoj nema napona, odnosno tačku kada signal prolazi kroz nulu. U slučaju sinusoidnog talasnog oblika, ovo se obično dešava dva puta tokom jedne periode. Ovi impulsi se detektuju uz pomoć mernog čipa i izazivaju GPIO prekide na CC2538 mikrokontroleru. Brojanje zero-cross impulsa služi za kalibraciju uređaja. Praćenjem stanja brojača ovih impulsa može se odrediti položaj roletne ili objekta kojim želimo da upravljamo uz pomoć uređaja za upravljanje pametnim zastorima.

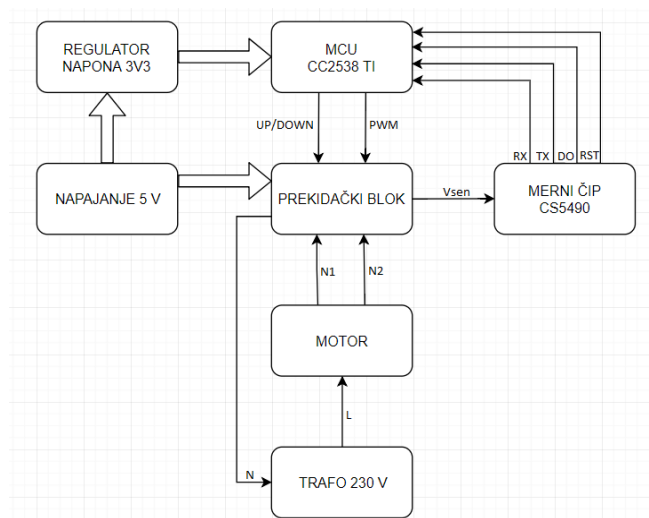
Pored glavnih komponenti koje su korišćene u svrhe izrade hardverskog prototipa ovog projekta (mikrokontroler TI CC2538 i hardver koji se bavi kontrolom motora koji upravlja roletnom i merenjima potrebnih parametara), korišćena je Texas Instruments SmartRF06 razvojna ploča u svrhe debugovanja u procesu testiranja. SmartRF06EB je fleksibilna platforma za testiranje i razvoj koja radi sa RF modulima kompanije Texas Instruments. Ova ploča se koristi kao matična ploča u razvojnim alatima za Texas Instruments ARM bazirane SOC mikrokontrolere.

Na slici 2 može se videti šema celokupnog hardvera. Sastoji se od bloka za napajanje, prekidačkog bloka koji određuje smer obrtanja motora, mikrokontrolera koji upravlja sistemom, bloka za merenje koji se sastoji od mernog čipa i samog motora koji pokreće objekat kojim želimo da upravljamo uređajem za upravljanje pametnim zastorima.

Većina roletni pokreće se cevničkim asinhronim motorima. Brzina obrtanja kod ovakvih motora je do 30 obrtaja u minuti. Napaja se iz mreže, napon napajanja je 230 V, dok jačina struje iznosi 0,5 A – 0,8 A. Aktivna snaga iznosi od 110 W do 170 W, u zavisnosti od modela.



Slika 1. Prototip realizovanog uređaja



Slika 2. Blok šema celokupnog hardverskog rešenja

Kontrola naizmjeničnog dvofaznog asinhronog motora obavlja se putem jednostavnog kola koje se sastoji od tranzistora, dioda i dva trijaka. Za pokretanje motora koristi se PWM signal frekvencije 100 kHz i faktora ispunje 50%. Za kontrolisanje smera obrtanja motora koristi se zasebna GPIO linija na koju se dovodi nula ili jedinica kako bi se odredio smer. U zavisnosti od toga da li se dovodi nula ili jedinica na ovu liniju, tranzistor će provoditi na jedan od dva trijaka koji služe kao prekidači koji kontrolišu motor. U zavisnosti od toga koji trijak vodi, bira se jedna od dve faze motora koja će biti aktivno gonjena, što će opredeliti smer obrtanja motora. Na drugoj fazi motora koja nije aktivno gonjena pomoću kondenzatora realizuje se kašnjenje naponske pobude, tako da se generiše obrtno magnetno polje neophodno za pokretanje asinhronog motora.

Na motor su priključeni mrežna faza i nula. Mrežna faza koja dolazi na motor dovedena je preko prekidačkog bloka. Napon iz mreže dolazi u prekidački blok i daje napajanje za motor. Motor je stalno vezan na mrežni fazni napon, a prekidački blok menja smer obrtanja motora tako što propušta PWM signal jednom ili drugom putanjom. Signal V_{SEN} vodi se na merni čip, i služi za merenje struje pomoću šant otpornika.

4. PROGRAMSKA PODRŠKA

Za razvoj firmvera uređaja korišćeno je IAR Embedded Workbench razvojno okruženje koje podržava ZigBee stek.

ZigBee uređaj za upravljanje pametnim zastorima sadrži sledeće funkcionalnosti: kontrola motora koji može da otvori, zatvori ili podesi na željeni nivo bilo kakav tip roletne, automatska kalibracija, izveštavanje o poziciji roletne, detekcija zero-cross impulsa uz pomoć CS5490 mernog čipa i merenje aktivne snage, napona i struje uz pomoć CS5490 mernog čipa.

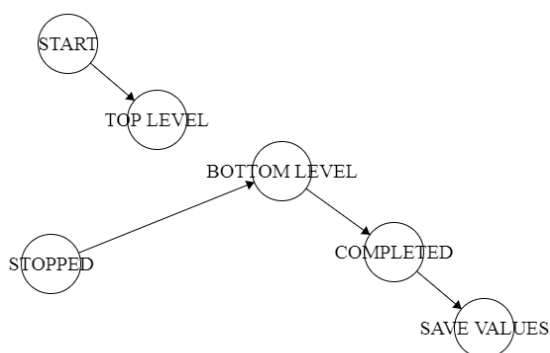
4.1. Kalibracija

Automatizovana kalibracija je proces tokom kog uređaj ispituje dimenzije roletne ili objekta koji je priključen na uređaj, odnosno pamti granice do kojih se roletna može spuštati ili podizati. Ovaj proces je omogućen uz pomoć brojanja zero-cross impulsa koji se javljaju u pravilnim vremenskim intervalima, tako da može da se izračuna vreme koje je potrebno da roletna pređe put između graničnih položaja (od vrha do krajnjeg donjeg položaja ili obrnuto). Vrednost brojača zero-cross impulsa koji su izbrojani za dato vreme se čuva i na osnovu nje se mogu računati procenti, odnosno može se odrediti trenutni položaj roletne u bilo kom momentu.

Kalibracija je odrađena tako da iniciranjem procesa kalibracije od strane korisnika, bez obzira na to u kom položaju se roletna trenutno nalazi, ona prvo počinje da se kreće do krajnjeg gornjeg položaja. Kada stigne do gornje granice, brojač zero-cross impulsa postavlja se na nulu, smer kretanja se obrće i počinju da se broje impulsi potrebni da roletna stigne do donje granice.

Zatim se resetuje brojač, obrće smer kretanja roletne i proces merenja zero-cross impulsa se ponavlja za ovaj smer kretanja. Nakon toga se računa srednja vrednost ove dve vrednosti i uzima se kao referentna dužina roletne (odnosno vreme koje je potrebno da roletna pređe put između dva granična stanja). Takođe se računaju potrebni parametri koji se koriste za prikaz trenutnog položaja roletne u procentima.

Na slici 3 mogu se videti stanja kroz koja se prolazi tokom procesa kalibracije. Stanje START je inicirano od strane korisnika, zadavanjem komande za pokretanje kalibracije uređaja. Stanje STOPPED je stanje u kom motor prestaje da se kreće jer je detektovano da je roletna došla do gornje granice. Nakon toga, prolazi se kroz navedena naredna stanja.



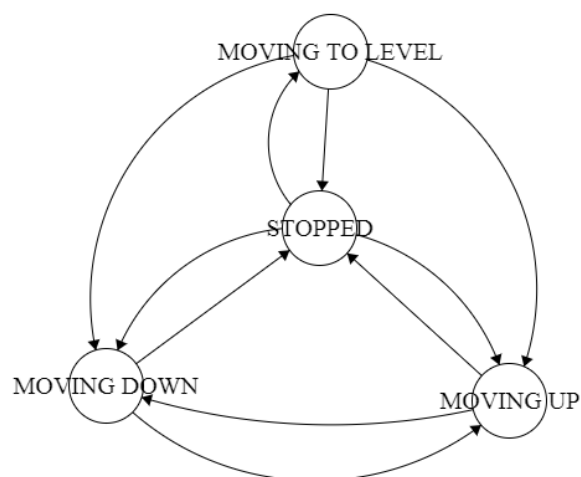
Slika 3 Proces kalibracije

Nakon završene kalibracije na LCD displej ispisuje se indikacija o tome da je kalibracija završena, kao i broj zero-cross impulsa izbrojanih za oba smera kretanja i položaj roletne u procentima (100 % je krajnji gornji položaj, 0 % je krajnji donji položaj). Ova vrednost izražena u procentima upisuje se u atribut CurrentPositionLiftPercentage, koji je deo Windows Covering klastera.

4.2. Softverska kontrola motora

Uređaj može da prima komande za pokretanje motora odnosno za kontrolu stanja roletne, preko tastera ili preko ZigBee aplikacije. Komande podrazumevaju zadavanje smera kretanja, zaustavljanje kretanja, kretanje do zadatog nivoa u procentima i započinjanje procesa kalibracije. Komande zadate preko tastera imaju viši prioritet od ZigBee komandi. Naime, komandom zadatom tasterom može se prekinuti komanda zadata preko aplikacije i započeti se proces izvršavanja komande zadate tasterom, dok obrnuta situacija nije omogućena. Zadavanje komande za kretanje do određenog nivoa moguće je samo putem aplikacije.

Ukoliko se uređaj nalazi u režimu kalibracije, on neće odreagovati na komande koje kontrolišu kretanje.



Slika 4 Softverska kontrola motora

Na datoj slici prikazana su moguća stanja u kom se uređaj može nalaziti i prikazane su moguće tranzicije stanja.

Za razliku od brojanja zero-cross impulsa prilikom procesa kalibracije, pri čemu se oni uvek inkrementiraju, kada uređaj radi u normalnom režimu brojanje zero-cross impulsa odvija se uzimajući u obzir smer kretanja. Naime, oni se inkrementiraju prilikom kretanja roletne naviše i dekrementiraju usled kretanja roletne u suprotnom smeru kako bi bilo moguće praćenje položaja roletne prikazano u procentima.

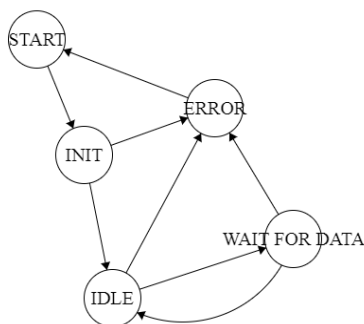
Posle određenog vremena korišćenja uređaja nakon izvršene kalibracije može doći do pomeranja graničnih vrednosti usled grešaka u merenju i uzimajući u obzir to da uslovi nisu idealni u praksi. Naime, može se dogoditi da krajnji gornji (100 %) i krajnji donji položaj (0 %) zapravo ne budu krajnji položaji već malo pomereni. Kako bi se osiguralo da roletna uvek stiže do krajnjih fizičkih granica donjeg i gornjeg položaja kada je to zadato komandom, koristi se mehanizam detektovanja granica. On podrazumeva detekciju pada struje i napona koji se

događaju kada roletna stigne do krajnjih položaja. Na primer, ako želimo da zadamo komandu za krajnji gornji položaj (100 %) kretanje će se nastaviti i kad se dostigne broj zero-cross impulsa koji određuje dati procenat i motor se isključuje tek kada se detektuje da je struja motora opala. Međutim, zero-cross impulsi prestaju da se broje kada se dostigne vrednost određena kalibracijom. Ovo je omogućeno uz pomoć događaja koji periodično (svake sekunde) proverava da li je vrednost struje i snage motora opala.

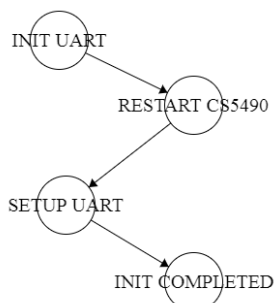
Vrednost `CurrentPositionLiftPercentage` atributa prati promene stanje brojača zero-cross impulsa i ograničena je na 100 % kako se ni u jednom slučaju ne bi moglo dogoditi da se ispiše vrednost procenata veća od navedene. Pamćenje vrednosti datog atributa kao i vrednosti ostalih promenljivih potrebnih za pamćenje stanja sistema usled restarta, omogućeno je upisivanjem datih podataka u NVM memoriju. Na ovaj način nakon restarta uređaja parametri vezani za kalibraciju, kao i stanje uređaja neposredno pre restarta, biće upamćeni.

4.3. Komunikacija sa mernim čipom

Mikrokontroler i čip se prvo pripremaju za UART komunikaciju, što obuhvata podešavanje UART modula mikrokontrolera i potrebnih pinova na mikrokontroleru i inicijalizaciju čipa. Inicijalizacija čipa obuhvata restart čipa koji predstavlja neophodni deo procedure podešavanja čipa za UART komunikaciju. Podrazumevana brzina prenosa UART komunikacije na čipu nakon restarta je 600 bps. Usled toga se brzina prenosa UART komunikacije na mikrokontroleru prvo podešava na 600 bps, kako bi mogao da pošalje komandu čipu da podigne svoju brzinu prenosa (baud rate) na 230400 bps. Nakon slanja date komande i na UART-u mikrokontrolera se brzina prenosa podiže na istu brzinu, kojom će se odvijati dalja komunikacija između čipa i mikrokontrolera. Takođe se podešava strujni zero-cross na čipu (pin DO), odnosno obezbeđuje se generisanje strujnih zero-cross impulsa.



Slika 5 Komunikacija sa čipom CS5490

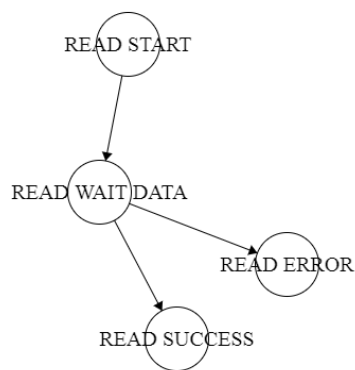


Slika 6 Proces inicijalizacije

Proces inicijalizacije prikazan na slici 6 obuhvaćen je stanjem INIT iz prethodnog navedenog automata konačnih stanja (slika 5).

Ukoliko je inicijalizacija uspešno izvršena, uzima se trenutna vrednost globalnog brojača (jedan GPT tajmer koji služi kao brojač za UART komunikaciju) koja se koristi kao početna vrednost za UART tajmer i čip prelazi u IDLE stanje. Ukoliko je isteklo vreme od jedne sekunde i veza sa čipom je u redu, on prelazi u stanje gde čeka podatke. U suprotnom, ukoliko je veza sa čipom izgubljena ili ukoliko čip ne detektuje zero-cross impulse, vrši se ponovna inicijalizacija čipa.

Stanje u kom čip čeka podatke bavi se primanjem i slanjem podataka. Ono se sastoji od stanja gde mikrokontroler čeka odgovor od čipa o statusu. Ukoliko je vreme dato čipu za odgovor isteklo, ili ukoliko čip ne detektuje zero-cross impulse, ponovo se inicijalizuje. U suprotnom, čip razmenjuje podatke sa mikrokontrolerom i ciklus razmene se ponavlja sve dok su uslovi dobre komunikacije sa čipom ispunjeni.



Slika 7 Read Handler funkcija

Iz stanja READ ERROR, čip prelazi u stanje ERROR glavne state mašine (slika 5), i vrši se ponovna inicijalizacija čipa. Iz stanja READ SUCCESS čip prelazi u stanje IDLE glavne state mašine.

4.4. Izveštavanje

Kada ZigBee uređaj za upravljanje pametnim zastorima radi kao dao sistema za automatizaciju kućnog prostora, uređaj koji je koncentrat mreže (ZC, koordinatorski uređaj) biva izveštavan o trenutnom položaju roletne, i potrošnji aktivne snage.

4.4. Korisnički interfejs

Uređaj za upravljanje pametnim zastorima sadrži tri tasteranejasno jedno MODE dugme i dva tastera za zadavanje komandi uređaju.

Kao što je prikazano u tabeli, MODE taster vrši višestruke funkcije. Jednim klikom ovog tastera zadaje se komanda za pridruživanje mreži, tri uzastopna klika ovog tastera pokreću proces pronalaženja mreže i povezivanja na mrežu (Finding and Binding), uzastopnim pritiskom tastera pet puta započinje se proces kalibracije uređaja, dok je za resetovanje uređaja na fabrička podešavanja potrebno pritisnuti taster deset puta.

Pomoću preostala dva tastera zadaju se komande za kretanje. Njihova upotreba odstupa od onog prikazanog u tabeli, naime, pojedinačno dugme inicira kretanje u jednom smeru, a ponovni pritisak istog tog tastera zaustavlja

kretanje u datom smeru. Dakle, postoje tasteri za iniciranje kretanja naviše ili naniže, a zaustavljanje kretanja se vrši ponovnim pritiskom tastera kojim je zadata komanda smera kretanja. Navedene komande prati odgovarajuća LED indikacija.

5. TESTIRANJE I REZULTATI

Testiranje funkcionalnosti obavljeno je ručno, uz pomoć SmartRF06 razvojne ploče, roletne kao objekta za testiranje i gejtveja i aplikacije kompanije Ubysis. Uređaj je testiran slanjem različitih komandi pomoću tastera na razvojnoj ploči, i upravljenjem uređajem pomoću aplikacije za pametni telefon ili tablet.



Slika 8 Roletna za testiranje



Slika 9 Gejtvej korišćen pri testiranju

Testovi koji su izvršeni:

- ubacivanje uređaja u mrežu

Ubacivanje uređaja u mrežu (ruterski uređaj, ZR) podrazumeva povezivanje uređaja na Ubysis gejtvej putem aplikacije (koordinatorski uređaj, ZC). Uređaj je prošao test.

- izbacivanje uređaja iz mreže

Izbacivanje uređaja iz mreže podrazumeva izlazak iz mreže na koju je uređaj priključen i obavlja se uspešno.

- resetovanje na fabrička podešavanja

Resetovanje uređaja na fabrička podešavanja podrazumeva resetovanje svih parametara i vraćanje uređaja u incijalno stanje. Test je izvršen uspešno.

- testiranje procesa kalibracije

Početna faza kalibracije obuhvata kretanje roletne do krajnjeg gornjeg položaja, pri čemu će se zero-cross impulsi brojati u drugoj i trećoj fazi. Druga faza predstavlja brojanje zero-cross impulsa od krajnjeg gornjeg do krajnjeg donjeg položaja. Treća faza podrazumeva kretanje, odnosno brojanje zero-cross impulsa od donjeg do gornjeg položaja, analogno drugoj fazi. Na LCD panelu prikazan je broj izbrojanih zero-cross impulsa u oba smera kretanja. Nije omogućeno

zadavati komande za pokretanje motora dok traje proces kalibracije, međutim, proces kalibracije može se zaustaviti.

- testiranje drajvera koji upravlja motorom

Zadavanje komandi moguće je preko tastera ili putem Ubysis aplikacije.

- testiranje indikacije o trenutnom položaju roletne

Izvršeno je ručno. Nivo u procentima dosledno prati nivo na kom se roletna fizički nalazi.

- testiranje mehanizma detektovanja granica

Usled detekcije granice, kretanje se zaustavlja.

- testiranje čuvanja parametara nakon restarta uređaja

Nakon restarta uređaja, bivaju sačuvani parametri poslednje kalibracije, podaci o nivou u procentima, kao i parametri mreže.

7. ZAKLJUČAK

Rezultati testiranja pokazuju da realizovano rešenje ispunjava sve prethodno definisane zahteve.

Dalja poboljšanja i usavršavanja ovog rešenja uključuju realizaciju robusnijeg hardverskog rešenja, kao i dodavanje opcije za podešavanje ugla roletne. Takođe bi se mogla realizovati detekcija količine osvetljenja na osnovu koje bi roletna mogla da se automatski podešava u odnosu na nivo osvetljenja i prema zadatim zahtevima korisnika.

8. LITERATURA

- [1] Drew Gislason: ZigBee Wireless Networking, Elsevier Inc. 2008
- [2] Motori za roletne, <http://biosco.com/motori-za-roletne/> (pristupano 25.3.2018.)
- [3] Z-Stack 3.0 Developer's Guide, Texas Instruments, Inc. San Diego, California USA, 2006-2015
- [4] ZigBee Cluster Library Specification, Revision 6, Draft Version 1.0, 2007-2016, ZigBee Alliance
- [5] CS5490 Two Channel Energy Measurement IC, Cirrus Logic, Inc. 2013
- [6] CC2538 System-on-Chip Solution for 2.4-GHz, IEEE 802.15.4 and ZigBee®/ZigBee IP® Applications, Texas Instruments CC2538™ Family of Products, Version C User's Guide, Texas Instruments, Literature Number: SWRU319C, April 2012–Revised May 2013
- [7] SmartRF06 Evaluation Board (EVM) User's Guide, Texas Instruments, Literature Number: SWRU321B, May 2012–Revised March 2017
- [8] Đorđe Novaković, Platon Sovilj, Nemanja Gazivoda, Multisensory Platform Based on NEC Protocol, Serbian Journal of Electrical Engineering, Vol. 14, No. 1, pp. 23-33, february 2017, DOI: 10.2298/SJEE1701023N

Kratka biografija



Violeta Aleksovski je rođena u Vršcu 1992. godine. Diplomirala je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, na katedri za električna merenja 2016. godine. Master rad iz oblasti merno-informacionih sistema, odbranila je 2018. godine.

UNITY OKRUŽENJE ZA MANIPULACIJU 3D OBJEKTIMA GENERISANIH IZ SERIJE CT SNIMAKA**UNITY SOLUTION FOR MANIPULATING 3D OBJECTS GENERATED FROM A SERIES OF CT SCANS**

Katarina Mededović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Rad se bavi problemom rekonstrukcije kostiju lica i okruženjem koje predstavlja rešenje datog problema. Opisuje se rad na Unity platformi i u ostalim programima neophodnim za stvaranje modela nad kojim se vrši manipulacija, kao i najvažnije funkcionalnosti unutar programa. Takođe se analiziraju problemi nastali tokom izrade, i ograničenja platforme. Zadati ciljevi su ispunjeni i detaljno opisani u ovom radu.

Abstract – The paper deals with the problem of facial bones reconstruction and the environment which was made as a solution to this problem. Work on the Unity platform, along with work in the accompanying programs necessary for making the models being manipulated, as well as the main functionalities of the program are described. The problems which arose during the development of the platform, and the restrictions of the platform are analysed. Set goals were met and described in the paper.

Ključne reči: Manipulacija, 3D objekti, Unity, okruženje, rekonstrukcija

1. UVOD

Zadatak ovog rada jeste opis kreiranog okruženja za manipulaciju 3D objektima generisanih iz serije CT snimaka. Kompjuterizovana tomografija (CT) omogućava stvaranje slike poprečnih preseka tela vertikalno na uzdužnu osu. Proces skeniranja se obavlja u gentriju, gde se nalaze rotirajuća rendgenska cev i sistem detektora. Rendgenski zraci koji stignu do detektora (znači ona koja tkiva nisu apsorbirala) stvaraju u njima električne impulse koji se konvertuju u numeričke signale. Dobijeni numerički signali se prenose do kompjuterske konzole, gde se nakon obrade dobijaju slike, tomogrami, u sivoj skali. Tomogram se sastoji iz velikog broja elemenata slike, koji predstavljaju određeni volumen tkiva (piksela) [1].

Korišćenje trodimenzionalnih modela lekarima omogućava bolji pregled. Upotreba navedenih modela može služiti kao dopuna prilikom dijagnostifikovanja stanja ili povreda pacijenata. Među medicinskim ekspertima je zbog toga nastala potreba za njihovim generisanjem. Većina softverskih rešenja koja postoje su ugrađena u CT hardver i ne odgovaraju u potpunosti na date potrebe. Kao rešenje poželjno za medicinske eksperte, nastala je ideja o kreiranju okruženja za manipulaciju trodimenzionalnim objektima generisanih iz serije CT snimaka.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dragan Ivetić, red.prof.

Time je, na primer, omogućeno planiranje i priprema maksilofacijalnog zahvata, gde hirurrg može slobodno da manipuliše kostima vilice i tako unapred stvori sliku zahvata. Na taj način se vrši virtuelna rekonstrukcija kostiju.

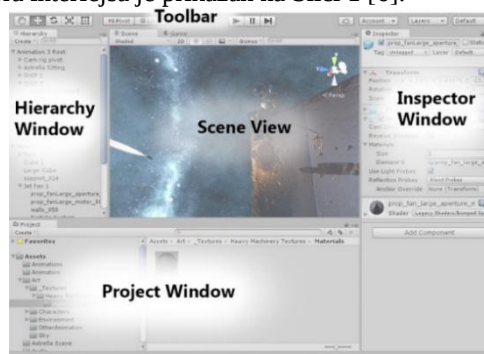
Kreiranje okruženja za manipulaciju 3D objektima podrazumeva kreiranje panela koji omogućava odabir željene funkcionalnosti, kao i implementaciju tih funkcionalnosti. Manipulacija kostima određene regije zahteva milimetarsku preciznost koju navedeno okruženje omogućava. Ipak, rad u okruženju nije ograničen na kosti jedne regije, već se može primeniti na sve kosti u telu.

2. OPIS KORIŠĆENIH TEHNOLOGIJA

Za potrebe 3D modelovanja korišćen je softverski alat *Blender 2.79.0* [2]. Okruženje za manipulaciju 3D objektima kreirano je koristeći *Unity 5* platformu [3]. *Microsoft Visual Studio 2017* korišćen je pri implementaciji funkcionalnosti kreiranog okruženja [4].

2.1. Unity

Unity je platforma i integrisano razvojno okruženje namenjeno razvoju 2D i 3D interaktivnih multimedijalnih aplikacija, kao što su igre za računare, mobilne uređaje, konzole i veb-sajtove. Pruža mogućnost izvršavanja na preko dvadeset platformi. Njegovo jezgro je napisano u C i C++ programskom jeziku, a *Unity UI Editor* je napisan u C# programskom jeziku. *Unity* ima veliku podršku za Plugin-ove, koji su biblioteke izvornih kodova napisanih u C, C++ i Objective-C programskim jezicima. Plugin-ovi omogućavaju da kod napisan u Javascript ili C# jeziku pozove funkcije iz ovih biblioteka. *Unity* podržava grafičke aplikacione programske interfejsne *DirectX 11* i *OpenGL*. Neki od softvera za 3D modelovanje, čije datoteke *Unity* može uvoziti su: *3D Studio Max*, *Maya*, *Blender* i *Cinema4D*. Mnogi gotovi sadržaji su dostupni na online prodavnici *Unity Asset Store* [5]. Prikaz glavnog prozora interfejsa je prikazan na Slici 1 [6].



Slika 1. Podrazumevani raspored prozora Unity interfejsa

2.1.2. Mreža

Mreža (*Mesh*) se sastoji od trouglova raspoređenih u 3D prostoru kako bi se stvorila predstava čvrstog objekta. Ona sadrži čvorove i nizove višestrukih trouglova. Nizovi trouglova predstavljaju indekse u nizovima čvorova i to tri indeksa za svaki trougao. Za svaki čvor može postojati normala, dve koordinate teksture, boja i tangenta. One su opcione i mogu biti uklonjene.

2.1.3. Osnovni pojmovi

GameObject je osnovni objekat u okruženju i predstavlja kontejnere za komponente. Uvek ima priključenu komponentu **Transform** čiji parametri pružaju informacije o poziciji, rotaciji i razmeri objekta. **Components** implementiraju stvarnu funkcionalnost objekta pomoću podešavanja njihovih parametara. Tipovi objekata se razlikuju po komponentama koje sadrže. One se mogu dodati iz menija komponenti ili putem skripte. **Skripte** služe za implementiranje logike aplikacije. *Unity* podržava pisanje koda u C# i JavaScript skriptnom jeziku. **Tags**, odnosno tagovi, predstavljaju jedan od načina identifikovanja objekata i mogu se dodeliti jednom ili više objekata. Koriste se obično kada je potrebna identifikacija sličnih ili istih objekata.

2.1.4. Globalni i lokalni prostor

Svaka tačka 3D prostora predstavljena je Dekartovim koordinatnim sistemom, odnosno x, y i z koordinatama. Pozicija objekta u globalnom prostoru određuje se u odnosu na tačku koja označava koordinatni početak (0, 0, 0). U lokalnom prostoru, pozicija objekta se računa u odnosu na poziciju njegovog roditeljskog objekta.

2.2. Blender

Blender je besplatan softverski alat sa dostupnim izvornim kodom i podržava: 3D modelovanje, animaciju, simulaciju, rendering, praćenje pokreta i montažu. Takođe, namenjen je za kreiranje igara, vizuelnih efekata i uređivanje videa. Biblioteka proširenja ovog alata se neprestano ažurira. Početni ekran podeljen je na nekoliko oblasti. Pomenute oblasti sadrže sledeće uređivače: uređivač informacija, 3D pogled, vremensku liniju, pregledač aktivnosti i objekata i uređivač svojstava. Ovaj alat pruža mogućnost uvoženja fajlova različitih formata.

3. KONVERTOVANJE FORMATA DATOTEKE

Model dobijen putem CT snimaka, učitava se u *Blender*. Model korišćen prilikom rada na projektu je uvezen u *Blender* putem .stl fajlova koji sadrže opis željenih objekata. STL format datoteke opisuje samo površinsku geometriju trodimenzionalnog objekta. Ne sadrži informacije o boji i teksturi. Korišćene datoteke navedenog formata specificiraju ASCII prikaze. Radi lakše čitljivosti sadržaja tih datoteka, praksa je da se nakon uvoza .stl fajla u *Blender*, on izveze u *Wavefront* (.obj) format datoteke.

3.1. Wavefront (.obj) format datoteke

Sadržaj datoteka *Wavefront* (.obj) formata se može pregledati u bilo kom uređivaču teksta. Navedeni format predstavlja samo 3D geometriju, odnosno poziciju svakog čvora, koordinate teksture, vektore normala, kao i poligone definisane listom čvorova. Redosled poligona u poligonalnoj mreži je veoma bitan kod ograničenja koji je opisan u šestom poglavlju. Naime, prilikom uvoza mreže

u *Unity* okruženje mreže nekih objekata se dele na podmreže usled ograničenja broja čvorova po mreži. Od memorisanog redosleda poligona zavisi koje podmreže će ti poligoni definisati.

3.2. Uvoženje modela u Unity

Nakon načinjenih izmena u *Blenderu*, ukoliko je to bilo potrebno učiniti, željeni model se dalje čuva kao .blend fajl. On sadrži podatke o poligonalnoj mreži, najvišim tačkama i teksturama. Dobijeni fajl se čuva u foldetu *Assets* aktuelnog projekta u *Unity* okruženju. Na taj način, 3D model je dostupan za korišćenje u projektu. Svaka promena načinjena u *Blenderu*, direktno ažurira model u *Unity* okruženju. Prevlačenjem modela iz prozora *Project* u prozor *Hierarchy*, model postaje vidljiv u pogledu *Scene*. Ukoliko je kamera odgovarajuće podešena, model je vidljiv i u pogledu koji je aktivan prilikom pokretanja aplikacije.

4. UNITY KOMPONENTE ZA PRIKAZ I INTERAKCIJU OBJEKATA

Svaki objekat na sceni ima priključenu komponentu **Transform**. Ova komponenta sadrži informacije o poziciji, rotaciji i razmeri objekta. Prilikom uvoženja modela iz foldera koji sadrži sredstva, za svaki deo objekta *Unity* kreira mrežni filter (**Mesh Filter**) i mrežni renderer (**Mesh Renderer**). Mrežni filter uzima mrežu iz dostupnih sredstava i prosleđuje je mrežnom rendereru. Da bi mreža bila prikazana na sceni, neophodno je da objekat ima priključenu komponentu *Mesh Renderer*. Takođe, svakom ovom objektu je dodata i komponenta **Material**. Ova komponenta sadrži informaciju o boji i definiše kako površina treba da se iscrta. Podrazumevano je da materijal nije definisan. On se može dodati prevlačenjem iz foldera koji sadrži sredstva na objekat u hijerarhijskom prozoru. Prethodno opisane komponente dodate su na objekte, odnosno delove objekta čije su mreže, odnosno čvorovi, u okviru definisanog limita.

Na navedene delove objekta, za funkcionisanje kreiranog okruženja i omogućavanje manipulacije tim objektima, neophodno je dodati i komponente:

- Collider i
- „Manipulation“ skriptu.

Komponenta **Collider** definiše oblik objekta za potrebe fizičkog sudara. Postoje dva tipa komponenti sudara, primitivni tip i mrežni Collider (*Mesh Collider*).

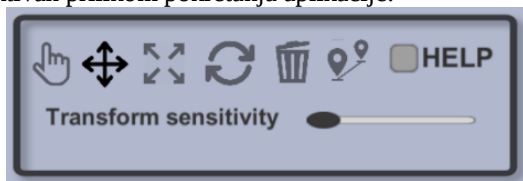
Dodavanje skripte „**Manipulation**“ omogućava dodavanje komponente **Rigidbody** kroz kod. U metodi *Start()* se proveravaju svi objekti koji imaju dodatnu komponentu *Renderer* i dodaje im se komponenta *Rigidbody* sa podešenim odgovarajućim parametrima. U istoj metodi se čuvaju u rečniku originalne, odnosno početne boje svih objekata, koje će možda biti menjane i ponovno biti vraćane na originalne. Komponenta dodata putem skripte je neophodna za pristupanje materijalu, odnosno boji određenog objekta.

5. KREIRANJE UNITY OKRUŽENJA ZA MANIPULACIJU 3D OBJEKTIMA

Kreiranje okruženja za manipulaciju 3D objektima, podrazumeva implementaciju translacije, rotacije i skaliranja objekata. U scenskom pogledu omogućene su navedene funkcionalnosti. Učitavanje meš modela medicinskih objekata sa brojem tačaka većim od dozvoljenog, uzrokuje njihovo deljenje na podmešve tih modela sa brojem tačaka u okviru limita. U pogledu scene dozvoljeno je manipulisanje delovima objekta i celim objektom. Za omogućavanje manipulacije celim objektima u realnom vremenu je korišćen panel sa dugmićima.

5.1. Panel

Za kreiranje okruženja za manipulaciju 3D objektima korišćen je panel sa dugmićima koja omogućavaju manipulaciju. Početno stanje panela prilikom pokretanja aplikacije prikazano je na Slici 2. Na panelu se nalaze dugmad za navigaciju scene, translaciju, rotaciju, skaliranje i brisanje, i oni su međusobno isključivi. Samo jedan od pomenutih režima može biti aktivan u datom trenutku. Pored njih, na panelu se nalazi i dugme koje označava režim izračunavanja distance između dve tačke. Taj režim je aktivan paralelno sa nekim od prethodno opisanih režima. Kada je neki režim aktivan, dugme koje ga označava je neprozirno. Za dugmad su korišćene ikonice sa crnom sličicom bez pozadine. Ukoliko režim nije aktivan, transparentnost dugmeta se povećava i sličica postaje siva. Na taj način, korisnik dobija informaciju koje dugme je pritisnuto. Prilikom režima translacije, rotacije i skaliranja, na panelu se prikazuju labela i slajder čija se vrednost odnosi na osetljivost prilikom manipulisanja objektima. Vrednosti očitane sa slajdera važe samo za aktivni režim i preuzimaju se u metodi *Update()* koja se poziva svaki frejm. Korisniku je omogućena pomoć u vidu prikaza komandi za manipulaciju objektima u aktivnom režimu u pogledu koji je aktivan prilikom pokretanja aplikacije.



Slika 2. Panel sa dugmićima

5.2. Implementirane funkcionalnosti

Da bi se moglo vršiti manipulisanje objektom, potrebno je da on bude selektovan. Omogućena je **selekcija** više objekata.

To znači da se dalja manipulacija vrši istovremeno nad svim selektovanim objektima.

Prilikom selekcije objekta proverava se da li je kursor miša pogodio *Collider*. Znači, da bi objekat bio selektovan, neophodno je da deo objekta na koji je kliknut levi klik miša sadrži komponentu *Collider*. Jedan objekat može biti izdelfen na više delova.

Nakon određivanja kompletnog objekta i njegovog dodavanja u listu selektovanih, boja boja tog objekta se menja u sivu. Prilikom deselekcije objekata se poziva metoda prikazana na Listingu 1 koja vraća originalnu boju objektima i čisti listu selektovanih objekata.

```
private void clearSelected()
{
    foreach (var obj in selectedObjects)
    {
        children = obj.GetComponentInChildren<Renderer>();
        foreach (Renderer child in children)
        {
            if (colors.ContainsKey(child.GetComponent<Rigidbody>()))
            {
                if (colors.TryGetValue(child.GetComponent<Rigidbody>(), out originalColor))
                {
                    child.material.color = originalColor;
                }
            }
        }
    }
    selectedObjects.Clear();
}
```

Listing 1. Deselekcija objekata

Nad selektovanim objektima može se vršiti **translacija** duž x, y i z-ose u odnosu na kameru. Selektovani objekti se transliraju za vrednost preuzetu sa slajdera. Translacija se vrši korišćenjem tastera sa strelicama i upotrebom tastera *Page Up* i *Page Down*.

Ukoliko je aktivan režim rotacije, selektovani objekti se rotiraju za vrednost preuzetu sa slajdera koji je prikazan u tom režimu. **Rotacija** se vrši pritiskom na tastere sa strelicama, kao i na tastere *Page Up* i *Page Down*.

Prilikom aktivnog režima **skaliranja**, selektovani objekti se uvećavaju ili umanjuju za vrednost očitane sa slajdera pritiskom na tastere plus i minus.

Klikom na dugme koje označava brisanje ili klikom na taster *Delete*, vrši se **brisanje** selektovanih objekata.

Navigacija scene obuhvata zumiranje i rotaciju. Zumiranje se izvršava pomoću točkića za pomeranje. Rotacija podrazumeva rotaciju kamere baziranu na promeni pozicije miša, sve dok je levi klik miša pritisnut. Precizno **određivanje rastojanja između dve tačke** na istom objektu ili različitim objektima se vrši u režimu izračunavanja distance. Predviđena upotreba izračunavanja distance jeste omogućavanje precizne manipulacije objektima.

6. OGRANIČENJA NA UNITY PLATFORMI

Tokom izrade projekta bilo je neophodno premostiti određene prepreke. One su rešene uklanjanjem ili pronalaskom alternativnog rešenja za date probleme, odnosno ograničenja. Susretanje sa nekim od ovih problema je verovatno i prilikom kreiranja igrice.

6.1. Ograničenje maksimalnog broja čvorova mreže

Takozvani „*vertex limit*“ predstavlja ograničenje od 65536 čvorova mreže koja definiše objekat. Pokušaj učitavanja mreže koja se sastoji od broja čvorova koji je veći od navedenog uzrokuje deljenje te mreže na podmreže.

Implementirano rešenje je primenjeno pri implementaciji selekcije objekata i podržava manipulaciju celim objektima u realnom vremenu. Ideja je da se odredi kompletan objekat i da se on doda u listu selektovanih. Dalje transformacije tog objekta će, ukoliko ih ima, direktno uticati na njegovu decu.

6.2. Convex Mesh Collider

Ukoliko mrežni čvorovi nisu memorisani u redosledu u kom se nalaze u prostoru, može doći do toga da neka podmreža definiše celine koje su fizički odvojene. Komponenta *Mesh Collider* sa podešenim parametrom *convex* definiše oblik u celini, bez obzira što su to vizuelno odvojeni delovi.

Zbog preciznosti prilikom manipulacije objektima, savetuje se upotreba skripte „*Non Convex Mesh Collider*“

koja je kupljena u *Unity* prodavnici sadržaja [7]. Ona predstavlja određeni broj primitivne komponente *Box Collider* koji se dodaje na objekat, kako bi se što bolje definisao njegov oblik.

6.3. Dodavanje tačaka za izračunavanje distance

U režimu izračunavanja distance, potrebno je dodati tačke čija se razdaljina izračunava. Očekivano je da se doda samo jedna tačka na mestu gde je miš kliknut. Ipak, više tačaka se dodaje, i njihov tačan broj se ne može predvideti.

Iz tog razloga se na sferu dodaju odgovarajući tagovi. Svi objekti sa istim tagom se smeštaju u listu. Prva tačka u listi predstavlja sferu koja se nalazi na mreži. Zato se objekti svih tačaka (osim objekta tačke koja se nalazi na mreži) iz liste uništavaju. Preostala sfera predstavlja tačku koja se koristi za izračunavanje distance.

6.4. Informacija o neaktivnom dugmetu

Unity platforma nudi odabir boje dugmeta u slučaju da je ono onemogućeno. Ali interakcija sa dugmetom treba biti omogućena u svakom momentu. Iz tog razloga, kada režim nije aktivan, providnost slike koja ga označava se povećava. Kada je režim aktivan, providnost slike se vraća na minimum. Za ikonice su korišćene sličice koje imaju samo crni oblik, ali ne i pozadinu. Zbog toga, kada se poveća transparentnost, crni oblici deluju svetlije i stvara se kontrast u odnosu na ikonice aktivnih režima.

7. ZAKLJUČAK

U ovom radu je predstavljen rad sa *Unity* pogonom i softverski alat *Blender*. Opisani su osnovni pojmovi u vezi sa *Unity* okruženjem. Rad pre svega opisuje način kreiranja datog okruženja, ali takođe sadrži i bitnije prateće korake. Neki od njih su opis dodatnih fajl formata u kojima se čuvaju objekti generisani iz serije CT snimaka, opis i prikaz efekata komponenti za prikaz i interakciju objekata, kao i veći problemi koji su uočeni prilikom izrade projekta, uz njihova rešenja.

Ograničenje maksimalnog broja čvorova mreže, koje uzrokuje deljenje mreže modela medicinskih objekata na podmreže, rešeno je pronalaženjem roditeljskog objekta kojem su te podmreže dodeljene. Manipulacija tog roditeljskog objekta direktno utiče na objekte koji su mu dodeljeni kao deca. Nakon rešavanja ovog problema, usledio je novi. Da bi se detektovao sudar između objekata, potrebno je da njihove *Mesh Collider* komponente budu označene kao konveksne. Konveksan *Mesh Collider* ne definiše precizno oblik konkavnog objekta, što je zahtevalo alternativno rešenje. Ono je realizovano korišćenjem skripte „*Non Convex Mesh Collider*“ koja omogućava preciznije definisanje mreža konkavnih objekata. Naredni problem prilikom izrade projekta javio se prilikom dodavanja tačaka za izračunavanje distance. Umesto jedne tačke, prilikom dodavanja, dodavalo se više tačaka čiji se broj nije mogao predvideti. Opisani problem je rešen dodavanjem tih tačaka u listu i uništavanjem svih objekata na sceni koji su predstavljali te tačke, osim onog koji je predstavljao tačku koja se nalazila na komponenti *Collider*. Nemogućnost postavljanja boje dugmeta na onu koju dobija ukoliko je neaktivno, uslovalo je implementaciju dugmića na panelu kao i svakog drugog objekta na sceni. Povratna informacija o kliknutom dugmetu i aktivnim režimima

postiglo se menjanjem transparentnosti slika na dugmićima panela.

Prilikom daljeg razvijanja aplikacije trebalo bi da se posveti pažnja implementaciji trajnog čuvanja promena koje se načine kada je aplikacija pokrenuta. Mogle bi da se čuvaju promene samo određenih ili svih objekata na sceni. Ono što je dalje interesantno jeste *Snap To Fit* algoritam. Njegova implementacija bi omogućila automatsko prepoznavanje i precizno uklapanje delova kostiju prilikom planiranja rekonstruktivnog zahvata. Implementacija pomenutog algoritma je veoma zahtevna, ali bi korisniku značajno olakšala manipulaciju objektima. Korišćenje *Haptic* uređaja koji vraća povratnu informaciju o sili stvorilo bi realan osećaj u digitalnom svetu. Umesto manipulacije uz pomoć miša i tastature, mogla bi se implementirati manipulacija objektima uz pomoć opisanog uređaja.

8. LITERATURA

- [1] Prof. Dr P. Bošnjavić, doc. dr D. Stojanov, doc. Dr Z. Radovanović, doc. Dr S. Petrović, *Praktikum kliničke radiologije za studente medicine, II dopunjeno izdanje*, Beograd: Data Status, 2009, pp. 4-5.
- [2] Blender, „Blender“, <https://www.blender.org/>, Početna strana sajta projekta Blender
- [3] Unity, „Unity“, <https://unity3d.com/>, Početna strana sajta Unity
- [4] Microsoft, „Microsoft Visual Studio“, <https://www.visualstudio.com/>, Početna strana sajta Microsoft Visual Studio okruženja
- [5] Unity, „Unity Asset Store“, <https://assetstore.unity.com/>, Početna strana prodavnice sadržaja Unity okruženja
- [6] Unity, „Unity Documentation“, <https://docs.unity3d.com/>, Početna strana Unity dokumentacije
- [7] Unity, „Non Convex Mesh Collider“, <https://assetstore.unity.com/packages/tools/physics/non-n-convex-mesh-collider-84867>, Strana na prodavnici sadržaja na kojoj se može preuzeti dodatak

Kratka biografija:



Katarina Mededović je rođena 1993. godine u Vrbasu. Gimnaziju „Žarko Zrenjanin“ u Vrbasu završila je 2012. godine. Iste godine upisala je Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, smer Računarstvo i automatika. Školske 2014/2015. godine opredelila se za usmerenje Primenjene računarske nauke i informatika. Ispunila je sve obaveze i položila je sve ispite predviđene studentskim programom sa prosečnom ocenom od 8,43. Upisuje master akademske studije 2016. godine na smeru Primenjene računarske nauke i informatika - Elektronsko poslovanje. Sve obaveze i ispite predviđene studentskim programom je položila sa prosečnom ocenom 8,71.

VIRTUELNI MOBILNI OPERATORI NA TRŽIŠTU ELEKTRONSKIH KOMUNIKACIJA

VIRTUAL MOBILE OPERATORS ON THE ELECTRONIC COMMUNICATIONS MARKET

Jelena Glogovac, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – SAOBRAĆAJ

Kratak sadržaj – U ovom radu izvršena je analiza trenutnog stanja virtuelnih mobilnih mrežnih operatera (MVNO), zatim su predstavljeni različiti pogledi na pristup implementaciji, identifikaciji tržišta i segmentaciji tržišta. Istraživana su postojeća zakonodavstva i regulatorni aspekti, prikazane su prednosti i mane postojećih tehnologija, kao i budući izazovi za implementaciju. Predstavljeni su i rezultati istraživanja koje je sprovedeno o poznavanju i korišćenju MVNO kod korisnika u Republici Srbiji.

Abstract – In this paper, is the analysis of the current state of mobile virtual network operators (MVNO), and various views on the implementation approach, market identification and market segmentation were presented. The existing legislation and regulatory aspects were investigated, the advantages and disadvantages of existing technologies were presented, as well as the future challenges for implementation. The results of the research on the knowledge and use of MVNO with users in the Republic of Serbia were presented.

Cljučne reči: MVNO, MNO, elektronske komunikacije, operator, korisnik.

1. UVOD

Mobilni virtuelni mrežni operator (Mobile Virtual Network Operator – MVNO) je kompanija koja pruža usluge mobilne telefonije, ali nema svoju licencu dodeljenu frekvenciju radio spektra, niti nužno može imati svu infrastrukturu neophodnu za pružanje usluga mobilnog operatora. Pružalac bežičnih usluga, bežični operator, mobilna kompanija ili nosilac mobilne mreže, koja pruža usluge bežičnih komunikacija koje poseduju ili kontrolišu sve elemente neophodne za prodaju i pružanje usluga krajnjem korisniku uključujući raspodelu radio-spektra, infrastrukturu bežične mreže, naplatu, brigu o kupcima, poznat je kao operator mobilne mreže (Mobile Network Operator - MNO).

Uloga i odnos prema MNO i MVNO se razlikuju u zavisnosti od zemlje, tržišta, ali i raznih drugih faktora koji definišu tržište. U principu, MVNO je entitet ili kompanija koja deluje nezavisno od operatora mobilne mreže, ali može biti u poziciji da nametne svoje sopstvene cene u skladu sa dogovorima sa operatorom mobilne mreže. Između samih virtuelnih mobilnih operatera postoje razlike u stepenu samostalnosti na tržištu.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Dragana Šarac.

2. STRATEGIJE RAZVOJA ELEKTRONSKIH KOMUNIKACIJA U REPUBLICI SRBIJI

Razvoj elektronskih komunikacija prepoznat je u Evropi i u svetu kao sektor u koji bi trebalo investirati jer su uprkos ekonomskoj krizi uspele da podstaknu rast bruto društvenog proizvoda, ali i da smanje stopu nezaposlenosti. Pomoću strategije razvoja postavljaju se glavni pravci i ciljevi u kojima bi ova oblast trebalo da se razvija i samim tim napreduje, ona prepoznaje postojeće stanje tržišta elektronskih komunikacija i barijere koje bi trebalo prevazići, predviđa pravce razvoja i primenu novih tehnologija. U Rep. Srbiji, ovom strategijom je obuhvaćen i razvoj širokopojsnog pristupa i uvođenje digitalizacije, odnosno prelazak sa analognog na digitalno emitovanje televizijskog programa [1].

Tehnološka konvergencija fiksnih i mobilnih mreža dovela je do povećanja obima poslovanja kompanija i njihovog rasta kroz spajanje kompanija i akviziciju. Izveštaji o prihodima koje je objavila Asocijacija evropskih telekomunikacionih operatora prikazuju pad prihoda operatora, posebno pad prihoda usluga fiksne i mobilne telefonije [2]. Od 2013. godine prihodi u fiksnim mrežama su smanjeni za 15,3%, a u mobilnim mrežama za 29,9% [2]. Prosečan prihod operatora po korisniku (ARPU) opada još od 2011. godine.

Uklanjanje dodatnih troškova u roamingu ima veliki uticaj na zemlje čiji privredni sektor najviše zavisi od turizma (npr. Hrvatska, Grčka, Portugal i Španija). Kada govorimo o konvergenciji fiksnih i mobilnih mreža, može se očekivati da će veća ponuda kombinovanih paketa ove dve mreže negativno uticati na prihode jer su popusti mobilne telefonije glavna mera kojom se motivišu korisnici za prelazak na ovakve pakete usluga. Ipak, kada se gleda na duže staze, popusti će biti zamenjeni drugim povlasticama, kao što su količine prenetih podataka u paketu.

U okviru tehnologija elektronskih komunikacija, postoji podela na kablovske i bežične. Zbog karakteristike poznate kao interoperabilnost mreže, moguća je integracija kablovskih i bežičnih mreža. Zapažen je trend rasta internet saobraćaja, zato se sve više razvijaju nova tehnološka rešenja koja se zasnivaju na Internet protokolu i koja objedinjuju usluge. Dakle stvaraju unificiranu mrežnu platformu za prenos svih vrsta podataka (audio, video i internet podaci). Najčešće vrste pristupa mreža novih generacija se dele na: kablovske (optičke i bakarne) i bežične mreže, konvergenciju mreže i servisa, radio-frekvencijski spektar i energetske efikasnost mreža elektronskih telekomunikacija [1].

Trebalo bi napomenuti da je bitan princip u daljem razvoju elektronskih komunikacija tehnološka neutral-

nost. Konkretno, to znači da će operatori mobilne telefonije dozvole, koje dobiju na aukciji, moći da koriste na takav način da će paralelno biti u mogućnosti da kombinuju različite tehnologije.

Dosadašnje dozvole su bile striktno vezane za konkretnu tehnologiju. Usaglašavanjem sa evropskim standardima u oblasti telekomunikacija omogućilo je „paralelizam tehnologija“ što daje veću fleksibilnost mobilnim operatorima, a samim tim i mogućnost da pružaju bolju i kvalitetniju uslugu.

3. DEFINICIJE I TIPOVI MOBILNIH VIRTUELNIH MREŽNIH OPERATORA

3.1. Definicije mobilnih virtuelnih mrežnih operatora

Ne postoji standardna definicija MVNO. Međunarodna unija za telekomunikacije (International Telecommunication Union – ITU) u svojim zvaničnim dokumentima je definisala mobilne virtuelne mrežne operatore kao operatore koji u svojoj ponudi imaju usluge mobilne telefonije koje nudi krajnjim korisnicima, ali ne poseduju sopstvene dozvole za korišćenje radiofrekvencijskog spektra.

3.2. Tipovi mobilnih virtuelnih mrežnih operatora

MVNO se mogu klasifikovati na više načina, između ostalog prema stepenu zavisnosti od MNO i mogućnosti povezivanja sa operatorima na nacionalnom i međunarodnom tržištu; prema obimu, vrsti i ceni ponuđenih usluga. Razlikuju se [2]:

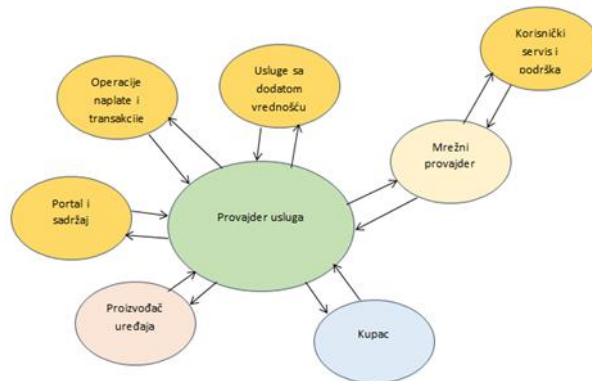
- Nepotpun (delimičan) MVNO ima mogućnost da ponudi vlastite SIM kartice, ali to ne mora nužno učiniti. Cene usluga diktira MNO sa svojim veleprodajnim cenama, od koga MVNO zavisi i u pogledu interkonekcije sa drugim operatorima.
- Potpuni MVNO je operator koji radio-mrežu za pristup i deo mreže nema u svom vlasništvu, ali ih obezbeđuje iznajmljivanjem od MNO operatora, dok je sam odgovoran za ostale elemente neophodne za realizaciju usluge.

Tabela 1: Poslovni modeli MVNO

Preprodavac:	Kupuje glavni deo termina od MNO i preprodaje ih ciljnim segmentima
Poboljšani preprodavac:	Nudi svoje brendirane pakete, ali oni neće biti u stanju da razlikuju usluge svojih mobilnih kodova mreže (Mobile Network Code – MNC). Poboljšani preprodavci sprovode bolju brigu o korisnicima i o naplatama.
Davalac usluga:	Pruža usluge preko mobilne platforme
Poboljšani davalac usluga:	Kombinuje preprodavce i poslovne modele davalaca usluga.
MVNO:	Poseđuje deo mreže mobilne telefonije sa ili bez SIM kartice u zavisnosti od izbora mobilne tehnologije MVNO-a
Potpun MVNO:	Ima veću kontrolu nad mobilnim mrežama i omogućava višestruki sporazum operatora

4. CENTRALNI SERVISNI BIZNIS MODEL MVNO

U centralnom servisnom biznis modelu, mrežni provajder nudi besprekoran pristup na više jezgara i pristupnih mreža. Provajder usluga omogućava ovaj besprekorni pristup sa nizom usluga. Ovo je slučaj za sve vrste MVNO. Niz dodatnih aktivnosti i relacija se može videti u ovom biznis modelu. Na slici 1. prikazan je centralni servisni biznis model i relacije koje ga određuju.



Slika 1. Centralni servisni biznis model MVNO [3]

4.1. Tipični MVNO biznis model

Karakteristike MVNO-a:

- MVNO su nova vrste operatora bežičnih mreža koji ne poseduje bežični spektar ili bežičnu strukturu, ali daju virtuelni izgled posedovanja bežične mreže. Ovi operatori iznajmljuju bežični kapacitet od tradicionalnih operatora.
- Glavna dodatna vrednost koju MVNO obezbeđuje jesu funkcije fakturisanja i brige o korisnicima. U tom smislu, MVNO „poseduje“ korisnike.
- MVNO generalno obezbeđuje i usluge prenosa govora i podataka krajnjim korisnicima putem plaćenog ugovora o pretplati.
- Da bi postali MVNO, trebalo bi pre svega, povezati partnerstvo koje se sastoji od redovne baze klijenata operatora i prodajnog kanala. Najvažnije, potrebne su im jedinstvene i ubedljivije usluge prenosa podataka.
- MVNO obično obezbeđuje: brend, marketing, portal, pravni menadžment, platformu za obračun i bazu korisnika.

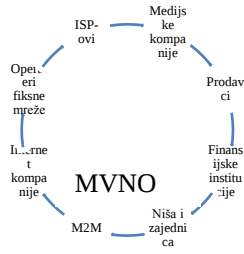
4.2. Zašto MVNO ima smisla?

MVNO su uglavnom koncept o kupcima, zajednici i sadržaju nego što su koncept tehnologije. Kao rezultat, njihova ponuda mora biti usredsređena na određenu publiku sa jakim komponentom za brigu o potrošačima. U stvari, oni MVNO-ovi koji uspeju to u velikoj meri će učiniti jer njihovi partneri mrežnog operatora imaju podstrek koji će im pomoći. Glavni operateri mobilne mreže često ne sudeluju u uspehu MVNO. Naprotiv, idealan MVNO zapravo dopunjuje i širi ponudu ponuđača mrežnog operatora. Jedan od glavnih problema koji operatori razmatraju sa bilo kojim tržišnim segmentom je rizik. Finansijska tržišta su teška za operatore ukoliko prosečan prihod po korisniku opada, tako da ne mogu uzeti u obzir određene baze kupaca kao rezultat. Dakle, neki razlozi zbog kojih MVNO ima smisla su [3]:

- Mnoga rastuća tržišta u mobilnim mrežama su rizičniji segmenti poput tržišta mladih korisnika, gde je smisao MVNO da inovativnim paketima usluga održi ovo tržište.
- Drugi razlog zašto MVNO ima smisla za operatore jeste njihov fokus na personalizaciji. Veliki mobilni operateri obično nude sveobuhvatne pakete. Većina tržišta je zadovoljno opštim planom, ali sve veći broj pretplatnika želi nešto lično.
- Treći razlog jeste što oni pružaju priliku da se steknu snage kroz odnose sa većim netelekomunikacionim kompanijama. Ove kompanije privlače ili donose sa sobom više sadržaja, sopstvenu lojalnost brenda i, konačno, više novca za ulaganje u izgradnju buduće mobilne mreže i aplikativne infrastrukture.
- Izgradnja MVNO iziskuje ogromnu količinu novca, koja će se potrošiti na oglašavanje, partnerstva, veleprodajnu mrežnu i sadržajnu uslugu, korisničku podršku i razne vrste softvera. Ovi troškovi predstavljaju opterećenje MNO-a, ali istovremeno je ključni pokretač potreba MVNO-a da postane poznat, pristupa klijentima, kontroliše podatke, fakturiše i ima interakciju sa klijentima.

4.3. Pozadina MVNO

Kao što je već rečeno, MVNO su atraktivne za kompanije sa jakim brendovima, koje obično nisu prethodno korišćenje u mobilnoj telefoniji. Konkretno, svako ko može da ponudi inovativne usluge i privuče različite demografske segmente kako bi se ciljalo određena tržišta i prilagođene usluge, trebalo bi biti atraktivno za ovo tržište. Na slici 2. je prikazana pozadina MVNO.



Slika 2: Pozadina MVNO [3]

Zbog toga MVNO mogu proisteći iz: tradicionalnih operatera fiksne telefonije koji planiraju da dodaju i mobilne usluge, mobilnih operatera koji planiraju ulazak na međunarodna tržišta, firmi sa jakim brendovima, kompanija koje nisu mogle dobiti 3G licencu i kompanija iz telekomunikacionih, medijskih i internet industrija [3].

5. FAKTORI KOJI UTIČU NA POJAVU MVNO

MVNO pomažu stimulisanju rasta tržišta mobilne telefonije, jer svojim poslovnim modelima utiču na tržišni rast, uvodeći nove ponude usluga, ali i podstičući razvoj konkurencije čime dolazi do povećanja ukupnih prihoda. S jedne strane, MVNO već koristi postojeću infrastrukturu MNO čime skraćuje vreme potrebno za pokretanje servisa jer nema troškova izgradnje i održavanja sopstvene infrastrukture, dok sa druge strane ima mogućnost

da svoja sredstva usmeri na marketing aktivnosti i istraživanja. Jedna od glavnih karakteristika MVNO ponuda je pružanje personalizovanih sadržaja, što i jeste glavni fokus MVNO usluga.

Na pojavu MVNO utiče više faktora: dostignuti stepen penetracije mobilne telefonije, nivo tehnološkog razvoja koji obuhvata implementaciju novih tehnologija, stepen liberalizacije tržišta, regulatorni okvir, visok nivo tražnje (naročito poslovnih korisnika), kupovna moć stanovništva, kao i drugi specifični faktori [2].

6. MVNO U REPUBLICI SRBIJI

Zakon o elektronskim komunikacijama Republike Srbije reguliše obavljanje delatnosti elektronskih komunikacija, kao i obaveze operatera. Zakonom nisu definisani virtuelni operateri, ali je predviđena mogućnost pružanja usluga preko iznajmljene mreže. Pravilnikom o opštim uslovima za obavljanje delatnosti elektronskih komunikacija po režimu opšteg ovlašćenja, koji je usvojila Republička agencija za elektronske komunikacije, predviđeno je da se ovi operateri evidentiraju i upišu u registar Republičke agencije za elektronske komunikacije, nakon što podnesu prijavu kao i svi drugi operateri koji obavljaju delatnost elektronskih komunikacija preko iznajmljene mreže [4].

Dana 20. maja 2016. god. Republički regulator telekomunikacija, Republička agencija za elektronske komunikacije i poštanske usluge (RATEL) je objavio da je registrovao podružnicu kompanije British Mundio Mobile kao MVNO [6]. Lokalna kompanija će raditi pod nazivom Vectone Mobile i predstavlja prvog virtuelnog operatera mobilne mreže u Srbiji, a usluge će uglavnom činiti prepaid međunarodni pozivi. RATEL je 6. jula 2016. najavio da je u registar operatera registrovan novi virtuelni operater mobilne mreže – Globaltel [6]. Prema saopštenju, Globaltel je započeo pružanje svojih usluga u septembru 2016. god i postao drugi registrovani MVNO u Srbiji. Vectone Mobile i Globaltel su sklopili ugovore o pristupu mreži operateru mobilne mreže (MNO) Vip mobile, članu Telekom Austria grupe.

7. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Na osnovu ankete koja je sastavljena za potrebe master rada, koja se bavi istraživanjem zadovoljstva uslugama postojećih mobilnih operatera, kao i poznavanjem tržišta virtuelnih mobilnih operatera i njihovih usluga u Republici Srbiji, došlo se do zaključaka vezanih za zadovoljstvo ispitanika i njihovu obaveštenost o MVNO u Srbiji. Cilj ankete je pregled postojećeg tržišta MVNO i upoznatost korisnika sa ponudom ovih operatera u Srbiji, koje je u početnoj razvojnoj fazi i integracija teorijskih i empirijskih izvora o virtuelnim mobilnim operatorima.

Na osnovu ankete koja je sprovedena, došlo se do određenih zaključaka. Prvi zapaženi trend jeste da MVNO postoji u razvijenim zemljama sveta, ali i u najmanjim zemljama u kojima je mobilna penetracija dostigla nivo zasićenja. Mobilni operateri prihvataju činjenicu da kako bi nastavili sa rastom vlastitog tržišnog udela moraju da pridobiju korisnike konkurentnih mreža. Jedan uspešan način da se to uradi jeste da se ponudi korisnicima diferencirana vrednost gde nastupaju MVNO koji su ujednačeniji i sposobni da ponude manje relevantne izbore na osnovu načina života i veću vrednost za manje

grupe ciljnih kupaca. Mobilne operatore ne zanima prodaja usluga MVNO – koji će učiniti sve zarad dobijanja poverenja kupaca i njihovog zadržavanja. Iz svega do sada se može zaključiti da je tržište virtuelnih mobilnih operatora u Srbiji vrlo mlado i još uvek nedovoljno razvijeno. Veće prepoznavanje Globaltela se može identifikovati u tome što se Globaltel više reklamira u medijima (TV reklame, sajtovi itd.) i da je nakon lansiranja SIM kartice, otvorio vrata svoje prve poslovnice u Beogradu kako bi se približili korisnicima i bolje ih informisali o svojim uslugama. Još uvek nije dovoljno ljudi upoznato sa radom MVNO-a u Srbiji, te se i dalje češće opredeljuju za poznate operatore. Detaljnijim ispitivanjem tržišta i formiranjem novih cenovnika bile bi zadovoljene potrebe korisnika koji ističu da su im uglavnom cene neogovarajuće i da su za veće pogodnosti i akcijske ponude.

8. TRENDOVI RAZVOJA

Rast korisnika ostaje primarno sredstvo koje MVNO doživljavaju da će dostići porast. Jedno od glavnih pitanja je kako privući više kupaca, a istovremeno i zadržati postojeće kupce. Jednostavan model smanjenja cena ili model preprodavaca za MVNO ima ograničene prilike, pošto dodaje malo vrednosti korisnicima, osim ponude za konkurentnu cenu koja se obično brzo poklapa sa drugim igračima. Na konkurentnim tržištima kao što je Evropa, MVNO se sklapaju jer nisu uspeali privući dovoljno kupaca kroz jednostavnu strategiju smanjenja cena. Nasuprot tome, uspešni MVNO kombinuju konkurentnu ponudu sa drugim faktorima različitosti. Smanjenje cena može ponuditi ubedljivu strategiju ulaska na tržište na određenim lokalitetima ali dokazi se povećavaju da na zrelih, konkurentnim tržištima kao što se Evropa - prozor mogućnosti za ovaj model zatvara brzo, što je čini otežavajućim za održavanje. Američko tržište i neka istočnoevropska tržišta mogu i dalje imati dovoljno za održavanje smanjenja cena kao održive strategije već neko vreme, ali ova prilika je blisko usklađena sa maloprodajnom maržom i nivom operativne efikasnosti. Izgleda da se MVNO slažu sa mišljenjem da samo smanjenje cena postaje manje efektivno s obzirom na to da se sagledavanje važnosti niskih cena smanjilo sa 46% 2016. godine na 38% 2017. godine [5].

U suštini, postoje dva ključna načina na koje se MVNO mogu proširiti kroz rast korisnika, naime, prodajom više postojećih korisnika i dodavanjem više korisnika njihovoj korisničkoj bazi, uz zadržavanje postojećih korisnika.

9. ZAKLJUČAK

Mobilni virtuelni operatori su od pojave do danas dostigli veći uspeh u svetu, tačnije Evropi nego u Srbiji i zemljama u okruženju. Gledajući socijalne i ekonomske faktore, platežna moć građana u Zapadnoj Evropi je veća, pa su MVNO svojom raznovrsnijom ponudom mogli daprivuku veći broj korisnika.

Tržište Srbije je relativno mlado za MVNO jer su se pojavili tek 2016. godine. Postojeća dva MVNO u Srbiji još uvek nisu potpisali ugovore o interkonekciji sa svim postojećim mobilnim operatorima, tako da je njihov početak poslovanja tek u početnoj razvojnoj fazi. Iz rezultata istraživanja koje je sprovedeno, većina ispitanika je čula za postojeće mobilne virtuelne mrežne operatore, ali manji broj ih koristi jer se još uvek informišu o njihovim pogodnostima i cenama.

Određeni broj korisnika misli da se skuplje cene poziva iz Srbije ka inostranstvu, nego obrnuto, mogu opravdati time što Srbija još uvek nije članica Evropske unije. Zaključak je da uspeh MVNO i njihov ulazak na tržište zavisi od više faktora: koji tip MVNO se pojavljuje na tržištu, stepen zasićenja tržišta u trenutku pojave MVNO utiče na uspešnost MVNO, mogućnost i zainteresovanost korisnika da plate usluge koje MNVO nude, ali i odgovarajuća regulativa kojom je moguće stvoriti uslove za njihov ulazak na tržište i pravovremena reakcija kako bi se zaštitile značajne investicije MNO operatora u infrastrukturu. U ovom trenutku se ne očekuje značajnije učešće MVNO u ukupnim prihodima od mobilnih komunikacija. Imajući u vidu posledice ekonomske krize na mogućnost korisnika da finansiraju dodatne usluge, prihodi većeg značaja mogući su jedino u slučajevima formiranja određenih pogodnosti kao što su paketi usluga i akcijske ponude.

10. LITERATURA

- [1] "Strategija razvoja elektronskih komunikacija u Republici Srbiji od 2010. do 2020. godine.", (Službeni glasnik Republike Srbije, broj 68/10)
- [2] Cvetković T., Vukčević Vajs S., Stefanović A., 2013. , „Vrste i uloga MVNO na tržištu elektronskih komunikacija“, Republička agencija za elektronske komunikacije, Beograd.
- [3] Bassayiannis T., 2008., „Mobile Virtual Network Operator (MVNO)“, Athens Information Technology, Athens.
- [4] Regulatorna agencija za elektronske komunikacije i poštanske usluge, Za korisnike, Mobilna telefonija – pokrivenost signalom [on line] Dostupno na: <http://www.ratel.rs/za_korisnike/mobilna_telefonija_%E2%80%93pokrivenost_signalom.647.html>
- [5] Cottam T, Darran M., 2016., „MVNO Opportunities and Strategies“, Telesperience, United Kingdom.
- [6] RATEL, Tržište [on line] Dostupno na: http://http://www.ratel.rs/upload/documents/Pregled_trzista/Pregled%20trzista_2016.pdf

Kratka biografija:

Jelena Glogovac rođena je u Požarevcu 1990. god. Posle Požarevačke gimnazije, upisuje Fakultet tehničkih nauka gde je diplomski rad iz oblasti Eksploatacija telekomunikacionih mreža – odbranila 2014.god.

VREDNOVANJE MERA ZA POBOLJŠANJE USLOVA ODVIJANJA SAOBRAĆJA NA OBILAZNICI OKO ŠAPCA**EVALUATION MEASURES FOR IMPROVING TRAFFIC CONDITIONS ON THE BYPASS AROUND SABAC**

Nemanja Stojićević, Nenad Ruškić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – SAOBRAĆAJNO INŽENJERSTVO

Kratak sadržaj – U okviru rada izvršena je analiza uslova odvijanja saobraćaja na šest signalisanih raskrsnica na obilaznici M-19 oko Šapca. U sadašnjem stanju raskrsnice funkcionišu na osnovu međufaznog plana tempiranja, ali je analizom ustanovljeno da postoji mogućnost poboljšanja. Radi ostvarenja ovog cilja predložena je optimizacija ciklusa na svih šest raskrsnica koja je rađena u softverima „Trafficware Synchro“, PTV Vistro. Nov način rada svetlosne signalizacije je isprojektovan tako što je izvršena koordinacija svih 6 raskrsnica, poboljšani su uslovi odvijanja saobraćaja, smanjeni vremenski gubici, poboljšan nivo usluge.

Ključne reči: Signalisana raskrsnica, signalni plan, nivo usluge

Abstract – In the framework of the work, the analysis of traffic conditions was carried out on six signaled crossroads on the M-19 bypass around Šabac. In the present state of the intersection, they operate on the basis of the intermediate timing plan, but the analysis found that there is a possibility of improvement. In order to achieve this goal, a cycle optimization was proposed at all six intersections in the software "Trafficware Synchro", PTV Vistro. The new way of signaling svecrone was designed by coordinating all 6 intersections, improving traffic conditions, reduced time losses, and improved service levels

Keywords: Signalized intersections, signal plan, level of service

1. UVOD

Posledica rasta broja motornih vozila i brza urbanizacija u savremenom dobu dovodi saobraćajne sisteme do granice izdržljivosti, što prouzrokuje velika zagušenja, loš nivo usluge, velike vremenske gubitke, veliko nerazumevanje kod učesnika u saobraćaju. Svi evidentni faktori ukazuju da je dovedena u pitanje i sama bezbednost u saobraćaju, prevelika koncentracija buke, zagađenja, povećana potrošnja energije, socijalni i zdravstveni kvalitet života kod ljudi. U uslovima povećanih zahteva optimizacija rada svetlosne signalizacije je jedini način regulisanja kojim se mogu postići određeni efekti. Rad svetlosne signalizacije mora biti srazmeran saobraćajnom opterećenju, iz tog razloga je neophodno izvršiti istraživanje i analizom utvrditi parametre saobraćajnog toka.

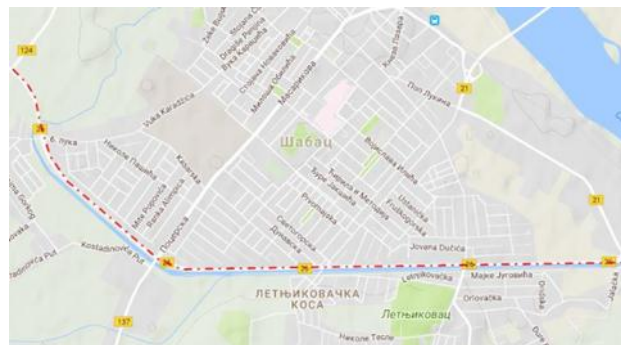
NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Nenad Ruškić.

U okviru ovog rada analizirano je postojeće stanje obilaznice M-19 oko Šapca, utvrđen je nivo usluge, izračunati troškovi koji se sagledavaju kroz vremenske gubitke, zagađenje vazduha, troškove energije. Izračunat je faktor rasta saobraćaja za naredni desetogodišnji period i utvrđen je nivo usluge uz pomenute troškove. Predloženo je varijantno rešenje u vidu koordinacije raskrsnica kako bi se nivoi usluge poboljšali i kako bi se smanjili troškovi u vidu zagađenja vazduha, vremena čekanja, troškova goriva.

2. KARAKTERISTIKE I GEOMETRIJA ANALIZIRANE OBILAZNICE OKO ŠAPCA**2.1 Položaj obilaznice M-19**

Obilazni put se proteže celokupnom svojom dužinom od zapadne do istočne strane grada Šapca gledano iz smera Loznice ka Beogradu. Obilaznica je u svojoj najvećoj dužini dvotračni put sa povremenim proširenjem u zoni raskrsnica na više saobraćajnih traka. Obilaznica prostorno gledano zauzima kompletnu južnu stranu grada Šapca i povezuje grad sa ostalim važnim putnim pravcima. Dužina obilaznice iznosi 5834 m. Put 26 je državni put 1B reda.



Slika 1. Položaj obilaznice M-19 oko Šapca

2.2 Analiza i opis raskrsnica**Raskrsnica 1 (M-19/put 124)**

Raskrsnica ulica magistralnog puta M-19 i puta 124 predstavlja klasičnu krstastu raskrsnicu s tim da postoje posebno fizički izdvojene trake za desna skretanja na prilazima 2 i 4. Raskrsnica se sastoji od 4 prilaza. Prilaz 1 je sastavni deo ulice koja vodi ka privatnom posedu, prilaz 3 je sastavni deo puta 124, dok su prilazi 2 i 4 sastavni deo obilaznog puta M-19.



Slika 2. Raskrsnica ulica M-19 i puta 124

Raskrsnica 2 (M-19/VI puka)

Raskrsnica ulica magistralnog puta M-19 i VI puka predstavlja klasičnu krstastu raskrsnicu s tim da postoje posebno fizički izdvojene trake za desna skretanja na prilazima 3 i 4. Raskrsnica se sastoji od 4 prilaza.



Slika 3. Raskrsnica ulica M-19 i VI puka

Raskrsnica 3 (M-19/Pocerska ulica)

Raskrsnica ulica magistralnog puta M-19 i Pocerske ulice predstavlja klasičnu krstastu raskrsnicu s tim da postoje posebno fizički odvojene trake za desna skretanja na prilazima 3 i 4. Raskrsnica se sastoji od 4 prilaza. Prilazi 1 i 3 su sastavni deo Pocerske ulice, dok prilazi 2 i 4 predstavljaju sastavni deo obilaznog puta M-19.



Slika 4. Raskrsnica ulica M-19 i pocerska ulica

Raskrsnica 4 (M-19/ulica Kralja Milutina)

Raskrsnica ulica magistralnog puta M-19 i ulice Kralja Milutina predstavlja krstastu raskrsnicu s tim da postoje

posebno fizički izdvojene trake za desna skretanja na prilazima 2 i 4. Raskrsnica se sastoji od 4 prilaza. Prilaz 1 je sastavni deo Suvoborske ulice, prilaz 3 je sastavni deo ulice Kralja Milutina, dok prilazi 2 i 4 predstavljaju sastavni deo obilaznog puta M-19.



Slika 5. Raskrsnica ulica M-19 i ulica Kralja Milutina

Raskrsnica 5 (M-19/ulica Vojvode Janka Stojićević)

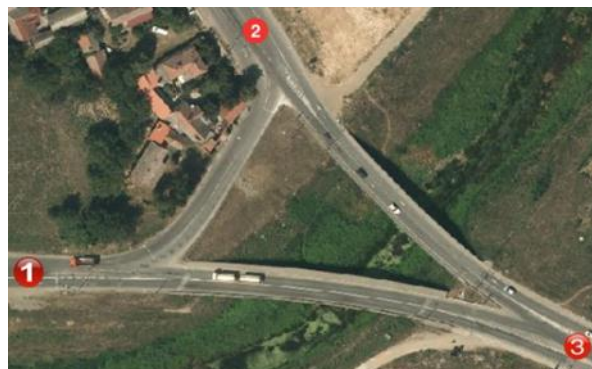
Raskrsnica ulica magistralnog puta M-19 i Vojvode Janka Stojićević predstavlja krstastu raskrsnicu s tim da postoje fizički odvojene trake za desna skretanja na prilazima 3 i 4. Raskrsnica se sastoji od 4 prilaza. Prilazi 1 i 3 su sastavni deo ulice Vojvode Janka Stojićević dok prilazi 2 i 4 predstavljaju sastavni deo obilaznog puta M-19.



Slika 6. Raskrsnica ulica M-19 i Vojvode Janka Stojićević

Raskrsnica 6 (M-19/ulica Hajduk Veljkova)

Raskrsnica ulica magistralnog puta M-19 i ulice Hajduk Veljkova predstavlja trokraku raskrsnicu. Raskrsnica se sastoji od 3 prilaza. Prilazi 1 i 3 su sastavni deo obilaznog puta M-19, dok prilaz 2 predstavlja sastavni deo ulice Hajduk Veljkova. Između prilaza u samom centru nalazi se prazna površina ukupne površine 2400 m².



Slika 7. Raskrsnica ulica M-19 i ulica Hajduk Veljkova

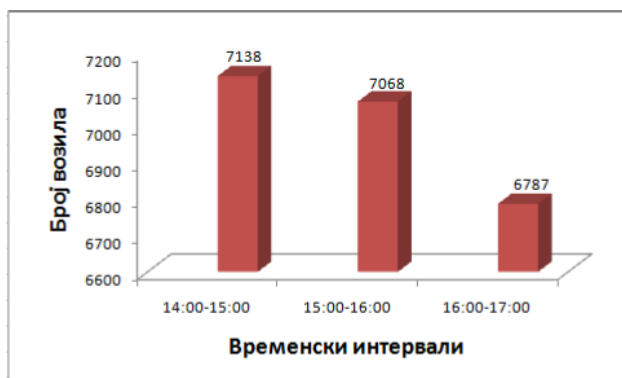
3. TEORETSKE OSNOVE

Signalisana raskrsnica predstavlja mesto ukrštanja putnih pravaca u istom nivou tj. površinske raskrsnice na kojoj je odvijanje saobraćaja regulisano radom svetlosne signalizacije. Regulisanje saobraćaja svetlosnim signalima je složena tehnička disciplina.

4. ANALIZA SAOBRAĆAJNOG OPTEREĆENJA NA OBILAZNICI

Da bi se stekli relevantna slika o stvarnom protoku duž analiziranog puta izvršeno je brojanje saobraćaja u trajanju od 3 h tj. u vremenskim presecima između 14 i 17 h posle podne.

Celokupno istraživanje je podeljeno na petnaestominutne intervale.



Slika 8. Ukupno saobraćajno opterećenje za sve sate brojanja

Grafički prikazano saobraćajno opterećenje jasno ukazuje da vremenski period od 14 do 15 h predstavlja vršni sat posmatrane deonice.



Slika 9. Ukupno procentualno učešće kategorija vozila na posmatranoj deonici za posmatrani period

Na posmatranoj deonici puta najzastupljenija kategorija vozila su putnički automobili sa 85,13 %. Sumiranjem protoka u kombinaciji sa faktorima rasta izračunat je porast saobraćaja za naredni 10-godišnji period.

Tabela 1. Prognoza realnog budućeg saobraćaja

Године/Прилази	Базна година 2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Прилаз 1	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Прилаз 2	342	354	366	381	396	412	429	447	466	486	507
Прилаз 3	128	132	137	142	148	154	160	167	174	181	189
Прилаз 4	319	330	342	356	370	385	401	418	436	455	474
Σ	799	827	856	890	926	964	1004	1046	1090	1136	1184

Tabela 2. Prognoza realnog budućeg saobraćaja

Године/Прилази	Базна година 2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Прилаз 1	217	225	233	242	252	262	273	284	296	309	322
Прилаз 2	317	328	339	353	367	382	398	415	433	451	470
Прилаз 3	252	261	270	281	292	304	317	330	344	359	374
Прилаз 4	405	419	434	451	469	488	508	529	551	574	598
Σ	1191	1233	1276	1327	1381	1437	1496	1559	1625	1694	1766

Tabela 3. Prognoza realnog budućeg saobraćaja

Године/Прилази	Базна година 2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Прилаз 1	382	395	409	425	442	460	479	499	520	542	565
Прилаз 2	407	421	436	453	471	490	510	531	554	578	603
Прилаз 3	413	427	442	460	479	499	520	542	565	589	614
Прилаз 4	412	426	441	459	478	498	519	541	564	588	613
Σ	1614	1670	1728	1797	1870	1946	2026	2111	2201	2295	2393

Tabela 4. Prognoza realnog budućeg saobraćaja

Године/Прилази	Базна година 2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Прилаз 1	180	186	193	201	209	218	227	237	247	257	268
Прилаз 2	406	420	435	452	470	489	509	530	553	577	602
Прилаз 3	430	445	461	479	498	518	539	562	586	611	637
Прилаз 4	258	267	276	287	299	311	324	338	352	367	383
Σ	1274	1319	1365	1420	1477	1537	1600	1667	1738	1812	1889

Tabela 5. Prognoza realnog budućeg saobraćaja

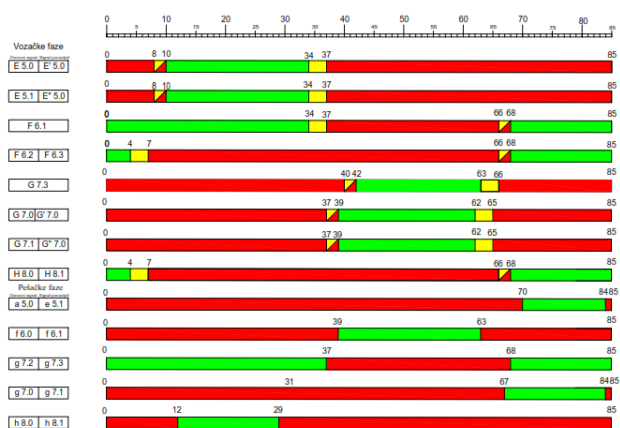
Године/Прилази	Базна година 2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Прилаз 1	383	396	410	426	443	461	480	500	521	543	566
Прилаз 2	328	339	351	365	380	396	412	429	447	466	486
Прилаз 3	402	416	431	448	466	485	505	526	548	571	595
Прилаз 4	395	409	423	440	458	477	497	518	540	563	587
Σ	1508	1561	1616	1681	1749	1820	1895	1974	2058	2145	2236

Tabela 6. Prognoza realnog budućeg saobraćaja

Године/Прилази	Базна година 2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Прилаз 1	345	357	369	384	400	416	433	451	470	490	511
Прилаз 2	105	109	113	118	123	128	133	139	145	151	157
Прилаз 3	302	313	324	337	351	365	380	396	413	431	449
Σ	752	778	805	837	871	907	944	984	1026	1070	1115

5. OPIS PROBLEMA ANALIZIRANE OBILAZNICE

Na svih šest predmetnih raskrsnica isprojektovani su planovi tempiranja sa međufazama. Ciklusi su jednaki na svim raskrsnicama i iznosi 85 sekundi. S obzirom da svaka raskrsnica ima posebno odvojene trake za leva skretanja na prioritetnom pravcu u većini slučajeva to oslikava zadovoljavajući nivo usluge.

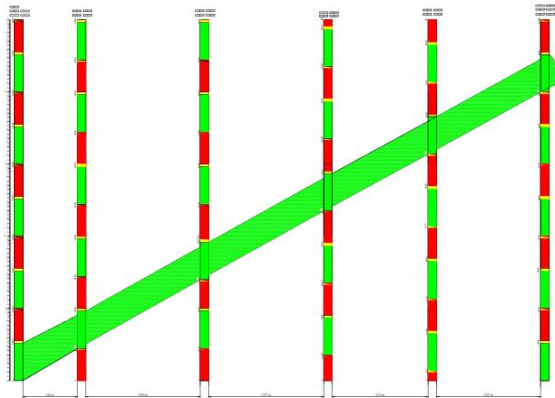


Slika 10. Plan tempiranja sa ciklusom od 85 sekundi na raskrsnici 2

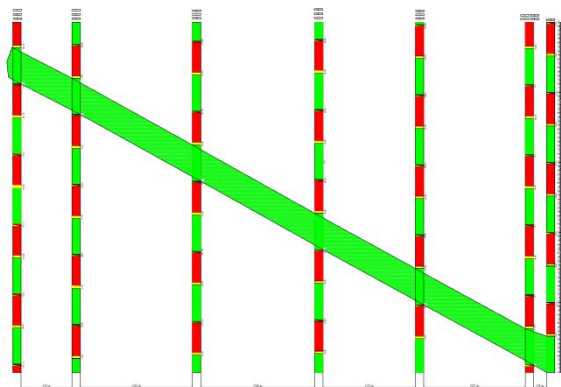
Postojeći način rada svetlosne signalizacije doprinosi velikim zastojima između raskrsnica a time se utiče na povećanje troškova, zagađenja. Optimizacijom se može poboljšati nivo usluge kako za postojeće tako i za prognozirano stanje.

6. PREDLOG MERA ZA POBOLJŠANJE USLOVA ODVIJANJA SAOBRAĆAJA NA ANALIZIRANOJ OBILAZNICI

Mere za poboljšanje uslova odvijanja saobraćaja na predmetnoj obilaznici mogu poboljšati uslove odvijanja saobraćaja i znatno poboljšati nivo usluge kao i samu bezbednost saobraćaja. Sa trenutnom infrastrukturom i opremom to je moguće izvesti koordinacijom svetlosne signalizacije kao i uklanjanjem semafora na fizički odvojenim trakama tj. na desnim skretanjima.



Slika 11. PV dijagram iz smera kretanja Loznica-Beograd



Slika 12. PV dijagram iz smera kretanja Beograd-loznica

7. VREDNOVANJE PREDLOGA MERA ZA POBOLJŠANJE USLOVA ODVIJANJA SAOBRAĆAJA

Funkcionalno vrednovanje analizirane obilaznice je vršeno pomoću softverskog paketa Synchro 9, koji je namenjen kompletnom proračunu kapaciteta i nivoa usluge na raskrsnicama, uzimajući u obzir HCM metodologiju. Program Synchro je usko povezan sa softverskim paketom Sim Traffic 9 koji međusobno pružaju kompletnu analizu i simulaciju predmetnog koridora. Za potrebe ovog rada analizirana je svaka raskrsnica ponaosob i tabelarno su prikazani rezultati.

8. EKOLOŠKO VREDNOVANJE PREDLOŽENIH MERA

Ekološkim vrednovanjem baznog i prognozirano stanja sa stanovišta koordiniranog rada svetlosne signalizacije dobija se novčana ušteda u vidu vremenskih gubitaka, zagađenja vazduha od 31315837.09 \$ za bazni period, odnosno za prognozirani period 252792234 \$.

Tabela 7. Prikaz nivoa usluge analizirane raskrsnice

Раскрсница 2	2017			2027		
	Капацитет (voz)	Времени губици (sec/voz)	LOS	Капацитет (voz)	Времени губици (sec/voz)	LOS
Прилаз 1	217	38,5	D	322	47,5	D
↑	114			159		
←	31	38,5	D	55	47,5	D
→	72			106		
Прилаз 2	317	2,8	A	470	5,6	A
↑	220	2,7	A	320	5,5	A
→	24			47		
←	73	3,1	A	103	6,2	A
Прилаз 3	252	35,1	D	374	28,0	C
↑	114			164		
←	51	44,8	D	73	38,4	D
→	57	8	A	107	5,0	A
Прилаз 4	405	2,7	A	598	6,9	A
↑	285	2,9	A	380	7,1	A
←	92	2,9	A	162	8,3	A
→	28	0,5	A	56	1,5	A
В.г.(sec/voz)		15,6			18,3	
LOS		B			B	
V/C		0,72			0,87	

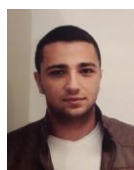
9. ZAKLJUČAK

Cilj master rada je bio da ukaže na trenutne nedostatke u vidu kvaliteta odvijanja saobraćaja na analiziranoj obilaznici od 5834 m i da uz određenu optimizaciju poboljša nivo usluge na predmetnoj obilaznici. Koordinisanim radom svetlosne signalizacije pri kretanju vozila od 60 km/h optimizacija svetlosne signalizacije doprinosi značajnom poboljšanju u vidu nivoa usluge i troškova.

10. LITERATURA

- [1] Transportation Research Board, Highway Capacity Manual 2000, National Research,
- [2] <http://www.vrelegume.rs/test/izdovni-gasovi/>
- [3] <http://www.putevi-srbije.rs/>
- [4] Kuzović, Lj., Kapacitet i nivo usluge drumskih saobraćajnica, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Beograd 2000,
- [5] Tihomir Đorđević, Regulisanje saobraćajnih tokova, Institut za puteve, Beograd 1997.

Kratka biografija:



Nemanja Stojićević rođen je u Šapcu 1993. god. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz predmeta kapacitet drumskih saobraćajnica odbranio je u septembru 2016. god.



Nenad Ruškić rođen je u Tuzli 1980. god. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2013. god., a od juna 2014 god. je u zvanju docenta.

PRIMER MODELOVANJA SISTEMA PODRŠKE ODLUČIVANJU PRI UPRAVLJANJU LANCIMA SNABDEVANJA**EXAMPLE OF MODELING OF THE DECISION SUPPORT SYSTEM IN THE SUPPLY CHAIN MANAGEMENT**

Milan Simić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast - Saobraćaj

Kratak sadržaj – Generalno posmatrano tradicionalne logističke aktivnosti koje se obavljaju u logističim sistemima uglavnom ne utiču na postizanje konkurentne prednosti kompanija. Upravo je to razlog što veliki broj kompanija teži da poboljša i prilagodi svoje logističke aktivnosti tako da ostvari leadersku poziciju u svom gravitacionom području. Osnovne aktivnosti u logističkim podsistemima (kao što je skladištenje), mogu se drastično poboljšati u pogledu povećanja njihove efikasnosti i produktivnosti. Značajnu pomoć takvim nastojanjima predstavlja implementacija savremenih softverskih, tehnoloških, informacionih i drugih rešenja. U ovom radu je predstavljeno nekoliko mogućnosti koje mogu da posluže kao pomoć pri donošenju odluke prilikom realizacije odgovarajućih logističkih aktivnosti. Konkretno, detaljno su prikazani primeri modelovanja sistema podrške odlučivanju pri upravljanju lancima snabdevanja, a zatim i proces odlučivanja za nekoliko slučajeva realizacije osnovnih skladišnih aktivnosti.

Abstract – Generally observed, the traditional logistic activities carried out in logistics systems generally do not affect the achievement of the competitive advantage of companies. That is precisely why many companies are trying to improve and adjust their logistic activities so as to achieve a leadership position in their gravitational area. Basic activities in logistics subsystems (like warehouses) can drastically improve in terms of increasing their efficiency and productivity. Significant assistance to such efforts is the implementation of modern software, technology, information and other solutions. In this paper, several possibilities are presented that can serve as a help in making a decision when implementing appropriate logistics activities. In particular, examples of modeling of the decision support system in the management of supply chains are presented in detail, and then the decision-making process for several cases of realization of basic warehouse activities.

Ključne reči: Skladište, lanci snabdevanja, sistem odlučivanja, logistika, IT rešenja.

1. UVOD

Zbog promena u broju stanovnika, razvoja novih tehnologija, porasta životnog standarda, promene načina rada, dolazi do pojave velikog broja kompanija koje u svojoj

logističkoj strategiji imaju potrebu da primene neki od savremenih načina realizacije logističkih aktivnosti. Međutim, kompanije relativno sporo vrše izmene u pogledu poboljšanja odvijanja logističkih aktivnosti. Od nivoa logističke usluge zavisi veliki broj drugih aktivnosti koje utiču na kretanje proizvoda, zbog toga je neophodno težiti ka uspostavljanju što višeg standarda sa stanovišta opsluge odnosno uspostaviti što viši nivo logističke usluge.

Za rešavanje ovih problema poželjno je izabrati multidisciplinarni pristup različitih nauka, pre svega nauka iz oblasti upravljanja lancima snabdevanja, logističkih centara i skladišta.

2. TEORIJSKE OSNOVE RADA**2.1. Upravljanje lancima snabdevanja**

Razvoj logistike može se sagledati kroz različite definicije ovog pojma, koje su formulisali pojedinci ili udruženja iz različitih oblasti u različitim vremenskim periodima, kao i kroz nove, proširene pristupe i koncepte upravljanja logistikom. Logistika predstavlja upravljanje svim ulaznim i izlaznim tokovima materijala poluproizvoda, sirovina i gotovih proizvoda. Ona se sastoji od integrisanog upravljanja nabavkom, transportom i skladištenjem na funkcionalnom nivou [1]. Upravljanje lancem snabdevanja obuhvata planiranje i upravljanje svim aktivnostima uključenim u pronalaženje izvorišta, nabavku, razmenu, snabdevanja kao i sve aktivnosti upravljanja logistikom. Takođe, obuhvata koordinaciju i kolaboraciju između partnera u lancu, koji mogu biti dobavljači, proizvođači, provajderi logističkih usluga, distributeri, potrošači. Upravljanje lancem snabdevanja ima integrativnu funkciju, pri čemu je primarni zadatak povezivanje glavnih poslovnih funkcija i poslovnih procesa unutar preduzeća, ali i između preduzeća, u koherentan poslovni model sa velikim učinkom. Ono obuhvata sve aktivnosti upravljanja logistikom i proizvodnim operacijama i vodi koordinaciji procesa i aktivnosti unutar marketinga, prodaje, razvoja proizvoda, finansija i informacionih tehnologija, ali i između njih.

2.2. Skladišta

Da bi se smanjilo vreme između proizvodnje i potrošnje proizvoda, kompanije donose odluku da rezerve gotovih proizvoda privremeno skladište. U praksi skladišta mogu biti otvoren prostor gde se drži ugalj, rude, povrće, a mogu biti i specijalne hale koje daju prave uslove za zaleđene ili delikatne proizvode. U literaturi se koriste različiti termini za skladište, kao na primer distribucioni centar ili logistički centar [2]. Termin distributivni centar

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Marinko Maslarić, docent.

uglavnom se koristi kako bi se naznačila razlika u odnosu na skladišta primarno namenjena za dugotrajno čuvanje i skladištenje robe. Koriste se i drugi termini, kao što je „tranzitni centar“, kako bi se ukazalo na to da ovakva postrojenja ne čuvaju samo proizvode već obavljaju i druge aktivnosti. Najjednostavnija definicija skladišta bi mogla glasniti, skladišta predstavljaju bilo koju lokaciju gde se čuvaju rezerve proizvoda na njihovom putu kroz lanac snabdevanja.

2.3. Uloga skladišta u lancu snabdevanja

Logistička strategija postavlja globalnu strukturu lanca snabdevanja, uključujući i poziciju i ulogu skladišta. Na strategijskom nivou donose se odluke o lokaciji skladišta, planovi kapaciteta pokazuju broj potrebnih skladišta kao i njihov kapacitet, menadžment određuje koje proizvode treba držati kao i u kojim količinama.

Prilikom donošenja navedenih odluka, logističari su suočeni sa nizom pitanja i nedoumica, kao što su: koje poslove treba obavljati u skladištu; ko će biti vlasnik skladišta; koji je najbolji layout skladišta; koju pretovarnu mehanizaciju koristiti; kako meriti performanse skladišta?

2.4. Skladišne aktivnosti i upravljanje robnim tokovima u skladištu

Skladište prima dostave od dobavljača, radi sve potrebne provere i sortiranja, skladišti proizvode dok ne budu potrebni. Kada se ukaže potreba za otpremom raspoređuje i organizuje dostave do krajnjih korisnika. Aktivnosti koje se odvijaju u skladištima mogu se podeliti u dve važne funkcije: držanje zaliha (skladištenje) i upravljanje skladišnim procesima. Pod upravljanjem robnim tokovima u skladištu, podrazumevaju se tri primarne funkcije [3]: utovar i istovar, unutrašnji transport robe u skladištu i komisioniranje pošiljki.

Jedna od najvažnijih odluka u upravljanju skladištem jeste odluka o unutrašnjoj organizaciji svih bitnih skladišnih elemenata, kako bi se na adekvatan način odgovorilo na potrebe korisnika i obezbedilo što efikasnije funkcionisanje skladišta. Ključni elementi u skladištu sastoje se iz: oblasti za prijem robe, oblasti za skladištenje, utovarnog fronta, sistema za rukovanje proizvodima, informacionog sistema, dostave korisnicima.

2.5. Informacione tehnologije i skladišta

Novijim pristupom i planiranjem u logistici, uz pomoć informacionih tehnologija, nastoji se smanjiti potreba za skladištima, odnosno volumen poslovanja koji se odnosi na skladišne procese svodi se na najmanji mogući nivo. Preduzeća imaju sve veća očekivanja od svojih skladišnih i distributivnih aktivnosti. Zahteva se povećana produktivnost koja će podržati rast prodaje, širenje kanala distribucije i značajno poboljšati usluge prema klijentima. Nova generacija skladišne tehnologije pruža veće mogućnosti, poboljšanu vidljivost i analiziranje. Praćenje skladišnih aktivnosti omogućava maksimalnu vidljivost i dostupnost podataka o stanju svih zaliha u realnom vremenu.

Svrha sistema jeste unapređenje rukovanja robom od trenutka ulaza do trenutka izlaza iz skladišta. Primenom Warehouse Management System-a (WMS) postižu se značajne uštede, kako u pogledu efikasnosti procesa rada i iskorišćenja kapaciteta, tako i u pogledu smanjenja

gubitaka nastalih usled nemogućnosti detaljnog praćenja svih aktivnosti [4].

3. SISTEMI PODRŠKE ODLUČIVANJU U UPRAVLJANJU LANCIMA SNABDEVANJA

U opštem slučaju, sistem podrške pri donošenju odluka DSS (eng. *Decision Support System*) je informacioni sistem zasnovan na računaru koji kombinuje modele i podatke u pokušaju da reši polustrukturirane i slabo strukturirane probleme uz znatno učešće korisnika. Sistemi DSS mogu da se posmatraju kao pristup ili filozofija pre nego kao precizna metodologija [5]. Sistemi podrške odlučivanju pri upravljanju lancima snabdevanja treba da sadrže efikasne sisteme zaključivanja zbog činjenice da se u većini slučajeva teži smanjenju troškova transportovanja i skladištenja robe, kako bi se kompanija uklopila u planirane ukupne troškove.

3.1. Primeri DSS u upravljanju lancima snabdevanja u kontekstu skladišnog poslovanja

Neki od sistema koji se koriste u savremenim skladištima uz pomoć kojih mogu da se značajnije poboljšaju logističke aktivnosti u skladištima su:

- Arduino platforme – Otvoreni tip projekata za nadogradnju i usavršavanje (Open source projects)
- Izabrati po satu (Pick – by – Watch)
- Izabrati po okviru (Pick – by – Frame)
- Izabrati po svetlosnom izvoru (Pick – by – Light)
- Izabrati po mestu (Pick – by – Point), slika 1
- Izabrati po glasu (Pick – by – Voice)
- Izabrati uz pomoć naočara (Pick – by – Vision)
- Izabrati uz pomoć skenera (Pick – Radar)



Slika 1: Izgled "pick-by-point" sistema

3.2. WMS sistemi za upravljanje skladištem

Predstavljeni sistemi koji podržavaju osnovne aktivnosti u skladištu, mogu se nazvati i hardverom, ali oni ne mogu funkcionisati bez adekvatnog softvera. Sistem za upravljanje skladištem može se opisati kao sprega između savremene tehnologije i procesa upravljanja u cilju postizanja najboljih rezultata poslovanja i optimizaciji osnovnih aktivnosti u skladištu. Sistem koji se odabere da upravlja skladištem predstavlja važan deo lanca snabdevanja i pre svega ima za cilj da kontroliše kretanje i skladištenje robe, obrađuje transakcije, transport. Nekoliko WMS sistema koji su u upotrebi za upravljanje skladištem i praćenje rezultata rada skladišta:

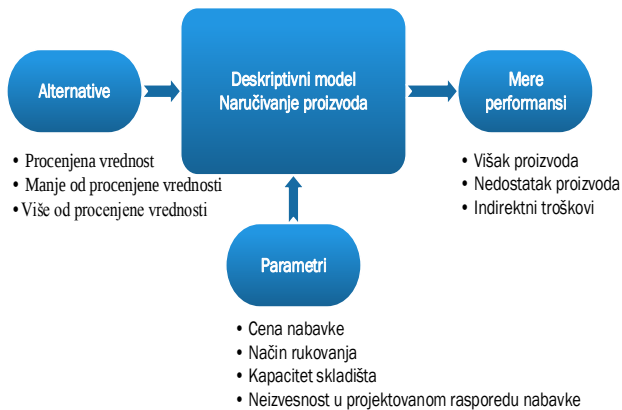
- WISE
- SAP
- 3PL Central Software
- Infoplus softver
- WMS360

4. MODELOVANJE PROCESA ODLUČIVANJA

Analiza odluke može se definisati kao metodički pristup pri donošenju odluka koji dozvoljava menadžerima da rešavaju probleme u kojima postoje različite alternative sa određenim stepenom neizvesnosti. Prilikom analize neke odluke upoređuju se istraživanja i statistički podaci koji predstavljaju model i na osnovu njih analizira se doneta odluka. Donošenje odluka je proces stvaranja selektivne presude kada su predstavljene različite alternative koje se sastoje od nekoliko promenljivih koje često definišu smer daljih aktivnosti. Donošenje odluka uključuje tri koraka: identifikaciju odluke koju treba doneti; traženje izvodljivih alternativa; i izbor najprihvatljivije alternative. Modeliranjem donošenja odluke pokušava da se predstavi mehanizam (algoritam, tok) procesa odlučivanja.

4.1. Deskriptivni modeli procesa odlučivanja

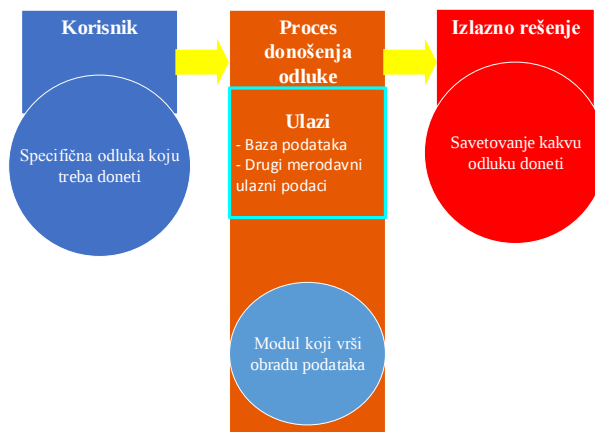
Računarski program ili algoritam koji vrši merenje performansi za svaku alternativu naziva se deskriptivni model jer opisuje samo uzročno-posledičnu vezu bez ikakvog procenjivanja poželjnosti svake alternative. Konačna odluka se donosi od strane donosioca odluka (slika 1). Mere performansi definišu izlaze. Deskriptivni modeli su obično matematički orijentisani, a najčešći deskriptivni metod modeliranja je simulacija. Alternative predstavljaju različita polja delovanja koje donosioci odluka mogu da preduzmu za pojedinačne odluke u nekom definisanom čvoru ili mogućnosti koje donosioci odluka imaju na raspolaganju. Parametri predstavljaju „vrednosti“ koje utiču na proces donošenja odluka. Parametar može da bude konstanta tokom analize ili može da bude promenljiva veličina.



Slika 2: Deskriptivni model (adaptirano na osnovu [6])

Na osnovu unosa podataka (alternativa i parametara) biće izvršena analiza koja će pomoći elektronskom sistemu odlučivanja da odabere pravu količinu robe koju treba naručiti (na primer). Najbolje rešenje se može pronaći ako se koristi perspektivni model ili ako je dovoljan broj probnih rešenja testiran pomoću deskriptivnog modela. Međutim, model je samo aproksimacija stvarnog sveta, a donosioci odluka obično menjaju dobijeno rešenje radi poboljšanja rezultata iz razloga što na odluku deluje veliki broj faktora koji nisu uključeni u model. Donosilac odluke sa svojim unetim izmenama predstavlja poslednji korak u odlučivanju. Na kraju, osoblje koje je odgovorno za obavljanje konkretnog posla, na primer porudžbine, može da ne izvrši sve zadatke u skladu sa dobijenim instrukcijama tako da se krajnje rešenje, nakon

implementacije, može razlikovati od planiranog rešenja (slika 3).



Slika 3: Proces donošenja odluke (adaptirano na osnovu [6])

4.2. Opšti proces donošenja odluka.

Odluke menadžmenta prilikom naručivanja proizvoda mogu se podeliti u pet faza [6]:

1. faza sagledavanja ponuda,
2. faza sprovođenja nabavke,
3. nabavka proizvoda,
4. faza skladištenja,
5. faza otpreme proizvoda.

Neophodna je velika povezanost između odluka za upravljanje proizvodima u svakoj fazi. Takođe postoje i problematična područja koja se javljaju prilikom nabavke proizvoda.

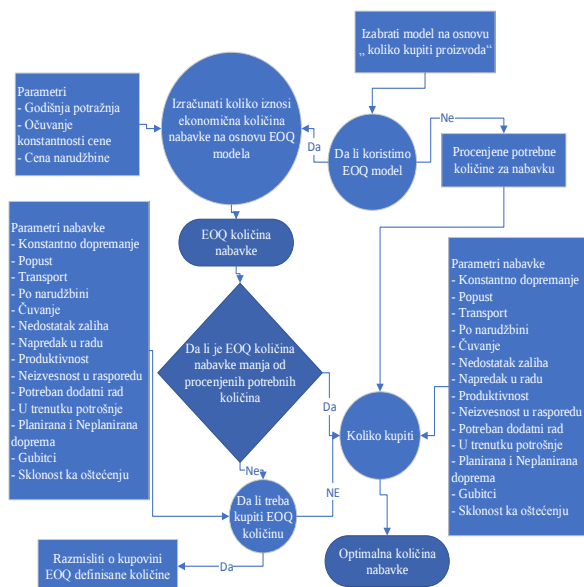
5. MODELOVANJE SISTEMA PODRŠKE ODLUČIVANJU U UPRAVLJANJU LANCIMA SNABDEVANJA

Savremeno poslovno odlučivanje se ne može zamisliti bez informacionih sistema (IS). Informacioni sistemi i savremene tehnologije se koriste kao podrška u svim logističkim aktivnostima. Efikasno poslovno okruženje zahteva i novi tip menadžera koji kombinuje menadžerske veštine sa sistematičnim odabirom softverskih alata u izobilju informatičkih tehnologija. U nastavku ovog poglavlja opisane su neke od odluka vezanih za upravljanje lancima snabdevanja u kontekstu šetamtskih prikaza procesa odlučivanja, koji uključuje parametre i alternative za svaku donešenu odluku.

5.1. Primer modela donošenja odluka u upravljanju lancima snabdevanja

U radu je posmatrano više procesa za donošenje odluka u razvoju integrisanog sistema podrške odlučivanju za nabavku proizvoda u skladištu. Na slici 4 je šematski predstavljen proces odlučivanja "koliko nabaviti proizvoda"? Odluka o tome koliko nabaviti proizvoda je veoma važna kako bi se osiguralo da su potrebne količine proizvoda obezbeđene i da nema nedostataka proizvoda. Kao što je prethodno navedeno, postoje tri moguća rešenja za ovu odluku: 1. Naručiti onoliko koliko je procenjeno kao potrebno, 2. Naručiti više od procenjenih potreba, 3. Naručiti manje od procenjenih potreba. Na ovu odluku utiču mnogi parametri tako da menadžer u skladištu mora razmotriti sve parametre koji mogu imati uticaja na proces odlučivanja. Na primer, menadžer može

poručiti veće količine ako dobavljač ponudi određeni popust na osnovu kupljene količine. Međutim, na ovu odluku može da utiče raspoloživi prostor za skladištenje. Slično navedenom primeru, postoje i druge situacije koje zahtevaju bližu analizu pre donošenja konačne odluke.



Slika 4: Proces odlučivanja "koliko nabaviti proizvoda" (adaptirano na osnovu [6])

Ostali procesi koji su posmatrani za donošenje odluke u razvoju integrisanog sistema podrške odlučivanju za nabavku proizvoda u skladištu su:

- koje proizvode treba nabaviti,
- koliko nabaviti,
- kada nabaviti,
- kada isporučiti,
- gde skladištiti,
- odrediti mesto u skladištu.

5.2. Analiza predstavljenih sistema za podršku odlučivanju u skladišnom poslovanju

Sistemi koji su predstavljeni uglavnom su vezani za promene i dešavanja na tržištu odnosno zahtevi sa tržišta diktiraju njihovu upotrebu i primenu. Sistemi se mogu povezivati na takav način da pružaju manju ili veću podršku modelima odlučivanja koji su predstavljeni. Po svemu sudeći predstavljeni sistemi imaju zagarantovanu buduću primenu pre svega iz jednog osnovnog razloga a to je velika mogućnost prilagođavanja zahtevima koji dolaze i sa strane poslodavca i sa strane tržišta.

6. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Efikasno upravljanje proizvodima u skladištu je presudno za uspeh bilo kog skladišta i može biti odlučujući faktor između uspešnog i neuspešnog poslovanja.

Implementacija efikasnijih metoda upravljanja proizvodima kao i stalno poboljšanje efikasnosti modela odlučivanja predstavljaju dugoročnu misiju poslovanja skladišta.

Realizacija neophodnih promena u pogledu poboljšanja funkcionisanja skladišta, dovodi do povećanja efikasnosti i minimiziranja ukupnih troškova skladišta. Efektivan sistem za upravljanje proizvodima je od suštinskog značaja da bi se izbegao nedostatak proizvoda, smanjio broj pogrešnih operacija, smanjilo oštećenje i krađa proizvoda. Posebnu pažnju treba posvetiti skladišnim aktivnostima u pogledu sagledavanja i kontrole njihovog pravilnog funkcionisanja. Jedna od velikih prednosti kompanija na tržištu je korišćenje integrisanih sistema upravljanja lancima snabdevanja. Takav sistem kompanijama najčešće obezbeđuje lidersku poziciju na tržištu.

U radu je takođe predstavljen i najprostiji šablon za izradu sistema podrške odlučivanju u upravljanju lancima snabdevanja kao pomoć donosiocu odluka u fazi upravljanja proizvodima u skladištu. Predstavljeni modeli odlučivanja se ne baziraju na konkretnom primeru nekog skladišta već se razmatraju opšti procesi donošenja odluka uz poštovanje određenih zadatih parametara. Za realnu primenu predstavljenih modela u postojećim sistemima skladištenja proizvoda neophodno je izvršiti prilagođenje u smislu uvažavanja operacija i zahteva koji se postavljaju u kompaniji za koje se prilagođenje vrši. Ovakav pristup može poslužiti kao osnova za buduća istraživanja i dalje konstantno unapređenje sistema u ovoj oblasti. Proširivanje datog šablona u smislu uključivanja drugih faza i procesa upravljanja proizvodima trebalo bi da rezultira stvaranju jednog sveobuhvatnog sistema iz kojeg je moguće izdvojiti segment koji treba dalje usavršavati.

7. LITERATURA

- [1] S. Nikolić, Đ. Stojanović, M. Maslarić: Osnovi logistike, Univerzitet Novi Sad, izdavaštvo FTN Novi Sad 2016. [6]
- [2] Mirčetić, D., Logistički centri, Skripta sa vežbi, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2016.
- [3] Nikolić, S., Logistički centri, Skripta sa predavanja, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2016.
- [4] Dragan Simić, E-logistika, Univerzitet Novi Sad, izdavaštvo FTN Novi Sad 2013.
- [5] Soldić-Aleksić J., Skripte sa predavanja, Ekonomski fakultet, Beograd, 2001.
- [6] Jose Luis Perdomo-Rivera, A framework for a decision support model for supply chain management in the construction industry, Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State 2004.

Kratka biografija:



Milan Simić rođen je u Aleksincu 1991. god. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Saobraćaja – Analiza uslova odvijanja saobraćaja na raskrsnici ulica Dušana Trivunca i Majora Milana Tepića u Aleksincu, odbranio je 2015. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Saobraćaja – Primena sistema podrške odlučivanju pri upravljanju lancima snabdevanja odbranio je 2018. god.

STANJE I PERSPEKTIVA RAZVOJA ELEKTRONSKIH POŠTANSKIH SERVISA U REPUBLICI SRPSKOJ**STATE AND PERSPECTIVES OF THE DEVELOPMENT OF ELECTRONIC POSTAL SERVICES IN THE REPUBLIC OF SRPSKA**

Suzana Maksimović, Dragana Šarac, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast –SAOBRAĆAJ

Kratak sadržaj – *Suština rada odnosi se na savremene tehnološke pristupe, koji omogućavaju nove strategijske odnose pošta-korisnik usluge sa svrhom opstanka, rasta i razvoja elektronskih servisa u Pošte Srpske. U tim okvirima informaciona tehnologija stvara nove mogućnosti za primenu adekvatnih koncepcija u poslovanju pošte.*

Abstarct – *The essence of the work is related to modern technological approaches, which enable new strategic relationships of post-user services aimed at the survival, development and development of electronic services in the Post of Srpska. In these frameworks, information technology creates new opportunities for applying adequate concepts in the business of mail.*

Ključne reči – *Pošta, elektronski servisi, usluge, razvoj, konkurencija*

Keywords – *post office, electronic services, services, development, competition*

1. UVOD

U današnjem svetu povećane globalizacije tržišta i ekonomske regionalizacije, poslovanje ne može biti uspešno bez upotrebe moderne informacione tehnologije. Umrežavanje preduzeća i javne administracije i razvoj Interneta doveli su do velikih promena u načinu i efikasnosti rada poslovnih sistema.

Pojavom Interneta i njegove sve masovnije upotrebe dolazi do pojave novih tehnologija i novih oblika poslovanja.

Cilj rada jeste da se prikaže stanje i perspektiva razvoja elektronskih poštanskih servisa na osnovu SWOT analize i ankete, koja se odnosi na ispitivanje korisnika koji su koristili određene elektronske poštanske usluge.

U radu se ukazuje na suštinu i značaj implementacije novih tehnologija u Pošte Srpske, koje predstavljaju osnovu budućeg poslovanja pošte.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Dragana Šarac, van. prof.

2.E-POŠTANSKE USLUGE U POŠTE SRPSKE

Savremeni elektronski servisi su, uz komparativnu prednost već razgranate fizičke mreže dostave, neizbežna budućnost poštanskog sistema Republike Srpske i kao takav zahteva posebnu pažnju i angažman svih oblasti i delova Preduzeća kako bi se u potpunosti implementirao i integrisao kao kompletna usluga.

Moduli elektronskih sistema Preduzeća su integrisani u zajednički paket koji se zove elektronska pošta i korisniku omogućava komfor da sa jednog naloga i sa bilo kojeg mesta pomoću računara koristi sledeće opcije:

E-shop treba da omogući korisnicima sledeće mogućnosti:

- Obavi kupovinu robe ili usluge,
- Kupi poštanske marke,
- Pritup online prodavnicama koje su Pošte Srpske iznajmile trećim licima (foto radnje, radnje suvenira, IT radnje...),
- Koristi usluge printing centra (foto albumi, leci, razglednice...),
- Pošalje e-telegram,
- Pošalje poklon [1].

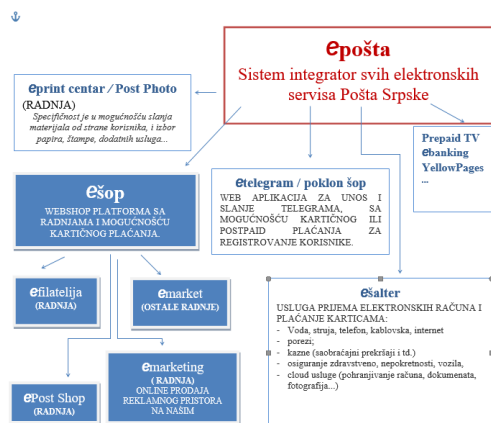
E-šalter treba da pruži korisnicima sledeće mogućnosti:

- Uplata komunalne usluge,
- Uplata mobilnih telefona,
- Uplata fiksnih telefona,
- Postnet uputnica-uplata,
- Uplata Interneta,
- Uplata oglasa,
- Eurožiro uputnice,
- Uplate Elektronske međunarodne poštanske uputnice,
- Druge transakcije [1].

Aplikacija za mobilne uređaje treba da omogući korisnicima sledeće mogućnosti:

- Registraciju korisnika,
- Servis za izračunavanje poštarine,
- Servis za pretragu pošta,
- Mogućnost pronalaženja pošte u blizini trenutne lokacije,
- Status praćenja pošiljaka,
- Mogućnost poručivanja poštunoše,
- Slanje fotografija za izradu,
- Pretraga dopunskih i posebnih usluga [1].

Sistem E pošta je završen i pušten u integraciju kartičnog servisa za online plaćanje nakon čega će kompletan sistem biti pušten u rad. E pošta kao integrator svih elektronskih servisa je prikazana na slici 1.



Slika 1. E pošta kao integrator svih elektronskih servisa

Elektronska poštanska marka

Uvođenje elektronske poštanske marke u svakoj zemlji zavisi od lokalnog zakonodavstva, tj. od činjenice da li elektronski dokument koji može da sadrži elektronsku poštansku marku ima istu pravnu važnost kao i klasični document u papirnom obliku [1].

Hibridna pošta

Pošte Srpske organizovale su servis Hibridna pošta koji predstavlja kombinaciju tradicionalne poštanske usluge i elektronske pošte.

Mogućnosti servisa Hibridna pošta su:

- Usluge štampanja (laserska crno-bijela štampa i štampa u boji, štampa na ploteru, štampa na matričnom štampaču),
- Kovertiranje odštampanog i reklamnog materijala,
- Pakovanje u termofoliju (kataloga, časopisa, brošura...), kao i adresovanje istih,
- Foldanje dokumenata,
- Perforiranje papira,
- Self-mailing [1].

BIZ EKSPRES

Usluga koja nudi prenos robe između pravnih lica, samostalnih preduzetnika kao i fizičkih lica s tim da najmanje jedan korisnik ima zaključen Ugovor o prenosu pošiljaka Biz ekspresa (samo pravno lice ili samostalni preduzetnik može imati zaključen Ugovor o prenosu pošiljaka Biz ekspresa) [1].

Elektronska prijemna knjiga

Elektronska prijemna knjiga (EPK) je aplikacija koja od 2014. godine svim ugovornim korisnicima Pošta Srpske omogućava predaju prijemnih knjiga sa podacima o pošiljkama u elektronskom obliku [1].

Korištenje elektronske prijemne knjige omogućava:

- znatne uštede u vremenu pripreme pošiljaka za predaju u JPM
- smanjenje troškova
- kontrolu i mogućnost korekcije pri unosu podataka
- izbegavanje ručnog ispisivanja prijemnih knjiga
- dobijanje trenutne povratne informacije
- skraćivanje roka traženja i potraživanja pošiljaka
- uštedu papira i zaštitu okoline.

Elektronske poštanske uputnice

Razvoj internet kupovine uslovio je ubrzan razvoj elektronske uputnice kojom se brzo i jednostavno može platiti roba kupljena putem Interneta. Na ovaj način se korisnicima omogućava da robu plate pouzdanjem, a da trgovac svoj novac dobije u roku od pola sata od uručivanja pošiljke kupcu [1].

3. KONKURENCIJA NA TRŽIŠTU KURIRSKIH USLUGA

Pojam konkurencija predstavlja borbu između preduzeća da osvoje veći deo tržišta. S obzirom da su tržišta prezasićena i veoma često ponuda određenih proizvoda ili usluga prevazilazi tražnju za istim, upravo takva situacija stavlja fokus na potrošača, odnosno njegove zahteve, preferencije i očekivanja povodom cene određenih proizvoda i usluga. Ovo uslovljava pojavu visokog stepena konkurencije na tržištu. Postoji šest učesnika na tržištu koji se bave istom ili sličnom uslugom kao Pošte Srpske:

- Euro Express
- X Express
- DHL
- Express One d.o.o
- MHS d.o.o
- In Time – TNT Express d.o.o

Nabrojani učesnici ili konkurenti se bave uslugama brze pošte, odnosno kurirske usluge. Pružaju usluge u unutrašnjem i međunarodnom transportu.

Euro Express sa sedištem u Banja Luci, ima trinaest distributivnih centara i devet paket shop-ova na teritoriji Bosne i Hercegovine (slika2). Posluje jedanaest godina i za sada predstavlja glavnog konkurenta Pošti Srpske. Posедује stručne timove koji brinu o svim fazama usluživanja korisnika.

U cilju da postanu lider u transportu pošiljaka, nastavljaju sa razvojem inovativnih procesa, proširuju se na nova tržišta, usavršavaju stručne veštine najefikasnijim obukama [2].



Slika2. Logo Euro Expressa

X-Express, kompanija sa sedištem u Banja Luci, koja posluje na teritoriji BiH, organizovana je kroz sedam distributivnih centara kojima pokriva ukupnu teritoriju [3].

DHL je prisutan u više od 220 zemalja širom sveta, sa preko 350.000 zaposlenih i godišnjim prometom od više od milijardu pošiljaka na globalnom nivou, transportujući ih na 20.000 različitih destinacija. U sastavu DHL-ovog brenda nalaze se poslovne oblasti za ekspresne usluge, drumski saobraćaj, pomorski i kontejnerski saobraćaj [4].

Express One d.o.o već više od 15 godina, svakog dana, 24 časa dnevno, pruža usluge na području BiH. Dostava ekspresnih paketa i paletnih pošiljaka odvija se na celom području BiH. Postoji sedam regionalnih centara širom BiH koji osiguravaju blagovremeno preuzimanje pošiljaka i isporuku istih [5].

MHS d.o.o je kompanija koja je osnovana 2008. godine kao domaća kurirska kuća, specijalizovana za distribuciju sitnih adresnih ili neadresnih pošiljaka u BiH. Ova kompanija je lider u distribuciji reklamnog materijala [6].

In Time – TNT Express je kompanija koja je osnov na 1997. godine u Sarajevu i predstavlja jednu od vodećih kurirskih službi u BiH. S obzirom na njenu rasprostranjenost, ova kompanija ima osam poslovnica koje zapošljavaju oko sto radnika. Raspolaze sa oko 90-ak vozila [7].

Menjanjem navika korisnika, idealno rešenje za brzu dostavu paketa i pošiljaka jesu kurirske službe, koje nude sigurno i jednostavno preuzimanje u vremenu koje odgovara korisnicima.

Jedna od novijih usluga koju su ponudili korisnicima je *E-mail notifikacija*, koja omogućava pošiljaocu da putem e-mail-a dobija informacije o pripremi, slanju i isporuci pošiljke. Usluga koja je slična navedenoj je *obaveštavanje pošiljaoca o pošiljci putem SMS-a*. Ova usluga je pogodna za one korisnike, koji nisu često na Internetu. Svaka od kompanija nudi uslugu *Track and trace*, koja omogućava praćenje pošiljaka u unutrašnjem i međunarodnom saobraćaju.

4. SWOT ANALIZA

Pojam, odnosno naziv SWOT analiza predstavlja skraćenicu od četiri engleske reči, koje u prevodu znače:

- **S** – Strengths – **Snaga**
- **W** – Weaknesses – **Slabost**
- **O** – Opportunities – **Mogućnost (šansa, prilika)**
- **T** – Threats – **Pretnja (opasnost)**

Snage i slabosti se tretiraju kao interni (unutrašnji) faktori, koji zavise od organizacije i resursa samog preduzeća, a mogućnosti i opasnosti kao eksterni (spoljašnji) faktori, koji zavise od okolnosti i okruženja u kojima preduzeće deluje. Snage i mogućnosti su faktori pozitivnog uticaja, dok su slabosti i pretnje faktori negativnog uticaja a tržišnu poziciju [8].

SWOT analiza omogućava da se prepoznaju negativni i pozitivni faktori i daje mogućnost da se na njih blagovremeno utiče. Ona omogućava da se utvrdi gde se u sadašnjoj situaciji predmet istraživanja nalazi, koje su mu glavne prednosti i slabosti i kakve su šanse i opasnosti da se stigne do planiranih ciljeva u budućnosti [8].

Na osnovu SWOT analize, jasno je da Pošte Srpske što se tiče elektronskog poštanskog servisa ima značajne prednosti i potencijalne i realne teškoće, ali i realne mogućnosti za unapređenje poslovanja. Za ostvarenje budućih rezultata potrebno je pretvoriti postojeće snage u sposobnosti za realizaciju nabrojanih mogućnosti i prilika. Za održavanje dobre reputacije na tržištu, osim pridobijanja novih korisnika, veoma bitno je zadržati i postojeće. Finansijske poteškoće stvaraju ozbiljne probleme kada je u pitanju razvoj novih servisa.

5. PERSPEKTIVA RAZVOJA ELEKTRONSKOG POŠTANSKOG SERVISA U REPUBLICI SRPSKOJ

Na osnovu sprovedenog istraživanja stavova korisnika o poštanskim i kurirskim uslugama putem ankete, urađene SWOT analize pošte Srpske i istraživanja konkurencije na tržištu kurirskih usluga dobijeni su podaci koji daju uvid u stanje razvijenosti i perspektivu elektronskog poštanskog servisa na području Republike Srpske. Posmatrano kroz prizmu analize rezultata ovih istraživanja došlo se do zaključka da postoje kako negativni tako i pozitivni uticaji na potencijal i mogućnost razvoja elektronskog poštanskog servisa u Republici Srpskoj u bliskoj i daljoj budućnosti. U daljem tekstu ovog poglavlja biće detaljno opisani svi uticaji na elektronski poštanski servis kako bi se na najbolji način mogao izvesti zaključak realnog stanja i mogućnosti njegovog razvoja.

Negativni uticaji na perspektivu razvoja elektronskog poštanskog servisa

Analizom rezultata sprovedenih istraživanja došlo se do niza činjenica koje otkrivaju niz problema sa kojima je suočeno trenutno stanje elektronskog poštanskog servisa i one ne idu u prilog perspektivi njihovog razvoja u budućnosti. Loša ekonomska situacija utiče na spor rast tržišta kurirskih usluga što prouzrokuje pad prihoda od pruženih kako tradicionalnih tako i elektronskih usluga što dovodi do sve gore finansijske situacije u ovom sektoru. Jedan od najvećih problema sa kojima se suočava elektronski poštanski servis je zastarelost opreme što ima negativnih uticaja na nivo kvaliteta pružanja usluga kao i nemogućnost da se ispune i zadovolje očekivanja i zahtevi samih korisnika.

Što se tiče konkurencije na tržištu poštanskih i kurirskih usluga primećeno je da mali broj preduzeća koristi savremenu informacionu tehnologiju prilikom pružanja usluge u vidu mobilnih aplikacija, web aplikacija, savremenih sistema kriptografije radi zaštite ličnih podataka. Samo par preduzeća pruža usluge kao što su SMS izveštaj, digitalni potpis, track&trace, bezbednost podataka.

Pozitivni uticaji na perspektivu razvoja elektronskog poštanskog servisa

Informacione tehnologije su ključni element koji omogućava viši stepen povezivanja između poslovnih subjekata i svih učesnika. Od ukupnog broja ispitanika, njih 43% je skoro u potpunosti zamenilo tradicionalnu poštu e-mail-om. Pošte Srpske imaju veoma interesantan jak strateški položaj i perspektivu za unapređenje svog

položaja u novim poslovnim aktivnostima. Zbog svog dugogodišnjeg poslovanja Pošte Srpske imaju veliki broj korisnika.

Pošta Srpske je veoma priznata nacionalna institucija koja uživa veliko poverenje svojih usluga koje su lako dostupne i ne koštaju mnogo. Na pitanje da li su koristili elektronske poštanske usluge, 74% ispitanika je odgovorilo pozitivno, dok je 26% ispitanika odgovorilo negativno.

Očekivano je da je veliki broj ispitanika čulo i koristilo elektronske poštanske usluge koje nudi Pošta Srpske. Predlozi za unapređenje stanja na tržištu elektronskih poštanskih servisa:

- Veći kvalitet
- Veći asortiman usluga
- Povećanje tržišta
- Novi oblici pružanja usluga
- Entuzijazam i želja za upravljanjem
- Mogućnost Benčmarkinga

Nove tehnologije omogućavaju strategiju razvoja odnosa pošta-korisnik, približavanjem servisa i poboljšanjem kvaliteta, što omogućava pošti da se suprostavi konkurenciji. I pored narastajuće konkurencije, Pošta Srpske još uvek ima velike mogućnosti za unapređenje poslovanja.

Uzimajući u obzir činjenicu da u novim tržišnim uslovima, koji podrazumevaju precizno definisanje svakog od učesnika na tržištu poštanskih usluga trebalo bi da se inoviranjem postojećih i uvođenjem novih servisa zauzme položaj koji Poštama Srpske i pripada, a to je mesto nacionalnog lidera i jednog od regionalnih lidera na savremenom tržištu poštanskih usluga.

6.ZAKLJUČAK

Napredak informaciono-komunikacionih tehnologija u proteklom periodu, pokrenuo je nove trendove u obavljanju delatnosti Pošte Srpske omogućujući spektar novih poštanskih usluga koje pošta nudi krajnjim korisnicima. S druge strane, doba digitalizacije u savremenom svetu dovodi do smanjenja broja tradicionalnih pismonosnih usluga.

Mali broj privatnih poštanskih operatera je prepoznao elektronske poštanske usluge kao usluge budućnosti. Međutim, dugi niz godina, globalna konkurencija na poštanskom tržištu za kurirske i paketske usluge kao što su TNT Express i DHL imaju ogromnu bazu potrošača i kao takve dominiraju na tržištu ekspresne i paketske dostave, sa flotom aviona i velikim brojem dostavljača širom sveta.

Pošta Srpske mora da promeni fokus poslovanja i da se skoncentriše na uvođenje novih elektronskih usluga.

Od javnog poštanskog operatora kao lidera na tržištu očekuje se uvođenje najsavremenijih elektronskih poštanskih usluga, kojima će širiti kanale komunikacije i podići kvalitet života građana Republike Srpske.

7.LITERATURA

- [1] <http://www.postesrpske.com>
- [2] <https://euroexpress.ba/>
- [3] <http://www.x-express.ba/>
- [4] <http://www.dhl.ba/bs.html>
- [5] <https://expressone.ba/>
- [6] <http://www.mhs.ba/>
- [7] <http://www.in-time.ba/>
- [8] Nikolić R. (2016) SWOT ANALIZA: ŠTA JE TO I KAKO SE PRIMENJUJE, Univerzitet u Kragujevcu

Kratka biografija:



Suzana Maksimović rođena je 23.05.1992.godine u Šapcu. Godine 2007.upisuje Tehničku školu "Mihajlo Pupin". Odmah posle srednje škole upisuje osnovne akademske studije na Fakultetu tehničkih nauka, Departmana za saobraćaj, smer poštanski saobraćaj i telekomunikacije, koje uspešno završava 2016.godine. Iste godine upisuje master akademske studije na istom fakultetu.

**ПРИМЕНА ПРОПИСА У КЉУЧНИМ ОБЛАСТИМА
БЕЗБЕДНОСТИ САОБРАЋАЈА****TRAFFIC ENFORCEMENT IN THE KEY ROAD SAFETY AREAS**

Небојша Зорић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – САОБРАЋАЈ

Кратак садржај – Саобраћајна принуда представља основни приступ на унепређењу безбедности саобраћаја. У раду је представљена примена прописа у кључним областима безбедности саобраћаја.

Abstract – Traffic enforcement is a basic approach to improving road safety. The paper presents the implementation of traffic enforcement in key areas of traffic safety.

Кључне речи: Безбедност саобраћаја, принуда, кључне области.

1. УВОД

Сваке године у саобраћајним незгодама у свету страда око 1,25 милиона људи. Оне су и даље водећи узрок смрти младих између 15 и 29 година, док трошкови који настају услед тога у просеку износе 3% бруто домаћег производа у земљама у којима се незгоде дешавају. Великом броју саобраћајних незгода претходили су један или више саобраћајних прекршаја. Последњих година доста напора се улаже у одвраћање учесника у саобраћају од чињења саобраћајних прекршаја. Много знања стеченог кроз различите експерименте и пројекте још увек није толико делотворно у мењању понашања учесника у саобраћају, што би свакако смањило број саобраћајних незгода и њихових последица.

Саобраћајни прописи се свакодневно крше. Последица тога су многобројне саобраћајне незгоде. Поенавање и поштовање закона, прописа и норми у области саобраћаја је од есенцијалног значаја за његово нормално и безбедно одвијање. С обзиром на развој саобраћаја, његову динамику и све већу распрострањеност, почињу се јављати многобројни проблеми који се односе на управљање и одржавање тако динамичног и свеобухватног система. Разне анализе су показале да су неприлагођена брзина, вожња под утицајем алкохола и невезивање сигурносног појаса једни од најчешћих фактора који доприносе смртном страдању лица, као и главни фактори ризика на путевима.

У вези са тим, циљ рада је детаљније анализирати и испитати наведене факторе и дати предлоге противмера за њихово спречавање, смањење и санирање.

**2. УЛОГА САОБРАЋАЈНЕ ПРИНУДЕ У
СИСТЕМУ БЕЗБЕДНОСТИ САОБРАЋАЈА**

Рад на побољшању безбедности саобраћаја има шири друштвени значај и представља у крајњој линији побољшање квалитета живота савременог човека (Ross H.L, 1990). Спровођење закона принуде у саобраћају је дефинисано као подручје активности усмерених на превентивну контролу понашања возача (корисника путева) и убедљиве казнене мере у циљу да се обезбеди сигурно и ефикасно одвијање саобраћаја (Lane, 1993). Закон принуде у саобраћају је у свом извештају описао Ротенгејтер (Rottengater, 1990) чије се тумачење састоји из три специфичне компоненте. Прва је законодавство, које је уређено законима и прописима који регулишу ову област и омогућавају корисницима путева безбедну употребу истих. Друга компонента је рад саобраћајне полиције како би се осигурало да се возачи понашају у складу са одређеним законима. Последњи корак су легалне односно прописане санкције према корисницима путева који крше закон. Свака од ове три специфичне компоненте игра важну улогу у одређивању утицаја и степена ефикасности спроведених закона у систему принуде. Поред тога, то су активности повезане с актуелним законима саобраћајне принуде које се сматрају најбитнијим елементом читавог система принуде.

Левсли (1987) наводи да се основни процес спровођења саобраћајне принуде односи на промене у понашању, кроз:

- модификацију понашања као условни одговор на сигнале о присуству полиције,
- промену ставова, тако да се ствара безбедност на путевима законима који су испоштовани као резултат интернационализације правила,
- прихватање "друштвених норми", тако да се ствара безбедност на путевима законима који су ојачани кроз неформалну групну интернационализацију.

Основни принцип одвраћања, као средства социјалне контроле који се односи на спровођење закона у саобраћају је да се понашања људи могу мењати тако што би се они застрашивали консеквенцама почињених прекршаја.

Кажњавања на лицу места су препознатљиве традиционалне методе које се примењују за саобраћајне прекршаје, и приказиване су у многим анкетама где су најчешће примењиване у оквиру концепта потенцијалног смањења ризичних понашања у саобраћају.

НАПОМЕНА:

Ovaj rad je proistekao iz master rada čiji mentor je bio dr Dragan Jovanović, red. prof.

3. МЕТОДЕ САОБРАЋАЈНЕ ПРИНУДЕ

Управљање принудом захтева систем закона, полицијску принуду, казне и јавну едукацију, у идеалном случају све заједно. Полицијска принуда је интегрални део једног таквог система. Чак и када се успоставе јасна правила кроз законе или инжењерска истраживања и када их већина возача поштује уз малу толеранцију, полицијска принуда је и даље неопходна за обезбеђење поштовања правила од стране малог броја возача који ће их поштовати само ако примете неку основану претњу од откривања и кажњавања због непрописног понашања. Анализа метода за принуду углавном је еквивалент испитивању утицаја полицијске принуде. У полицијској принуди обично се усваја један од два приступа. Први приступ односи се на примену традиционалних метода принуде, док други приступ подразумева употребу аутоматских уређаја за откривање прекршаја.

3.1 Традиционални методи

Традиционални методи полицијске принуде обично укључују активности полиције које су повезане са откривањем на лицу места, заустављањем и кажњавањем возача који се у саобраћају понашају супротно прописима. Возачи који начине прекршај откривају се помоћу одређених уређаја или непосредним опажањем, заустављају се и потом кажњавају, зависно од тежине прекршаја. Традиционалне методе имају предност у томе што се возачи одмах непосредно заустављају од стране полицајаца и одмах им се изричу казне. Међутим, тешко је са ограниченим полицијским ресурсима обезбедити довољан ниво непрекидне и распрострањене принуде. Према томе, традиционалне методе се углавном фокусирају на најозбиљније прекршаје и примењују се углавном на високо ризичним локацијама. Развој стратегија намењених повећању ефикасности и ефективности традиционалних метода полицијске принуде у саобраћају довео је до употребе читавог низа различитих могућности употребе полицијских возила. Циљ ових стратегија је повећање потенцијалног ефекта застрашивања које полицијска возила имају на понашање учесника у саобраћају. Уобичајене опције су употреба обележених (видљивих) или необележених (неприметних) полицијских возила и употреба стационарних или покретних возила. Свака од ових опција предвиђена је за максимизирање застрашивања, међутим, показало се да су начини на које се то постиже и ефекти на понашање учесника у саобраћају значајно различити. Физички присуство полиције на путевима има позитиван ефекат на застрашивање учесника у саобраћају. Директна конфронтација полицајаца и прекршилаца побољшава едукативни ефекат и омогућава праведно третирање прекршилаца, имајући у виду посебност саобраћајне ситуације.

Контролу саобраћаја полиција остварује применом прописаних овлашћења за примену принуде укључујући прописане законе и наредбе по којима је обавезно поступање учесника у саобраћају. Ово указује на чињеницу да су овлашћења за непосредну контролу саобраћаја својствена полицији па самим тим и принуда закона. Теоријски посматрано, адекватном полицијском контролом саобраћаја може се

постигнути прилично велико смањење броја саобраћајних незгода, уколико се принудом закона постигне потпуно поштовање истих. У функционалном смислу, полицијска принуда у контроли саобраћаја операционализује се доследном и потпуном применом Закона о безбедности саобраћаја на путевима и других закона који уоквирују безбедност саобраћаја. Сврха принуде је "приморавање" учесника у саобраћају да поштују прописана правила и обавезе. Практично се манифестује спречавањем и санкционисањем саобраћајних прекршаја којима се изазива опасност за учеснике у саобраћају. Обезбеђење потпуног поштовања Закона о безбедности саобраћаја теоретска је поставка. Међутим, на путевима са израженим непоштовањем Закона о безбедности саобраћаја, повећаним ангажовањем полицијских ресурса, стручно опредељеном и прихваћеном тактиком и методиком контроле саобраћаја, може се значајно повећати ниво поштовања саобраћајних прописа. Позитиван утицај на учеснике у саобраћају у погледу поштовања саобраћајних правила и обавеза, битан је предуслов ефикасне превенције и редукције саобраћајних незгода. Полицијском принудом подржаном применом технологија за аутоматско снимање одређених прекршаја и ефикаснијим превентивно-васпитним утицајем казне на учеснике у саобраћају, могуће је остварити висок ниво поштовања Закона о безбедности саобраћаја, чиме се остварује битна претпоставка за смањење броја саобраћајних незгода и тежине насталих последица.

3.2 Системи аутоматске принуде

Да би се повећала вероватноћа откривања прекршаја традиционални методи се све више допуњују аутоматским методама. Разне технологије се користе у аутоматској принуди. Међу њима су радар, видео технологија, ласери, петље, пиезоелектрични каблови и многе друге. Аутоматска принуда ограничења брзине подразумева технички уређај за снимање који се аутоматски активира приликом прекршаја тако да информације о возилу које је направило прекршај буду снимљене. Аутоматски методи подразумевају употребу стационарне опреме као и мобилних уређаја који се користе уз помоћ полицијских патролних возила. Стационарни уређаји укључују безбедносне камере које снимају (филм или дигиталну) слику возила или са предње или са задње стране, у зависности која врста доказа је потребна за прекршајни процес. У системима са контролом деонице, употребљавају се две камере. Ови системи мере просечну брзину над одређеном удаљеношћу, што је правичније него да се брзина мери у само једном моменту. Мобилним уређајима, с друге стране, може се управљати из полицијског возила и они могу бити коришћени на различитим локацијама у складу са потребама. Видео уређаји који су инсталирани у полицијским возилима се такође могу користити за снимање брзине жељеног возила. Овај тип технологије се све више користи у земљама Европске Уније. Он је међутим скуп и временски захтеван, што ограничава његову широку употребу. Присутан је јасан тренд ка употреби напредних аутоматских уређаја који су у стању да региструју више саобраћајних прекршилаца и прекршаја истовремено. Као пример може се поме-

нути последња генерација камера за прекорачења брзине које су произведене и стављене у употребу у Швајцарској од 2010. године (ЕТСЦ, 2011), које могу истовремено да прате брзину 22 аутомобила у четири траке, а не само уобичајене две траке. Ове камере такође могу да открију још девет других прекршаја у вожњи. Ту спадају возачи који возе на малом размаку од претходног возила или се крећу аутобуским или бициклистичким тракама, они који не поштују првенство пролаза пешака или саобраћаја са десне стране, возачи који претичу на опасним местима, који се не заустављају испред знака стоп или који обављају недозвољена скретања. Поменути уређаји су опремљени најновијом радарском технологијом за праћење која омогућава прецизно позиционирање сваког возила и праћење његовог кретања. Регистровани прекршаји се електронски обрађују и обавештење о прекршају се упућује власнику возила. Ако у националном закону није успостављена одговорност власника возила плаћање новчане казне је значајно угрожено. Како би се омогућила интензивнија принуда, односно обрада великог броја новчаних казни у кратком временском периоду, неке земље су развиле аутоматске процесе обраде новчаних казни са минималним људским интервенцијама. Али ниједан систем није савршен и неопходна су непрекидна побољшања у свим фазама процеса аутоматске принуде.

3.3 Технологије принуде у возилима

Технологије принуде у возилима су помоћни системи чија је намена побољшање или постизање поштовања саобраћајних закона од стране возача. Неке од њих се могу описати као интелигентни транспортни системи (ИТС) технологије базиране у возилима и предвиђене за побољшање пажње возача или њихове свести о окружењу возила, чиме се смањује број саобраћајних незгода на путевима. ИТС обухватају, између осталих, интелигентну адаптацију брзине (ИСА), системе за упозоравање на размак међу возилима, подсетнике на употребу сигурносног појаса, упозорење на контакт са задњим делом возила и адаптивну контролу крстарења (АЦЦ).

Сваки од ових система решава једно или више ризичних понашања или непоштовања саобраћајног закона. Већина технологија принуде у возилима се може сврстати у нормативни приступ принуди. Оне подстичу возаче на неризична понашања у саобраћају на путевима, пружајући савете и помоћ. Због тога би термин помоћни системи можда био погоднији за њих.

Неки од њих, међутим, могу да имају обавезујући карактер и да се сврставају у технологије принуде. Технолошки развој показује да долази до промене у филозофском приступу прекршиоцима, од наметања до помоћи.

Европска комисија већ дуго утиче на увођење различитих технологија у возила од стране произвођача возила. Тренд је био постепени приступ, прво обавезно увођење ових система у возила за професионални транспорт, а затим у преостали возни парк (ЕТСЦ, 2011).

4. ПРИМЕНА ПРОПИСА

У односу на друге важне проблеме с којима се полиција суочава, безбедност у саобраћају обично није на врху приоритета. У поређењу са трудом и средствима уложеним у друге аспекте развоја и рада саобраћајног система, мало средстава се улаже у спровођење саобраћајних закона и прописа. Намењена средства не користе се увек оптимално. Многа сазнања и информације добијене из вишегодишњих експеримената и пројеката нису искоришћени у примењивим стратегијама које би промениле понашање учесника у саобраћају, смањиле ризик од саобраћајних незгода и тежину повреда.

Опсег активности спровођења саобраћајних закона и прописа обухвата и друге значајне прекршаје, поред прекорачења брзине, вожње под утицајем алкохола и невезивања сигурносног појаса – прекршаја на чијем се сузбијању највише радило последњих година, иако уз ограничена средства. Спровођење закона није самостална активност. Постоје многи докази да је много ефикасније ако уз њу иде и пакет других мера, попут информативних кампања и техничких мера.

Главни циљ спровођења саобраћајних закона је повећање свести учесника у саобраћају о ризицима који постоје уколико буду ухваћени, а не што већи број издатих саобраћајних казни. Међутим, то не изгледа увек тако. Многе активности и даље су углавном усмерене на хватање починилаца саобраћајних прекршаја. Полицијске активности требало би да одврате возаче који су склони прекршајима од чињења истих. Доследне стратегије сузбијања могу довести до промена понашања учесника у саобраћају и, због тога, и промена става учесника према том понашању. Став учесника важан је за њихове намере да почине саобраћајне прекршаје, па промена у ставу може значајно утицати на ефективност спровођења закона.

Полицијска контрола само је део процеса спровођења и примене закона. Законодавство одређује шта се и како може контролисати. У том делу треба још много тога променити у Европи. Такође, многе земље још увек нису увеле савремене технике за аутоматску контролу прекорачења брзине, док су у неким оне прихваћене али уз велика ограничења. Очигледно се може доста напредовати у овим областима

Други кључни део напретка су корективне мере које се спроводе након откривања возача у прекршају. Поставља се питање да ли је погодно водити кривични поступак уколико су саобраћајни прекршаји почињени на масовном нивоу што води до неизбежне гужве у судском поступку. Док већина учесника у саобраћају врши прекршаје с времена на време, све је више доказа да постоје велике индивидуалне разлике у склоности ка чињењу прекршаја, и да су они који често врше прекршаје чешће учесници у саобраћајним незгодама (Parker, Reason, Manstead & Stradling, 1995). Систем казних поена ефективнији је начин сузбијања саобраћајних прекршаја од новчаних казни које се најчешће користе. У случајевима попут возача који су зависни од алкохола, учинковитије су алтернативне мере, попут обавезе уласка у програм одвикавања, одласка на терапије, или уградње браве за аутоматско закључавање волана при детекцији алкохола.

Прекорачење брзине, вожња под утицајем алкохола, невезивање сигурносног појаса, главни су фактори који доприносе настанку саобраћајних незгода и повреда. За сваки од ових прекшаја наведена је одговарајућа стратегија спровођења закона.

Да би се ефекти контроле побољшали, потребне су следеће пратеће мере:

- возачи морају бити информисани на локалном нивоу о активностима полиције (учесталости и стопи откривања прекршилаца) и степену поштовања прописа.
- треба спроводити кампање усмерене на промену става учесника у саобраћају и показати да је безбедност главни разлог за дати пропис. Треба, такође, комбиновати обавештавање јавности путем медија и појачане контроле.
- увести стратегије за превенцију конзумирања алкохола, попут промовисања ставова против уживања великих количина алкохола.
- обавештавати јавност о безбедности саобраћаја и могућим контролама.
- дати полицајцима повратне информације о циљевима и ефикасности контролних активности.

Позитиван утицај комбиновања обавештавања путем медија, што повећава учесталост вести о вожњи под утицајем алкохола, и појачаним полицијским активностима (утрошено време полицајаца, обуке, опрема и контролна места), што повећава степен контроле, доказан је помоћу експеримената (Holder, Voas, and Gruenwald, 1997). Ова комбинација доводи до веће свести о ризику од хапшења због вожње под утицајем алкохола, смањења самопријављених случајева вожње под утицајем алкохола, и значајног смањења броја саобраћајних незгода.

Ефективно спровођење прописа о вожњи под утицајем алкохола треба да, пре свега, буде усмерено на повећање свести возача о ризику од санкција. Пратеће мере потребне су да би се смањила друштвена прихватљивост вожње под утицајем алкохола и променио став грађана. У државама северне Европе ово је углавном постигнуто и сада су полицијске активности усмерене на одржавање тог стања. У неколико земаља јужне Европе конзумирање алкохола још увек је део свакодневног друштвеног живота. Због тога је потребно започети процес друштвених промена да би грађани схватили да конзумирање алкохола и вожња морају бити стриктно одвојени.

5. ЗАКЉУЧАК

Смањење броја саобраћајних незгода и њихових последица подразумева спровођење мера које се заснивају на едукацији, инжењерству и примени закона. Показало се да едукација и инжењерство имају важну улогу у процесу формирања и модификације понашања учесника у саобраћају. Међутим, да би њихов ефекат био потпун неопходна је подршка путем спровођења саобраћајне принуде. Саобраћајна принуда може бити ефикасан начин за промену понашања учесника у саобраћају и смањење броја саобраћајних незгода.

Успешност саобраћајне принуде пре свега зависи од њене способности да створи значајну обесхрабрујућу претњу за учеснике у саобраћају. Истраживања су генерално показала да треба комбиновати различите облике принуде (видљиву и скривену, стационарну и мобилну, конвенционалну и аутоматску) како би се постигли пуни ефекти застрашивања.

Тakoђе, повећање интензитета принуде, тј. ризика да возачи буду кажњени се показала делотворнијом од увођења строжијих казни. Важно је и путем медија указати на активности саобраћајне принуде које се спроводе и да су оне у корист безбедности свих учесника у саобраћају. Показало се да оваква подршка, путем публициитета, представља ефикасан начин за олакшавање процеса застрашивања путем повећања опаженог ризика од казне.

Саобраћајна принуда представља битан елемент система безбедности саобраћаја који остварује утицај на безбедније понашање возача и правилније формирање ставова према безбедности саобраћаја. Да би примена принуде била ефикасна мора постојати одговарајућа подршка закона, регулативе, осетљивог система кажњавања и употребе публициитета.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Baruya, B., 1998. Speed-accident relationships on European roads. In: Proceedings of the Conference 'Road safety in Europe', Bergisch Gladbach, Germany, September 21–23, 1998, VTI Konferens No. 10A, Part 10, pp.1–17.
- [2] Begg, D.J., Langley, D.J., 2000. Seat-belt use and related behavior among young adults. *Journal of Safety Research* 31, 211–220.
- [3] Croft, P.G., 1993. Speed Management in New South Wales. In: Fildes, B.N., Lee, S.J. (Eds.) *The Speed Review: Appendix of speed workshop papers*. Monash University Accident Research Centre, Clayton, Victoria.
- [4] De Pelsmacker, P., Janssens, W., 2007. The effect of norms, attitudes and habits on speeding behavior: scale development and model building and estimation. *Accident Analysis and Prevention* 39, 6–15.
- [5] Makinen, T., Wittink, R.D., Hagenzieker, M.P., 1991. The use of seat belts and contributing factors: an international comparison. Report no. R-91-30. SWOV Institute for Road Safety Research, Leidschendam, Netherlands, p.57.
- [6] Montgomery, D.C., Runger, G.C., 1994. *Applied Probability and Statistics for Engineers*. Wiley, New York.
- [7] Newstead, S., Cameron, M., 2003. Evaluation of the Crash Effects of the Queensland Speed Camera Program. Report 204. Monash University Accident Research Centre, Melbourne.

Кратка биографија:

Небојша Зорић рођен је у Книну 1988. год. Дипломски-мастер рад на Факултету техничких наука из области Саобраћај – Друмски саобраћај одбранио је 2017. год.

**PRIMENA RFID TEHNOLOGIJA ZA PRAĆENJE ROBE UNUTAR KOMPANIJE
„DELPHI PACKARD“****RFID TECHNOLOGY APPLICATION FOR TRACKING „DELPHI PACKARD“
COMPANY GOODS**

Violeta Velemir, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MEHATRONIKA

Kratak sadržaj – U ovom radu je opisano idejno rešenje za izradu sistema za kontrolu, nadzor i praćenje robe na bazi RFID (Radio Frequency Identification) tehnologije, kao i realizaciju odgovarajuće aplikacije za unos i praćenje podataka. RFID sistem se sastoji iz hardverskog i softverskog dela. Praćenje se vrši uz pomoć antena i čitača koji očitavaju tagove na paletama, a potom ih šalju do personalnog računara na kojem je instalirana aplikacija „RFID tracking“. Preko aplikacije korisnik rukuje materijalom i informacijama vezanim za njih. Mogućnost praćenja materijala od momenta kad je pristigao u skladište, preko korišćenja u samoj proizvodnji, do izlaznog skladišta ili škarta, olakšava kompaniji bolji uvid u potrošnju zaliha, kao i vremenski tok materijala. Samim tim je moguće delovati na probleme, vezane za predugo zadržavanje ili zloupotrebu materijala, ukoliko oni postoje.

Ključne reči: RFID sistem, RFID tehnologija, upravljanje skladištem

Abstract – This project presents a proposed solution of control and monitoring goods based on RFID (Radio Frequency Identification) technology and the implementation of appropriate application for data entry and monitoring. RFID system consists of hardware components and software PC application. Goods tracking is done using antennas and readers sending tags' information from palets to PC application „RFID tracking“. The user can use the application to handle the material and information related to them. The material monitoring ability from the moment it arrives at the warehouse makes it easier for the company to inspect the inventory and material flow. Therefore, it is possible to work on problems related to the long-term containment and abuse of materials, if any exist.

Keywords: RFID system, RFID technology, Warehouse monitoring

1. UVOD

Svaka velika kompanija teži da izbegne probleme vezane za robu koja pristiže i koja se koristi kao repromaterijal. Zalihe su sve „rezerve“ koje kompanija treba da ima radi premošćavanja mogućih problema u poslovanju. S obzirom na sve opasnosti do kojih može doći unutar kompanije, neophodno je uspostaviti adekvatan sistem kontrole i praćenja proizvoda kroz lanac snabdevanja, od momenta pristizanja robe u fabriku, preko proizvodnje do potrošača.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Gordana Ostojić, red.prof.

U okviru ovog master rada predstavljen je rešenje za izradu sistema za kontrolu, nadzor i praćenje robe na bazi RFID (eng. Radio Frequency Identification) tehnologije, kao i realizaciju odgovarajuće aplikacije za unos i praćenje podataka. Kako bi se povećala kontrola ulaska i izlaska iz proizvodnog pogona, zadatak je i realizovati sistem za video nadzor tačke ulaska.

2. UPRAVLJANJE PRISTUPOM

Upravljanje pristupom predstavlja način ograničavanja pristupa sistema fizičkih ili virtualnih resursa. Mehanizmi za upravljanje pristupom mogu se koristiti za:

1. Fizičke resurse (pristup nekom objektu),
2. Logičke resurse (pristup bankovnim računima),
3. Digitalne resurse (tekstualni dokument na računaru).

Faktori koji se najčešće uzimaju u obzir pri odabiru sistema za kontrolu pristupa su: brzina čitanja, brzina obrade podataka, jednostavnost uvođenja, pouzdanost sistema i cena sistema.

Vrste sistema za upravljanje pristupom su:

1. Biometrijski sistemi
2. Sistemi zasnovani na proveru podataka koji su poznati korisniku
3. Sistemi zasnovani na proveru podataka sa objekta koji korisnik poseduje

3. VIDEO NADZOR

Video nadzor predstavlja posmatranje aktivnosti različitih objekata na diskretan način koji se obavlja pomoću video kamera.

Video nadzor može biti baziran na analognoj i digitalnoj tehnologiji. Prednosti i mane analognog i digitalnog sistema za video nadzor su:

•Analogni ili CCTV video nadzor

1. Jednostavan za korišćenje,
2. Menjanje kasete i premotavanje znači obavezno prisustvo ljudskog faktora,
3. Kvalitet slike je lošiji nego kod digitalnog video nadzora,
4. Kasete se vremenom troše,
5. Emitovanje video sadržaja u realnom vremenu je složenije nego kod digitalnog video nadzora,
6. Potrebno je mnogo prostora za skladištenje podataka,
7. Pretraga i pregled video sadržaja su veoma komplikovani.

•Digitalni sistemi video nadzora

1. Nadzor se može vršiti sa velikim brojem kamera,

2. Nema gubitka u kvalitetu snimka tokom vremena ili višestrukog gledanja,
3. Digitalna slika je kvalitetnija od analogne,
4. Snimak je visoko kompresovan zbog lakšeg skladištenja,
5. Digitalni snimak se može enkriptovati zbog sigurnosti podataka,
6. Koriste se standardne IP video kompresije,
7. IP kamere se mogu dodavati pojedinačno ili u grupama u zavisnosti od potreba.

Komponente i elementi video sistema su:

1. IP kamera - kombinacija kamere i računara
2. Video server - omogućava kretanje sistemom mrežnog videa bez odbacivanja postojeće analogne opreme.
3. Softver za upravljanje videom - softver koji se odvija na Windows ili Unix/Linux server obezbeđuje osnovne funkcije: monitoringa, analize, snimanja i upravljanja videom.

4. RFID TEHNOLOGIJA

RFID je tehnologija koja omogućava radio uređaju povezanom za određeni predmet da ima zabeležen identitet tog predmeta.

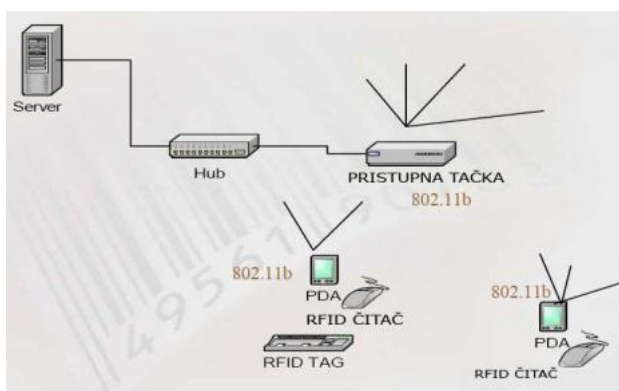
RFID (eng. Radio Frequency Identification) se koristi u sistemima za automatsko prikupljanje podataka koji omogućavaju da se bežičnim putem prihvate i prenose podaci. Upotrebom radio talasa, podaci se prihvataju i premeštaju bežičnim putem od i do odgovarajuće poslovne aktivnosti u realnom vremenu.

U širem smislu, u RFID sisteme spadaju svi sistemi koji koriste radio talase za prikupljanje informacija, za identifikaciju objekata ili osoba, dok se u užem smislu pod RFID sistemom smatra sistem koji se sastoji od RFID čitača, antene, sistema za obradu podataka, i RFID tagova (elektronskih etiketa) koji su nosioci informacija za identifikaciju [1].

4.1. Karakteristike RFID uređaja i njegove komponente

RFID sistem se sastoji od tri osnovne komponente: antene, transivera (prijemnik i predajnik sa dekodrom) i transpondera (RF tag), ali se uglavnom poistovećuje sa jednim elementom ovog sistema, a to je tag.

Osim ovih osnovnih komponenti, u RFID sistemu mogu da postoje i razni dodatni senzori i aktuatori [2] (Slika 1).



Slika 1. RFID sistem

4.2. Princip rada

Čitač šalje signal na antenu u periodu od 50 ms. Tada se generiše magnetno polje koje prihvata antena u tagu. Antena je podešena na istu frekvenciju kao i čitač. Primljena energija se smešta u mikro kondenzator u tagu. Kada se završi slanje signala, tag istog trenutka transmituje podatke koji se nalaze smešteni u mikroprocesoru i memoriji taga. Ovi podaci se prihvataju na anteni čitača i dekodiraju se. Kada se pošalju svi podaci, kondenzator se prazni i resetuje da bi se tag pripremio za sledeći ciklus očitavanja. Znači, srce sistema je tag (primo-predajnik ili transponder) koji se stavlja na, ili ugrađuje u objekat. RFID čitač šalje radio frekventni signal ka tagu, a tag šalje ka čitaču povratni radio signal sa smeštenim, ili upisanim podacima. Sistem u osnovi radi sa dve separatne antene, jednom u čitaču, a drugom u tagu [3].

4.3. Opis komponentata RFID sistema

Kao što je već spomenuto u poglavlju 4.1, osnovne komponente RFID sistema su tag, čitač (integrator), antena, upravljački sistem i komunikaciona infrastruktura koja povezuje ostale komponente, kao i dodatne komponente poput senzora i aktuatora.

Tag (transponder) - Osnovne komponente transpondera su mikročip i antena, zaliveni u kućište otporno na uticaj okoline. Reč transponder izvedena je od termina *transmitter/responder*, prema funkciji tog uređaja koji na transmisiju čitača odgovara (respond) podatkom.

Čitač - Njegov zadatak je komunikacija s transponderima i prenos podataka dalje, obično do računara. RFID čitači se prilično razlikuju po kompleksnosti, što zavisi od tipa transpondera sa kojima radi i od funkcija koje mora da obavi. Drugačije se nazivaju transceiver (izvedeno od transmitter/receiver).

Antena - Komuniciranje između čitača i taga se ostvaruje preko antene čitača. Ova komponenta je fizički spojena sa čitačem pomoću kabla, preko jednog antenskog porta. Čitač ima četiri antenska porta.

Kontroler - Kontroler RFID-a je komponenta koja dozvoljava eksternom entitetu da komunicira sa čitačem i da upravlja njegovim ponašanjem, zajedno sa senzorima, indikatorima i aktuatorima, koji su spojeni sa čitačem.

Senzori, aktuatori, signalni uređaji - Senzori su uređaji koji su priključeni za čitač kako bi detektovali događaj nakon čega je potrebno uključivati/isključivati RFID čitač (u zavisnosti od potreba ili spoljašnjih uticaja koje senzor detektuje). Aktuator predstavlja uređaj pomoću kojeg se kontrolišu pokreti objekata. Signalni uređaji ili indikatori predstavljaju elektronske uređaje, koji imaju ulogu uključivanja zvučnog alarmiranja, svetlećih štapova i slično. Indikatori i aktuatori takođe se mogu koristiti kao uređaji koji obezbeđuju neku vrstu lokalnih izlaza RFID sistema.

5. UPRAVLJANJE PRISTUPOM I PRAĆENJE ROBE UNUTAR KOMPANIJE

RFID je tehnologija koja koristi radio talase za automatsku identifikaciju objekata. Ova tehnologija je zastupljena najviše u logistici, lancima snabdevanja, kontroli pristupa, naplatnim sistemima, održavanju i bezbednosti, kao i u raznim segmentima industrije i poljoprivrede. RFID rešenje u magacinskom poslovanju se bazira na obeležavanju transportnih jedinica (najčešće paleta) prilikom prijema robe -

na ulazu u skladište, i očitavanju tih oznaka u toku komisioniranja i pri izlazu iz skladišta. Na taj način se obezbeđuje kontrola ulaza, manipulacije i izlaza robe iz skladišta.

5.1. Idejno rešenje praćenja robe unutar kompanije

Predlog RFID sistema koji bi se koristio u svrhu praćenja se sastoji iz nekoliko osnovnih komponenata. To su video kamere na ulazu i izlazu iz fabrike, hardver RFID sistema i softver – aplikacija za prikupljanje podataka o tagovima. Glavni zahtev koji je postavljen ispred sistema je jasna indikacija o lokaciji i stanju materijala unutar proizvodnog sistema.

Kako bi ovaj zahtev bio ispunjen, neophodno je projektovati jednostavnu aplikaciju za računar koja ima ulogu praćenja materijala unutar celog sistema. Sve podatke koji su upisani u tag-u je neophodno skladištiti u određenu bazu podataka, kako bi ti podaci bili dostupni u svakom momentu.

Aplikacijom bi trebalo obezbediti određenu fleksibilnost sistema zbog mogućnosti izmene određenih podataka o proizvodu, kao i brisanje istih iz baze podataka.

Hardver RFID sistema sastoji se iz: RFID čitača, odnosno antena koji obezbeđuju čitanje i/ili pisanje podataka sa tagova, centralnog računara koji je povezan sa čitačem fizičkom vezom putem kabla, i tagova koji su postavljeni na paletama/kutijama koje pristižu u skladišta. Softver, zajedno sa personalnim računarom, predstavlja najvažniji deo RFID sistema, a sastoji se iz aplikacije za prikupljanje podataka o tagovima.

Nakon što kamion sa robom prođe proveru na ulaznoj kapiji, preko video nadzora se prati njegovo kretanje do skladišta ulaznog materijala. RFID jedinice za čitanje i pisanje su povezane sa računarom koji je postavljen unutar dela za kontrolu materijala. Tagovi koji se očitavaju se nalaze sa jedne strane palete/kutije i pri ulazu u određeni prostor skladišta, materijal prolazi pored antena koje su pozicionirane na ulazu/izlazu iz skladišta. Čitač automatski preuzima podatke i šalje ih do računara.

Tehnička izvedba ideje – Hardver

Antene su postavljene na 4 punkta u proizvodnom sistemu. Očitavanjem tagova na kutiji ili paleti, RFID aplikacija pokazuje odgovarajuću lokaciju i količinu artikala dodeljenih prema vrsti. Tagovi koji se nalaze na kutijama i/ili paletama su u većini slučajeva trakasti, u vidu nalepnice. Oblik, veličina i sam izgled je definisan od strane dobavljača, u skladu sa „Delphi“ standardima i mogućnostima. Personalni računar predstavlja takođe neizostavni deo ovog sistema pomoću kojeg se upravlja softverom. Podaci koji pristižu do računara šalje čitač direktnom vezom, koji je povezan sa antenama putem WLAN mreže. U proizvodnom pogonu postoje dva ovakva računara, po jedan u ulaznom i izlaznom skladištu, na kojima je instalirana aplikacija „RFID Tracking“.

5.1.1. Potrebna hardverska oprema za realizaciju idejnog rešenja

Za realizaciju idejnog rešenja potrebna je oprema koja obezbeđuje u isto vreme pouzdanost, kvalitet i ekonomičnost.

RFID čitač koji je izabran za primenu je čitač koji sadrži 4 porta i predviđen je za unutrašnju i spoljašnju upotrebu. *Thingmagic Mercury6 UHF RFID Reader (4 port) WiFi:*



Slika 2. RFID čitač i antena

MTI MT-242025 Antenna – Cirkularno polarizovana antena koja je dizajnirana kako za spoljašnju tako i za unutrašnju upotrebu (Slika 2).

RFMAX antenna cable – Ovaj kabl je dizajniran da podrži određene aplikacije. Svi kablovi sadrže jedan RP-TNC muški konektor. Neophodno je obezbediti fizičku vezu između čitača i PC računara preko kojeg operater upravlja aplikacijom i to je omogućeno mrežnim kablom – Ethernet Cable (Slika 3).



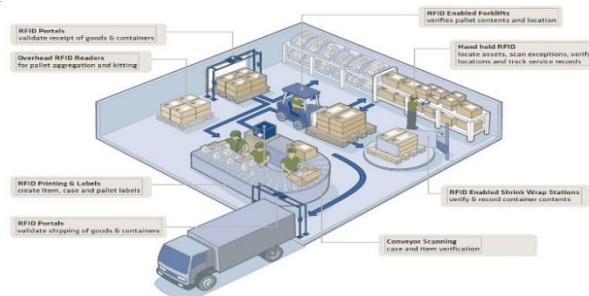
Slika 3. Kablovi i računari izabrani za projekat

Ovo je osnovna oprema za jednostavan RFID sistem, a približne cene opreme su prikazane u tabeli (Slika 4).

Project: RFID system									
Date: 15-Apr-13									
Operation #	Machine Name	Name	# New Machines	# Existing Machines	Total Machine Quantity	Equipment Investment (€ per machine)	Total Investment		
#1	MS Reader Unit	THINGMAGIC M6	2	0	2	1,210	€	2,420	
#2	FCC Far Field Antenna	MTI MT-242025TRNA	8	0	8	170	€	1,360	
#3	Antenna Cable	RFMAX ANT BRIA CABLE	8	0	8	48	€	384	
#4	USB Console Cable		4	0	4	11	€	44	
#5	Ethernet Cable	RL45 CAT 6	4	0	4	13	€	52	
#6	DOBH19PT Connector		8	0	8	7	€	56	
#7	DOBH19M Connector		8	0	8	7	€	56	
#8	AC Power Adapter	THINGMAGIC M6 Power Supply	2	0	2	41	€	82	
#9	RFID Installation		1	0	1	200	€	200	
#10	PC Desktop	Imapion Desktop	2	0	2	470	€	940	
#11	PC Monitor	Dell Ultra Sharp 24 Infnity Edge Monitor	2	0	2	211	€	422	
#12	PC Mouse	Dell Mouse 10400	2	0	2	17	€	34	
#13	PC Keyboard	Dell Multimedia Keyboard KB216	2	0	2	17	€	34	
#14	Video system		2	0	2	300	€	600	
#15	Video system installation		1	0	1	100	€	100	
#16	Software	RFID Tracking App	1	0	1	2,200	€	2,200	
#17	Software installation		1	0	1	150	€	150	
							€ 5,172	€	5,172

Slika 4. Oprema potrebna za RFID sistem u kompaniji

Ukupna investicija za opremu, koja bi pokrivala 4 tačke u proizvodnji, bi bila oko 6000 €, dok bi cena implemetacije ovog sistema zavisila od izvođačke firme, a varira od 80 do 200 € (grubo 6200 €). Primer izgleda i funkcionisanja ovakvog sistema, koji je primenljiv u Delphi kompaniji, je prikazan na slici 5.



Slika 5. Izgled skladišta

Pored RFID sistema, ukupna cena i instalacija video nadzora na dve kapije kompanije bi bila oko 700 €.

Za softver, jednostavnu aplikaciju „RFID tracking“ bi bilo neophodno izdvojiti izmedju 20 i 50 sati rada u zavisnosti

od zahteva kompanije. Cena koštanja ovakve aplikacije bi bila oko 2200 €, a sama instalacija softvera u firmi oko 200 €.

5.2. Razvoj aplikacije

Za pravilan rad RFID sistema je neophodna aplikacija pomoću koje se zadaju odgovarajuće komande potrebne za ispunjavanje određenog cilja. Za ovu svrhu je projektovana softverska aplikacija pisana u programskom jeziku C#. Razvijena je jednostavna aplikacija „RFID Tracking“ uz pomoć programskog jezika Microsoft Visual C# i baze podataka SQLite3, čiji cilj je da se prikaže kontrola pristupa i praćenje robe unutar kompanije.

Razvijenu aplikaciju koristi operater u magacinu. Da bi se aplikacija pokrenula, prilikom testiranja, neophodno je da čitač bude povezan sa PC računarom preko USB kabela i da korisnik ima pristup internetu. Ovo je zbog toga što se aplikacija povezuje putem interneta na server kompanije, odakle samo određene osobe mogu da pristupe ovoj aplikaciji i bazi podataka kako bi vodili i pratili evidenciju o svim proizvodima kao i podatke o njima, bitne za kompaniju. Glavni prozor aplikacije je prikazan na slici 6:



Slika 6. Izgled interfejsa aplikacije

Ukoliko korisnik izabere prvu aktivnost na aplikaciji – unos podataka, potrebno je da izabere opciju „Pročitaj UID“ kako bi se otvorila mogućnost unošenja/čitavanja podataka o proizvodu. Korisnik treba ručno da unese podatke o proizvodu koji je pristigao, kao što su: naziv – PN (eng. Part number), količina i opis, a iz padajućeg menija da izabere lokaciju i memu jedinicu proizvoda. Nakon unosa traženih podataka, korisnik čuva podatke u bazu. Korisnik ima mogućnost da štampa izveštaj o proizvodu, tako što će izabrati opciju „Štampanje izveštaja“ i učitati UID sa kartice, odnosno trake. Kada je brisanje podataka u pitanju, korisnik nakon učitano g proizvoda ima opciju da izabere lokaciju sa koje želi da obriše podatke.

5.3. Prednosti i mane predstavljenog rešenja

Prva prednost je što se podaci mogu uneti pre nego što roba pristigne fizički u skladište. Dobavljači mogu poslati listu UID-a i robe pre nego što je pošalju, pa se prilikom prijema robe samo izvrši provera na osnovu već unetih podataka. Pored relativno niske cene u odnosu na slične proizvode na tržištu, prednost je i fleksibilnost sistema. Upotrebom razvijenih aplikacija za upravljanje pristupom, praćenje i unos u bazu podataka, moguće je konstantno menjati postojeće podatke i dodavati nove.

Informacije o materijalima i proizvodu, kao što su trenutna lokacija, količina i tačno vreme unošenja podataka, su dostupne korisniku u svakom trenutku putem aplikacije.

Mana ovog rešenja se nalazi u neophodnom pristupu interneta i servera. U slučaju prekida internet konekcije, ovo rešenje postaje beskorisno i može doći do zastoja u magacinu, što predstavlja ogroman problem u velikim kompanijama.

Ručno unošenje podataka kao što je ime samog proizvoda takođe predstavlja veliki nedostatak aplikacije, i veliki gubitak vremena.

6. ZAKLJUČAK

U cilju lakšeg i boljeg razumevanja idejnog rešenja sistema za praćenje robe unutar kompanije, dat je prikaz različitih tehnologija koji se mogu primeniti. Različiti sistemi za upravljanje pristupom i praćenje objekata su opisani, a izabrana RFID tehnologija je imala prednost na osnovu mnogo razloga, od kojih su najveći ekonomske i tehnološke prirode.

U poglavlju 5 predstavljena je cena koštanja implementacije idejnog rešenja. Kako bi se pokazala finansijska opravdanost ovog rešenja i benefit koji ono donosi, potrebno je uraditi benefit/cost (BC) analizu. Ova analiza predstavlja odnos potencijalne uštede implementacijom (benefit) izražen u određenoj novčanoj valuti (u ovom radu u izražen je u eurima - €) prema ceni koštanja implementacije datog rešenja, takođe izražen u istoj novčanoj valuti. Ukoliko je ovaj odnos >1 , postoji jasna osnova za implementaciju datog rešenja sa finansijskog aspekta jer će doneti uštedu. S obzirom da je rezultat $BC=1,38>1$, zaključak je da će implementacija predstavljenog rešenja doneti finansijsku uštedu kompaniji već u prvoj godini nakon implementacije. Predstavljena unapređenja su idejna i u budućim radovima bi trebalo da se dublje prouči njihova realizacija i primena, kako bi se utvrdilo da li predstavljaju rešenja za navedene probleme.

7. LITERATURA

- [1] Stevan Stankovski, Dragan Šešlija, Marija Rakić – Skoković, Gordana Ostojić, „Primena RFID tehnologije u automatizaciji“, Centar za automatizaciju i mehatroniku Novi Sad, 2009
- [2] Himanashu Bhatt, Bill Glover „RFID Essentials“, O'Reilly, 2006.
- [3] Slobodan Reljić, Vukotić Milan: "Primena radio-frekventnih sistema za identifikaciju i registraciju u PTT-u", ETAG Sistemi, JP PTT saobraćaja "SRBIJA".

Kratka biografija:



Violeta Velemir rođena je u Novom Sadu 1991. god. Master rad odbranila je na Fakultetu Tehničkih Nauka u Novom Sadu 2018. godine iz oblasti Mehatronika, robotika i automatizacija
kontakt: velemirv@gmail.com

PROBLEM TRGOVAČKOG PUTNIKA: VARIJANTE I PRIMENA TRAVELLING SALESMAN PROBLEM: VARIANTS AND APPLICATION

Marta Josić, *Fakultet Tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast - MATEMATIKA U TEHNICI

Kratak sadržaj - U ovom radu data je formulacija i matematički model problema trgovačkog putnika, kao i neke zanimljive varijacije i praktične primene tog problema. Opisane varijante uključuju: višestruki problem, problem sa vremenskim intervalima, otvoreni problem i on-line problem. U radu je dat pregled ovog interesantnog i kompleksnog problema, koji se veoma često primenjuje u rešavanju mnogih stvarnih problema. Predstavljen je i način rešavanja problema u Excel Solver-u, koji bi se mogao koristiti i u nastavi.

Abstract - This manuscript presents formulation and mathematical model for the traveling salesman problem (TSP), some of its variants, and practical applications. The variants include the multiple TSP, the TSP with time windows, the open TSP, and the online version of the traveling salesman problem. The aim of this paper is to provide an easy introduction to this interesting and complex problem that has a variety of real-world applications covering many industrial problems and operational scenarios. We also present a way of solving the problem using a widely accessible tool Excel Solver with a hope that this example would encourage its use in the classroom.

Ključne reči: - Problem trgovačkog putnika, TSP, vremenski intervali

1. UVOD

Problem trgovačkog putnika (eng. Traveling Salesman Problem (TSP)) asocira na trgovačke putnike, koji su imali zadatak da posete određeni broj klijenata a potom da se vrate u svoju centralu. Trgovački putnik treba da realizuje putovanje sa najmanjim troškom i najkraćim putem. TSP je klasičan problem kombinatorne optimizacije [3].

TSP ima istorijsko poreklo iz devetnaestog veka. Problem koji danas nazivamo Hamiltonovom konturom, nastao je 1859. od irskog matematičara Sir William Rowan Hamilton-a. Proučavanje problema trgovačkog putnika u njegovom uopštenom obliku počelo je oko 1930. Prvi se time bavio austrijski matematičar Karl Menger u formi nalaženja najkraćeg obilaska svih tačaka nekog konačnog skupa sa poznatim udaljenostima između svake dve tačke. On je to nazvao problem glasnika (eng. messenger problem). Menger je kao gost na Harvardu potaknuo interes matematičara za taj problem, pa su se u to vreme njime počeli baviti matematičari u Beču, na Harvardu, Princetonu.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Jovanka Pantović, red. prof.

2. PROBLEM TRGOVAČKOG PUTNIKA

2.1. Formulacija problema

Trgovački putnik treba da obiđe n gradova tako da troškovi puta budu minimalni, da se poseti svaki grad tačno jednom i da se potom vrati u početni grad.

Problem se najčešće reprezentira korišćenjem težinskih grafova, čiji vrhovi predstavljaju gradove, svaka grana put između dva grada, a težine su rastojanja između gradova.

Ovakvom reprezentacijom problem prelazi u nalaženje najkraće Hamiltonove konture u potpunom težinskom grafu sa datom matricom težina C . Grad mora da zadovoljava sledeće osobine:

- (1) Pozitivnost - težine su pozitivne;
- (2) Potpunost - graf je potpun;
- (3) Simetričnost - graf je neusmeren;
- (4) Metričnost - za funkciju težine grafa važe aksiome metrike.

Utvrđivanje da li je graf Hamiltonov, kao i pronalaženje Hamiltonove konture u grafu, odnosno rešavanje TSP, spadaju u kategoriju najtežih algoritamskih zadataka. Svakako je (barem teoretski) pretraživanjem konačnog grafa moguće u konačno mnogo koraka pronaći Hamiltonov ciklus, ali u praksi je podjednako važno i vreme u kojem se to postiže. Znači, potrebni su nam brzi i efikasni algoritmi. Vreme izvršavanja algoritma se meri ukupnim brojem osnovnih operacija potrebnih za njegovo izvršavanje.

TSP spada u NP klasu problema. Štaviše, on spada u posebnu klasu NP problema, u takozvane NP – *potpune* probleme. Ako bi se pokazalo da je neki NP – *potpun* problem polinomijalno rešiv, to bi značilo da pripada klasi P , tj. da je $P = NP$. To je još jedan od razloga za popularnost i važnost problema trgovačkog putnika.

2.2. Varijante TSP

Iako se problem trgovačkog putnika i u osnovnom obliku može primeniti na mnogo različitih realnih problema, često postoji potreba za korigovanjem originalnog problema. Tako se dolazi do različitih varijanti TSP. Neke od njih su sledeće

- U svakom gradu postoji neka vrednost koju trgovački putnik treba da nabavi. Za optimalno rešenje treba da obiđe gradove tako da i pređeni put a i nenabavljene vrednosti budu na minimumu. Kod ovog problema nije neophodno da trgovački putnik poseti sve gradove.

- Rešiti TSP, tako da se svaki grad poseti u zadatom vremenskom intervalu
- Kod ove verzije gradovi nisu ravnopravni: neke gradove treba posetiti pre (posle) drugih. Ovim se modeliraju problemi kada se npr. pri transportu robe neki magacin treba posetiti pre određenih prodavnica.
- Putnik treba da poseti države sa više gradova. Mora da odabere tačno jedan grad iz svake države tako da pređeni put bude minimalan.
- Imamo više trgovačkih putnika i svaki grad treba da poseti jedan od njih. Oni treba da se vrate u polazni grad (to čak ne mora biti isti grad za sve njih). Cilj je minimizacija zbira pređenih puteva. Komplikovaniji je u odnosu na osnovni problem utoliko što se mora odrediti i u koji grad će koji putnik da ide.

2.3. Matematički model za problem trgovačkog putnika

Neka je $G = (V, E, c)$ težinski graf, gde je c_{ij} težina puta između čvorova $i, j \in V$. Neka je x_{ij} promenljiva koja može da ima dve vrednosti:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{ako je } (i, j) \in E \text{ grana na konturi} \\ 0 & \text{inače.} \end{cases}$$

Neka je promenljiva u_i , $i = 1, \dots, n$, redni broj čvora i u posmatranoj Hamiltonovoj konturi.

Matematički model:

Odrediti

$$\min \sum_{(i,j) \in E} c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

tako da važi:

$$\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n x_{ij} = 1 \quad j \in V \quad (2)$$

$$\sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^n x_{ij} = 1 \quad i \in V \quad (3)$$

$$u_i - u_j + n \cdot x_{ij} \leq n - 1 \quad i, j \in V; \quad i \neq j. \quad (4)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad i, j \in \{1, \dots, n\}. \quad (5)$$

Ograničenja (2) i (3) obezbeđuju da se u svaki čvor uđe i izađe samo po jednom. Ograničenje (4) obezbeđuje da se rešenje ne sastoji od većeg broja odvojenih kontura. Da bismo eliminisali odvojene konture koristimo uslov (4):

$$u_i - u_j + n \cdot x_{ij} \leq n - 1 \quad i, j \in N; \quad i \neq j,$$

gde su u_i i u_j čvorovi (gradovi između kojih naš putnik trenutno putuje). Krenimo iz čvora 1 i neka je $u_i = t$, $t = 2, 3, \dots, n$ (grad i je u konturi t -ti po redu). Tada mora biti $u_i - u_j \leq n - 2$. Pošto je $u_i \leq n$ i $u_j \geq 2$ uslov je zadovoljen kada je $x_{ij} = 0$. Za $x_{ij} = 1$ imamo granu u konturi od čvora i u čvor j pa je:

$$u_i - u_j + n \cdot x_{ij} = t - (t - 1) + n \cdot 1 = t - t + 1 + n = n - 1.$$

3. PROBLEM SA VREMENSKIM INTERVALIMA

Problem trgovačkog putnika sa vremenskim intervalima (eng. Traveling Salesman Problem with Time Windows – TSPTW) je jedna od najvažnijih varijanti problema trgovačkog putnika. Ova vrsta problema ima dodatne uslove vezane za vreme. Za svaki grad je određen vremenski interval u kojem se može posetiti. Ova formulacija zahteva uvođenje dodatnih promenljivih i ograničenja [1].

Problem sa vremenskim intervalima se redukuje na problem trgovačkog putnika ako za svaki grad uzmemo vremenski interval $[0, \infty)$.

Neka je $G(V, E, t)$ kompletan težinski graf, gde je $V = \{1, 2, \dots, n\}$ skup vrhova (gradova), 1 je depo – polazna tačka, $E = \{(i, j) | i \neq j, i, j \in V\}$ skup grana, a t funkcija težine – vreme potrebno za put od grada i do grada j . Grad 1 je $n+1$ grad, jer tu treba putnik da se vrati.

Neka je za svaki grad $i \in \{1, \dots, n\}$ dato

a_i – početak posete gradu i ,

b_i – kraj posete gradu i i

$[a_i, b_i]$ – vremenski interval za grad i .

Pored toga, neka je za $i, j \in \{1, \dots, n\}$

t_{ij} – vreme puta (dužina) između i i j ,

t_i – vreme kada kreće iz grada i ,

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{ako je put između } i \text{ i } j \text{ na konturi} \\ 0 & \text{inače} \end{cases}$$

Ukoliko je $t_{ij} = t_{ji}$ imamo *simetrični* (neusmeren graf), a za $t_{ij} \neq t_{ji}$ *asimetrični* (usmeren graf) problem.

Simetrični TSPTW:

Odrediti:

$$\min(t_{n+1} - t_1) \quad (6)$$

uz sledeća ograničenja:

$$t_i - t_1 \geq t_{1i} \quad i = 2, \dots, n \quad (7)$$

$$t_{n+1} - t_i \geq t_{i1} \quad i = 2, \dots, n \quad (8)$$

$$t_{ij} - t_i + t_j \leq M \cdot x_{ij} \quad (9)$$

$$t_{ij} - t_j + t_i \leq M \cdot (1 - x_{ij}) \quad (10)$$

$$t_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (11)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad i, j \in \{1, \dots, n\}. \quad (12)$$

(7) obezbeđuje da putnik uđe u tačno jedan grad polazeći iz grada 1.

(8) obezbeđuje da se vrati u grad 1 (koji se sada zove grad $n+1$) iz jednog od preostalih $n-1$ gradova.

(9) i (10) obezbeđuje da putnik poseti gradove 2 do n u nekom (bilo kom) redosledu. (Ova dva uslova proizlaze iz $|t_i - t_j| \geq t_{ij} \quad i = 3, \dots, n; \quad j < i$)

Ovakva formulacija još nema vremenske intervale, može da se koristi kao model za TSP. Zato dodajemo uslove: $a_i \leq t_i \leq b_i$, pa imamo i vremenska ograničenja.

Asimetrični TSPTW:

Odrediti:

$$\min t_{n+1} \quad (13)$$

uz ograničenja:

$$t_i - t_{1i} \cdot x_{1i} \geq 0 \quad i = 2, \dots, n \quad (14)$$

$$t_i \geq a_i \quad i = 2, \dots, n \quad (15)$$

$$t_i - t_j + (b_i - a_j + t_{ij}) \cdot x_{ij} \leq n - 1 \leq b_i - a_j \quad i \neq j; \quad (16)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad j = 2, \dots, n \quad (17)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad i = 2, \dots, n \quad (18)$$

$$t_i \leq b_i \quad i = 2, \dots, n \quad (19)$$

$$t_i + t_{1i} \leq t_{n+1} \quad i = 2, \dots, n \quad (20)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad (i, j) \in A \quad (21)$$

Cilj nam je minimizirati trajanje puta (13).

Uslovi (14), (15), (16) sprečavaju nastanak većeg broja odvojenih kontura, (17) i (18) su uslovi dodeljivanja, a (15) i (19) uslovi vremenskog intervala. (20) garantuje da ukupno vreme putovanja ne bude više od vremena potrebnog za taj grad plus povratak u depo – za sve gradove.

4. PROBLEM OTVORENOG PUTA

Otvoreni TSP je proširenje klasičnog TSP. Cilj OTSP je naći optimalnu najkraću rutu za trgovačkog putnika – za razliku od klasičnog problema – bez uslova da se vrati u polazni grad.

OTSP je popularan problem koji opisuje mnoge situacije iz života. Na primer, neka jedna kompanija ne raspolaže svojim voznim parkom pa iznajmljuje vozila za distribuciju svojih proizvoda. U tom slučaju kompanija nije zainteresovana za povratak praznog vozila u depo, jer je proces distribucije završen u momentu kada je i poslednja isporuka obavljena. Cilj je pronaći optimalnu, najkraću rutu za vozilo isporuke [2].

Imamo mrežu od n čvorova, gde je $i = 1$ depo. Težine c_{ij} $i, j = 2, \dots, n$ su rastojanja od i do j , pa je cilj pronaći najkraći put za vozilo tako da obiđe sve čvorove.

Formulacija OTSP zahteva sledeće promenljive:

binarnu promenljivu x_{ij} $i, j = 1, \dots, n$ tako da je $x_{ij} = 1$ ukoliko i prethodi j , a $x_{ij} = 0$ inače; sem nje, treba nam i promenljiva u_i , $i = 1, \dots, n$ koja se bazira na dobro poznatoj Tuckerovoj formulaciji problema trgovačkog putnika – označava redni broj čvora i u Hamiltonovoj konturi.

Matematički model:

Odrediti:

$$\min \sum_{(i,j) \in E} c_{ij} x_{ij} \quad (22)$$

uz ograničenja:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad j = 2, 3 \dots n, i \neq j \quad (23)$$

$$\sum_{j=2}^n x_{ij} \leq 1 \quad i = 2, 3 \dots n, i \neq j \quad (24)$$

$$\sum_{j=2}^n x_{1j} = 1 \quad i = 2, 3 \dots n \quad (25)$$

$$u_i - u_j + n \cdot x_{ij} \leq n - 1 \quad i, j = 2, 3 \dots n, \quad i \neq j; \quad (26)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad (i, j) \in A \quad (27)$$

Funkcija cilja (22) daje ukupnu dužinu puta.

Uslov (23) obezbeđuje da vozilo stigne do svakog kupca, (24) kaže da ne mora da napusti svakog, pošto je kraj puta kada opsluži i poslednjeg. Uslov (25) obezbeđuje da vozilo započne put tačno jednom, a (26) isključuje odvojene konture.

5. PRIMER

a.) Posmatrajmo situaciju u kojoj je naš putnik lekar. Neka je grad 1 njegova ordinacija i on treba da obiđe 4 pacijenta (gradovi 2 do 5). Cilj mu je minimizacija dužine obilaska da bi se što pre vratio u ordinaciju.

t_{ij}	1	2	3	4	5
1		12	8	16	9
2	12		18	11	7
3	8	18		10	8
4	16	11	10		9
5	9	7	8	9	

Neka ove vrednosti u tabeli predstavljaju vreme potrebno za putovanje od grada i do grada j , a t je ukupno vreme puta. Formulisaćemo TSP, gde je promenljiva t_i vreme polaska iz grada i , i rešiti problem pomoću Excel Solver-a.

Matematički model:

$$\min (t_6 - t_1)$$

$$t_2 - t_1 \geq 12$$

$$t_3 - t_1 \geq 8$$

$$t_4 - t_1 \geq 16$$

$$t_5 - t_1 \geq 9$$

$$t_6 - t_2 \geq 12$$

$$t_6 - t_3 \geq 8$$

$$t_6 - t_4 \geq 16$$

$$t_6 - t_5 \geq 9$$

$$t_3 - t_2 + 1000 \cdot x_{32} \leq 982$$

$$t_2 - t_3 + 1000 \cdot x_{23} \leq -18$$

$$t_4 - t_2 + 1000 \cdot x_{42} \leq 989$$

$$t_2 - t_4 + 1000 \cdot x_{24} \leq -11$$

$$t_4 - t_3 + 1000 \cdot x_{43} \leq 990$$

$$t_3 - t_4 + 1000 \cdot x_{34} \leq -10$$

$$t_5 - t_2 + 1000 \cdot x_{52} \leq 993$$

$$t_2 - t_5 + 1000 \cdot x_{25} \leq -7$$

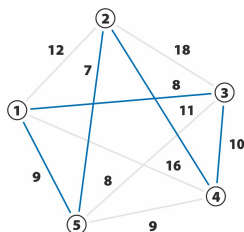
$$t_5 - t_3 + 1000 \cdot x_{53} \leq 992$$

$$t_3 - t_5 + 1000 \cdot x_{35} \leq -8$$

$$t_5 - t_4 + 1000 \cdot x_{54} \leq 991$$

$$t_4 - t_5 + 1000 \cdot x_{45} \leq -9$$

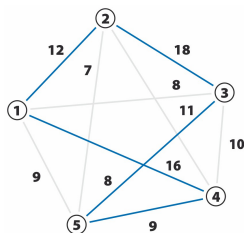
Optimalno rešenje za ovu formulaciju dobijamo kao:
 $t_1 = 0, t_2 = 29, t_3 = 8, t_4 = 18, t_5 = 36$ i $t_6 = 45$
 Sortirajući vrednosti t_i dobijamo da je optimalna ruta:
 $1 - 3 - 4 - 2 - 5 - 1$ sa vremenom $t = 45$ (slika ispod)



b.) Šta se dešava sa optimalnim rešenjem ako dodamo uslove da naš lekar treba da stigne u grad 2 pre $t = 20$, u grad 3 pre $t = 30$ i grad 4 posle $t = 50$?

Da bismo dobili odgovor na ovo pitanje, dodamo još tri vremenska uslova: $t_2 \leq 20, t_3 \leq 30, t_4 \geq 50$
 Optimum se sada menja na:
 $t_1 = 0, t_2 = 12, t_3 = 30, t_4 = 50, t_5 = 38$ i $t_6 = 66$

tj. $1 - 2 - 3 - 5 - 4 - 1$ sa vremenom $t = 66$
 (kao što se vidi na sledećoj slici),



jer naš lekar kreće iz grada 1 u momentu $t = 0$, stiže u grad 2 u $t = 12$, nastavlja, i stiže u grad 3 u $t = 30$ (treba mu 18 vremenskih jedinica), grad 5 u $t = 38$ pa u grad 4 u momentu $t = 47$. Vreme potrebno da stigne iz 5 u 4 je 9, međutim uslov $t_4 \geq 50$ traži čekanje od 3 jedinice vremena pa grad 4 napušta tek u $t = 50$ i tako je ukupno vreme za put 66.

c.) Svi pacijenti očekuju da doktor dođe što pre. Ako pretpostavimo da mu je vreme provedeno sa svakim pacijentom isto, tada (u našoj optimizaciji) ulogu igra samo vreme čekanja.

Uslovi su nam isti kao i do sada, ali bez vremenskih ograničenja – menja se samo funkcija cilja (više nije važno kada će se vratiti u ordinaciju, samo da pacijenti čekaju što manje.):

$$\min (t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5)$$

Optimalne vrednosti su:

$$t_1 = 0, t_2 = 16, t_3 = 37, t_4 = 27, t_5 = 9 \text{ i } t_6 = 45$$

Optimalna ruta: $1 - 5 - 2 - 4 - 3 - 1$

Ukupno vreme čekanja za sve pacijente zajedno je $9 + 16 + 27 + 37 = 89$

Uporedimo sad ovo rešenje sa minimizacijom dužine puta iz primera a.) gde smo imali:

$$t_1 = 0, t_2 = 29, t_3 = 8, t_4 = 18, t_5 = 36 \text{ i } t_6 = 45, \text{ tj.}$$

$$1 - 3 - 4 - 2 - 5 - 1$$

Vreme čekanja bi ovako bilo: $8 + 18 + 29 + 36 = 91$, međutim, krećući se suprotnim smerom po konturi kod ovakve funkcije cilja dobijamo bolje rešenje.

6. ZAKLJUČAK

Ovaj rad opisuje Problem trgovačkog putnika i neke njegove varijante i praktične primene.

S obzirom da postoji veliki broj varijanti, ograničili smo se na:

- Osnovni problem trgovačkog putnika
- Problem trgovačkog putnika sa vremenskim intervalima i
- Otvoreni problem trgovačkog putnika.

Pored toga predstavljen je primer rešavanja problema korišćenjem ExcelSolver-a.

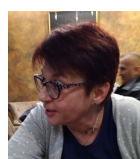
Namera ovog rada je bila da se ovaj problem predstavi široj publici i da se na jednostavnom primeru (koji bi se mogao koristiti i u nastavi) pokaže način rešavanja ovakvih problema.

Cilj je bio popularizacija ovog interesantnog i kompleksnog problema.

7. LITERATURA

- [1] Karaa I., Deryaa T. *Formulations for Minimizing Tour Duration of the Traveling Salesman Problem with Time Windows*. Procedia Economics and Finance 26 (2015) 1026 – 1034
- [2] Čičková Z., Brezina I., Pekár J. *Open Traveling Salesman Problem with Time Windows*. 1st Logistics International Conference Belgrade, Serbia 28 - 30 November 2013
- [3] Mitrović Minić S. *Traveling Salesman Problem and Its Practical Applications (An Overview)*. 1995
- [4] Josić, M. *Travelling salesman problem: variant and applications* (in Serbian). master rad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2018.

Kratka biografija:



Marta Josić je rođena 1963 godine u Horgošu. Završila je osnovne studije 2016-te godine (PMF Novi Sad, smer diplomirani profesor matematike). Iste godine je upisala master studije na Fakultetu tehničkih nauka, smer Matematika u tehnici.

SEPARABILNO PROGRAMIRANJE**SEPARABLE PROGRAMMING**Slađana Mitrović, Nebojša Ralević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MATEMATIKA U TEHNICI**

Kratak sadržaj – Predmet istraživanja master rada je uvid u teoriju optimizacije, i algoritme korisne za rešavanje problema separabilnog programiranja, uz poseban osvrt na aproksimaciju nelinearnih problema linearnim, kao i rešavanje problema linearnog programiranja, gde je najveća pažnja posvećena simpleks metodi. Separabilno programiranje predstavlja metod za dobijanje rešenja klase problema nelinearnog programiranja u kojima se funkcija cilja i funkcije ograničenja mogu izraziti kao zbir funkcija jedne promenljive. Separabilni problemi često nastaju u praksi, posebno u vremenski-zavisnoj optimizaciji.

Ključne reči: linearno programiranje, nelinearno programiranje, separabilne funkcije, separabilno programiranje, simpleks metod

Abstract - The research topic of the master thesis is to look at the optimization theory and algorithms useful for solving the problem of separable programming, with particular reference to the approximation of nonlinear problems to linear, as well as solving the problem of linear programming, where the greatest attention is devoted to the simplex method. Separable programming is a method for obtaining a nonlinear programming problem class solution where the objective function and all constraints can be expressed as a collection of functions of one variable. Separable problems often arise in practice, especially in time-dependent optimization.

Key words: linear programming, non-linear programming, separable functions, separable programming, simplex method

1. UVOD

Matematičko programiranje kao oblast počinje da se razvija posle drugog svetskog rata, mada su neki radovi objavljeni mnogo ranije. Oblast matematičkog programiranja se može podeliti na linearno, nelinearno, diskretno i stohastičko programiranje i teoriju igara. Zajednička osobina ovih oblasti je da se traži tačka u određenom vektorskom prostoru koja zadovoljava neka ograničenja, a u kojoj data funkcija (funkcija cilja) dostiže ekstremnu vrednost.

Linearno programiranje je najrazvijenija i najčešće primeњivana oblast matematičkog programiranja (funkcija cilja i ograničenja su linearne funkcije).

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Nebojša Ralević, red. prof.

Većina optimizacionih problema može se modelovati linearnim jednačinama. Međutim, postoje problemi kod kojih linearni modeli nisu dovoljni, i tako se stvara potreba za nelinearnim sistemima. Posebna klasa nelinearnih sistema, u kojim funkcija cilja kao i funkcije ograničenja mogu biti izražene kao zbir funkcija jedne promenljive, nazivamo problemom separabilnog programiranja.

Metod separabilnog programiranja prvi je formulisao Miller 1963. godine.

2. PROBLEM LINEARNOG PROGRAMIRANJA

Savremeno društvo, a pogotovo privreda svakodnevno se suočava sa raznim složenim zadacima, koji mogu imati više rešenja. Logično pitanje koje se nameće je kako doći do najboljeg, tj. optimalnog rešenja. Kod rešavanja ovakvih zadataka primenjuje se kriterijum minimuma ili maksimuma, koji podrazumeva maksimizaciju dobiti uz minimalna ulaganja. Prvi korak u rešavanju problema je formiranje matematičkog modela. Njega čine funkcija cilja i ograničenja. Dakle, zadatak je odrediti minimum ili maksimum zadate funkcije cilja na nekom skupu ograničenja. U zavisnosti od vrste funkcija kojima su opisani, problemi mogu biti linearni ili nelinearni. Linearni problem je problem u kome je funkcija cilja linearna i u kome su sva ograničenja predstavljena linearnim funkcijama. To je specijalan slučaj nelinearnog problema. Ukoliko je funkcija cilja nelinearna, ili ako je bar jedno od ograničenja predstavljeno nelinearnom funkcijom, reč je o nelinearnom problemu. U cilju rešavanja ovih problema, razvile su se mnogobrojne metode [5, 6].

U današnje vreme zahvaljujući razvoju tehnologije znatno je olakšano rešavanje problema linearnog programiranja bez obzira na složenost. Postoje standardni programi koji se koriste u tu svrhu kao gotove rutine. Osnovni zadatak je prepoznavanje i dobro formulisano problema i naravno određivanje njegovog rešenja.

Linearno programiranje (LP) predstavlja jednu vrstu matematičkog programiranja. Najčešće se koristi za rešavanje matematičkih modela koji odgovaraju maksimizaciji profita, odnosno minimizaciju troškova, pri određenim uslovima.

Matematički model treba da sadrži:

- Linearnu funkciju cilja
- Linearna ograničenja
- Dopustiv skup rešenja.

Opšti zadatak linearnog programiranja glasi:

Naći ono nenegativno rešenje

$x = (x_1, x_2, \dots, x_n), x_i \geq 0, i = 1, \dots, n$ sistema linearnih jednačina (ograničenja):

$$\begin{aligned}
a_{11}x_1 + \dots + a_{1n}x_n &\leq b_1 \\
a_{21}x_1 + \dots + a_{2n}x_n &\leq b_1 \\
&\dots \\
a_{m1}x_1 + \dots + a_{mn}x_n &\leq b_m
\end{aligned} \tag{1}$$

za koje funkcija cilja (linearna funkcija n promenljivih):

$$z = f(x_1, x_2, \dots, x_n) = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

dostiže maksimalnu (minimalnu) vrednost.

Za rešavanje problema linearnog programiranja, koristili smo grafičku i simpleks metodu.

Geometrijska metoda, za razliku od algebarske (simpleks) metode ima ograničenu primenu. Ona može da se iskoristi u slučaju dve ili tri promenljive. Ova metoda se može primeniti i u slučaju ako je $n - m = 2$, gde je n broj promenljivih, a m broj jednačina. Tada se dve od n promenljivih mogu izabrati kao nezavisne (slobodne) promenljive, a preostalih m mogu se uzeti za zavisne promenljive i izraziti pomoću nezavisnih promenljivih.

Svaki linearni program koji ima rešenje može biti rešen određivanjem vrhova dopustivog skupa i zatim računanjem funkcije cilja u tim vrhovima. Ipak, samo njihovo nalaženje u višedimenzionalnom prostoru može biti prilično komplikovano.

Sredinom prošlog veka razvile su se razne metode za rešavanje problema linearnog programiranja. Jedna od najefikasnijih i najpoznatijih metoda je simpleks metoda, koja je nastala je 1947. godine. Utemeljio ju je američki matematičar Džordž Dantzig.

Simpleks metoda je način efikasnog pretraživanja vrhova oblasti izvodivosti (simpleksa), kako bi se pronašao onaj u kome se pojavljuje optimalna vrednost funkcije cilja. Najzanimljiviji linearni programi koji se pojavljuju u praksi uključuju veliki broj promenljivih i ograničenja, pa ih moramo rešavati uz pomoć računara. Danas postoje razni programski paketi koji uspešno rešavaju probleme linearnog programiranja, nezavisno od njihovih dimenzija. Jedan od ovih paketa je *Lindo*.

3. PROBLEM NELINEARNOG PROGRAMIRANJA

Problem matematičkog programiranja se sastoji u određivanju vektora $x^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ koji predstavlja rešenje zadatka $\min (\max) f(x)$ p.o.

$$\begin{aligned}
g^i(x) &\geq 0, i = 1, \dots, m \\
h^j(x) &= 0, j = 1, \dots, p.
\end{aligned} \tag{2}$$

Ako je bar jedna od datih funkcija nelinearna, tada se dobijeni problem naziva *problem nelinearnog programiranja*. Termin „nelinearno programiranje“ se uglavnom odnosi na probleme u kojima funkcija cilja postaje nelinearna, ili su jedna, ili više ograničenja nelinearna, ili oboje [1,3].

Određivanje vektora $x^* = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ koji zadovoljavaju uslove (2) naziva se određivanje rešenja problema. Vrednosti $x_1, x_2, \dots, x_n$ nazivaju se komponentama tog rešenja. Rešenje $x^* = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ koje obezbeđuje ekstremnu vrednost funkcije cilja $f(x)$ naziva se optimalni plan ili optimalno rešenje. Za optimalno rešenje x^* je ispunjeno: $f(x^*) \geq f(x)$ (u odnosu na bilo koje drugo rešenje iz dopustivog skupa), u slučaju da je tražen maksimum. U slučaju da se radi o traženju minimuma, onda mora biti zadovoljen uslov: $f(x^*) \leq f(x)$. Zadaci koji imaju bar jedno optimalno rešenje, pripadaju klasi rešivih problema.

Optimalno rešenje nelinearnog optimizacionog problema izračunava se nekom od raspoloživih metoda, koja je najadekvatnija za nalaženje konkretnog rešenja. Za razliku od zadataka linearnog programiranja, zadaci nelinearnog programiranja se ne mogu rešavati primenom nekog univerzalnog metoda (kao što je to simpleks metod za zadatke linearnog programiranja). Za zadatke nelinearnog programiranja je za svaki konkretan slučaj, u zavisnosti od njegovog matematičkog modela, dimenzija i karaktera nelinearnosti, potreban nov metod ili prilagođavanje nekog od postojećih metoda. U velikom broju slučajeva čak i ne postoji prikladan metod na osnovu kojeg se može naći optimalno rešenje formulisanog zadatka nelinearnog programiranja, što znači da postoji još uvek veliki broj nerešivih ili teško rešivih zadataka nelinearnog programiranja [2, 4].

Postoji više metoda optimizacije pomoću kojih se mogu rešavati neki zadaci nelinearnog programiranja. Svi ti metodi su specijalizovani za različite tipove zadataka nelinearnog programiranja, koji se formalno razlikuju po obliku matematičkog modela, tj. po obliku i dimenzijama funkcije cilja i skupa ograničenja. Tako, na primer, postoje specijalni metodi za linearna ograničenja i nelinearnu funkciju cilja, za funkcije cilja zadate kvadratnom formom, za celobrojne vrednosti promenljivih, nelinearno programiranje sa separabilnom funkcijom cilja itd. Otuda potiču i neki posebni nazivi za takve specifične zadatke nelinearnog programiranja, kao što su: kvadratno programiranje, celobrojno programiranje, separabilno programiranje itd. Zadaci nelinearnog programiranja prekrivaju znatno šire područje upravljačkih zadataka i raznovrsniji su od zadataka koji se svode na primenu linearnog programiranja. Mnogi od njih još uvek nisu rešivi jer ne postoje razvijeni algoritmi čija bi primena dala određene efekte. Primenljivost određenih algoritama procenjuje se na osnovu broja računskih operacija koje treba obaviti u procesu nalaženja rešenja. Neki algoritmi u određenim zadacima nelinearnog programiranja, čak i uz primenu savremenih računara, nisu uvek primenljivi.

3.1. Konveksno programiranje

Konveksno programiranje je najjednostavnije i najbolje obrađeno područje nelinearnog programiranja. Mnoga svojstva linearnih programa prenose se na konveksne programe.

Problem u kome treba naći tačku minimuma neke funkcije $f(x)$, u nekom zadatom skupu F , zove se program (ili matematički program). Kada je f konveksna funkcija i F konveksan skup tada se radi o konveksnom programu. Skup F u konveksnom programu obično je zadat implicitno: $F = \{x \in R: g^i(x) \leq 0, i = 1, \dots, m\}$, gde su $g^i(x), i = 1, \dots, m$ neke konveksne funkcije. U tom slučaju konveksni program se može definisati na sledeći način:

$$\begin{aligned}
&\min f(x) \\
&\text{p.o.} \\
&g^1(x) \leq 0 \\
&g^2(x) \leq 0 \\
&\dots \\
&g^m(x) \leq 0
\end{aligned} \tag{3}$$

Funkcija f zove se funkcija cilja, dok su $g^i, i = 1, \dots, m$ funkcije ograničenja. Kažemo da je neka tačka x dopustivo rešenje programa (3) ako se x nalazi u F .

U slučaju proizvoljne konveksne funkcije f svaki lokalni minimum ujedno je i globalni minimum. To svojstvo konveksnih funkcija prenosi se i na konveksne programe. Činjenica da je skup dopustivih rešenja konveksan i da je dovoljno naći samo lokalno optimalno rešenje da bi se rešio konveksan program, znatno pojednostavljuje studiranje konveksnih programa. U konveksnom programu (3) od bitne je važnosti da su sve funkcije konveksne i da su ograničenja zadata pomoću nejednačina tipa " $\leq$ ". Program oblika (3) u kome su sve funkcije konveksne, ali sa bar jednom nejednačinom u drugom smeru, tj. tipa " $\geq$ " nije u opštem slučaju konveksan program. Isti zaključak važi kada se " $\leq$ " zameni sa " $=$ ".

Ako je f konveksna funkcija, tada je $-f$ konkavna funkcija. Zbog toga se konveksni program (3) može zapisati i ovako:

$$\max f(x)$$

p.o

$$g^i(x) \geq 0, i = 1, \dots, m, \quad (4)$$

gde su sada sve funkcije konkavne. Ova formulacija konveksnog programa, zove se *konkavni program*. Važno je zapamtiti da uz konveksne funkcije uvek dolazi ograničenje " ≤ 0 ", a uz konkavne " ≥ 0 ". U principu, minimizira se konveksna, a maksimizira konkavna funkcija. Ukoliko se ovo pravilo naruši, više se ne radi o konveksnom programu, i problem postaje znatno komplikovaniji [1, 2].

4. SEPARABILNO PROGRAMIRANJE

Separabilno programiranje je grana matematičkog programiranja, u kome funkcija cilja kao i funkcije ograničenja mogu biti izražene kao zbir funkcija jedne promenljive. Te funkcije nazivaju se separabilne. Zbog separabilnosti, takvi programi imaju neke zanimljive osobine, i mogu se rešiti određenim metodama. Štaviše, mnogi ekonomski, industrijski i drugi problemi su matematički opisani separabilnim programima. Zbog toga je separabilno programiranje značajno i iz teorijskog i iz praktičnog stanovišta.

U nekim slučajevima problem nelinearnog programiranja može se svesti na problem linearnog programiranja, i za dobijanje optimalnog rešenja možemo iskoristiti uobičajeni simpleks metod. Jedan takav slučaj je kada je funkcija cilja separabilna, tj. kada je oblika:

$$f(x) = \sum_{j=1}^n f^j(x_j) \quad (3)$$

Svaka od funkcija $f^i, i = 1, \dots, n$ u (3) zavisi samo od jedne promenljive. U ovu klasu zadataka mogu se svrstati zadaci sa funkcijom cilja koja u originalnom zapisu nije separabilna, ali se transformacijom može svesti na separabilnu funkciju.

Da bi smo problem nelinearnog programiranja sveli pogodnim transformacijama na problem linearnog programiranja, koristimo metod aproksimacije nelinearne funkcije, po delovima linearnom funkcijom, kao u [4]. Pri tome, obratiti pažnju na to da je uslov da smo u mogućnosti da uzmemo bilo koji NLP i pretvorimo ga u novi, linearni program to da je svaki nelinearni izraz funkcija samo jedne promenljive i ne uključuje više od jedne promenljive [4].

5. PRIMENA SEPARABILNOG PROGRAMIRANJA

Primenu separabilnog programiranja ilustrovaćemo primerom:

Aparat za kafu proizvodi 2 vrste kafe: K_1 i K_2 , koristeći sastojke prema sledećim podacima:

Sastojci	Potrošnja sastojaka		Zalihe
	K_1	K_2	
Mleko	1	2	210
Kafa	4	2	240
Šećer	0	1	100

To znači, da bi se proizvela jedna kafa K_1 , potrebna je 1 jedinica mleka i 4 jedinice kafe, odnosno, za kafu K_2 potrebne su po 2 jedinice mleka i kafe, i jedna jedinica šećera. Ukupne zalihe potrebnih sastojaka su redom, 210, 240 i 100. Za razliku od običnog "linearnog" modela, funkcija cilja imaće specifičan oblik. Pretpostavimo da je dohodak po proizvedenoj kafi K_1 jednak 5 novčanih jedinica (n.j.), nezavisno od toga koliko se tih kafa može proizvesti. Međutim, za kafu K_2 dohodak zavisi od broja proizvedenih. Za prvih 20 kafa K_2 , dohodak je recimo, 6 n.j. po proizvedenoj kafi, za narednih 40 dohodak je 5 n.j., i za svaku narednu dohodak je samo 4 n.j. (Tipična situacija koja odražava npr. smanjeni dohodak zbog većih izdataka za upotrebljeni materijal). Označimo li sa x_1 broj napravljenih kafa K_1 , a sa x_2 broj kafa K_2 , tada je dohodak u odnosu na prvu promenljivu linearna funkcija $5x_1$. Jasno je da x_2 treba razbiti na 3 promenljive $x_2 = x_{21} + x_{22} + x_{23}$. Ovde je x_{21} broj kafa K_2 koje donose dohodak po 6 n.j., x_{22} donose dohodak po 5 n.j., a x_{23} donose dohodak po 4 n.j. Svaka promenljiva je nenegativna, i pada u određeni interval:

$$0 \leq x_{21} \leq 20, 0 \leq x_{22} \leq 40, 0 \leq x_{23} \leq K,$$

gde je K neki pozitivan dovoljno veliki broj.

Odgovarajući linearni model je:

$$\max 5x_1 + 6x_{21} + 5x_{22} + 4x_{23}$$

p.o.

$$x_1 + 2x_{21} + 2x_{22} + 2x_{23} \leq 210$$

$$4x_1 + 2x_{21} + 2x_{22} + 2x_{23} \leq 240$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} \leq 100 \quad (5)$$

$$x_{21} \leq 20$$

$$x_{22} \leq 40$$

$$x_1 \geq 0, x_{21} \geq 0, x_{22} \geq 0, x_{23} \geq 0$$

Na prvi pogled, jedini problem sa ovim modelom je da nije sasvim jasno da li će se u optimalnom rešenju pozitivna vrednost promenljive x_{22}^* pojaviti tek onda kada je $x_{21}^* = 20$ ili da li će se pozitivna vrednost promenljive x_{23}^* pojaviti tek onda kada je $x_{21}^* = 20$ i $x_{22}^* = 40$. Međutim, zbog konkavnosti, i opadajuće vrednosti usmerenog izvoda funkcije dohodka, takvo uređenje je jedino moguće. (Recimo da se u "optimalnom" rešenju pojavilo $x_{21}^* < 20$ i $x_{22}^* > 0$. Kako je dohodak po jedinici x_{21} veći od dohotka po jedinici x_{22} ovo rešenje može se poboljšati tako da se proizvede više jedinica x_{21} . Ovo pokazuje da $x_{21}^* < 20$ i $x_{22}^* > 0$ ne može figurisati u optimalnom rešenju.)

Dati program rešavali smo primenom simpleks metode za rešavanje linearizovanih programa. Optimalno rešenje programa (5) je $x_1^* = 10, x_{21}^* = 20, x_{22}^* = 40, x_{23}^* = 40$. Odgovarajući maksimalni dohodak je 530 n.j. Ovaj

primer ilustruje osnovnu ideju separabilnog programiranja: ako je funkcija cilja separabilna i za svaku promenljivu konkavna, s pozitivnim ali opadajućim izvodom, tada se takva funkcija može aproksimirati linearnom separabilnom funkcijom. Odgovarajući konkavni program sa linearnim ograničenjima može se po volji tačno aproksimirati ekvivalentnim linearnim programom.

6. ZAKLJUČAK

Razvoj raznih metoda pomoću kojih se mogu modelirati funkcije cilja uzrokovao je veću primenu nelinearnog programiranja u praksi.

Separabilno programiranje predstavlja metod za dobijanje rešenja klase problema nelinearnog programiranja u kojima se funkcija cilja i funkcije ograničenja mogu izraziti kao zbir funkcija jedne promenljive [2]. Separabilni problemi često nastaju u praksi, posebno u vremenski-zavisnoj optimizaciji.

Separabilno programiranje je važno, jer omogućava da se konveksni nelinearni program aproksimira sa proizvoljnom tačnošću linearnim programom. Ideja je da se svaka nelinearna funkcija zameni sa po delovima linearnom aproksimacijom. Globalna rešenja se, zatim, mogu dobiti proizvoljnim brojem kodova linearnog programa.

Za nekonveksne programe, pristup je i dalje validan, ali ima znatno više posla da se odradi. Taj program možemo rešiti direktnom primenom modifikovane verzije simpleks algoritma sa ograničenim pravilima za ulazne podatke. Kandidati za ulazne varijable moraju biti ograničeni, da bi održali validnost aproksimacije linearnim programom. U ovom slučaju, dobija se lokalni optimum [2, 4].

7. LITERATURA

- [1] V.Vujičić, M.Ašić, N.Miličić, "Matematičko programiranje", Matematički institut, Beograd, (1980).
- [2] S.Zlobec, J.Petrić, "Nelinearno programiranje", Naučna knjiga, Beograd, (1989).
- [3] G.Milovanović, P.Stanimirović, "Simbolička implementacija nelinearne optimizacije", Naučna knjiga, Niš, (2002).
- [4] B.K.Patel, "Solutions of Some Non-Linear Programming Problems", Department of Mathematics, National Institute of Technology, Rourkela, (2014).
- [5] M.Šovljanski, "Primena linearnog programiranja u rešavanju igara nulte sume", Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad, strane 4-29, (2011).
- [6] D.Cvetković, M.Čangalović, V.Kovačević-Vujičić, Đ.Dugošija, S.Simić, J.Vuleta, „Kombinatorna optimizacija”, DOPIS, Beograd, (1996).

Kratka biografija:



Sladana Mitrović rođena je 25. decembra 1992. godine u Loznici. Završila je Srednju školu u Malom Zvorniku, smer Gimnazija 2011. godine. Diplomirala je 2016. godine na Prirodno-matematičkom fakultetu u Novom Sadu, smer Diplomirani profesor matematike. U oktobru 2017. godine upisuje master studije primenjene matematike na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, smer Matematika u tehnici.

Kontakt: sladjanamitrovic2512@gmail.com



Nebojša M. Ralević rođen je 1965. god. u Beranama. Doktorirao je na PMF-u u Novom Sadu 1997. god, a od 2010. god. je u zvanju redovnog profesora matematike na FTN-u u Novom Sadu. Oblasti interesovanja su teorija mere i verovatnoće, nelinearne jednačine, fazi sistemi, obrada slike i optimizacija.

**DEFORMACIONA ANALIZA OBJEKTA PRIMENOM INSTRUMENTA
TRIMBLE S5 DR PLUS****DEFORMATION ANALYSIS OF CONSTRUCTIONS USING INSTRUMENT
TRIMBLE S5 DR PLUS**

Predrag Georgijevski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GEODEZIJA I GEOMATIKA

Kratak sadržaj – Rad se zasniva na analizi primenjene 3D Karlsruhe metode deformacione analize geodetskih mreža, na osnovu simuliranih merenja totalnom stanicom u dve epohe. U radu je, pored navedenog, sprovedeno ispitivanje mogućnosti primene totalne stanice Trimble S5 DR Plus u realizaciji deformacionih merenja i deformacione analize građevinskih objekata..

Abstract – This paper is based on analysis of applied 3D Karlsruhe method of deformation analysis geodetic networks, based on total station measurements simulated by two epochs. The aim of the paper is to examine the possibilities of application of the total station Trimble S5 DR Plus, in addition to the above, in the realization of deformation measurements and deformation analysis of constructions.

Ključne reči: Deformaciona analiza, Trimble S5, Karlsruhe metoda,

1. UVOD

Osnovni zadatak deformacionih merenja jeste da u fazi eksploatacije objekta sveobuhvatno opiše stanje i stabilnost objekta. I pored najveće pažnje projekatanta da obezbede trajnu stabilnost objekata ponekad se dešavaju oštećenja na objektima. Svaki objekat sagrađen na nedovoljno stabilnom tlu podložan je sleganju i deformacijama, a kada one pređu izvesnu granicu dovode u pitanje normalno korišćenje objekta, a moguća su i rušenja. U cilju preventive u određenim vremenskim periodima prati se prostorno ponašanje građevinskih i drugih objekata. Jedan deo rada posvećen je totalnoj stanici Trimble S5 DR Plus, koja se koristi u nastavi na Studijskom programu geodezija i geomatika Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu. Trimble S5 je automatska totalna stanica namenjena najširem skupu geodetskih aktivnosti. Cilj ovog rada, jeste ispitivanje mogućnosti primene totalne stanice Trimble S5 DR Plus u realizaciji deformacionih merenja i deformacione analize građevinskih objekata. Takođe, sprovedeno je ispitivanje moći Karlsruhe metode u otkrivanju simuliranih pomeranja.

2. TRIMBLE S5 DR PLUS**2.1. Karakteristike instrumenta Trimble S5 DR Plus**

Totalna stanica Trimble S5 DR Plus je zasnovana na Trimble tehnologijama – uključujući Trimble SurePoint i,

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Zoran Sušić, docent.

MagDrive, kao i daljinomeru DR Plus EDM. Takođe omogućava usluge kao što su Locate2Protect i Trimble InSphere™ Equipment Manager.

MagDrive tehnologija je bazirana na direct drive sistemu koji omogućava da servo motor bude integrisan sa ugaonim senzorom, eliminišući potrebu za prenosnim mehaničkim delovima [3].

Isporučuje se u dve verzije: Autolock za automatsko traženje prizme ili Robotic za potpuno automatski rad bez prisustva operatera uz stanicu. Koristi se apsolutni enkoder sa dijametralnim čitanjem.

Tačnost pomenute totalne stanice, koja se koristi u nastavi na Fakultetu tehničkih nauka je 2" za uglovna merenja i 2 mm + 2 ppm za merenje dužina.



Slika 1. Trimble S5 DR Plus

Jedna od prednosti datog instrumenta je automatsko viziranje prilikom girusne metode. Samo u prvom polugirusu se manuelno viziraju tačke, pri čemu totalna stanica „pamti“ položaje tih tačaka tako da u drugom položaju durbina, kao i za sve ostale girusu, servo motor automatski vizira tačku. To je značajno, naročito kod preciznih merenja gde se meri u više girusa, jer omogućava da se merenja obave u kraćem vremenskom periodu i time se poveća efikasnost.

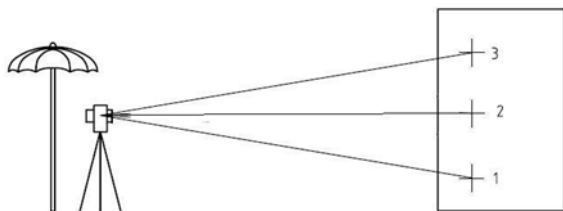
2.2. Metrološko obezbeđenje merenja

Metrološko ispitivanje totalne stanice vrši se u ovlašćenim metrološkim laboratorijama. Međutim, pre početka rada na terenu sa totalnom stanicom, potrebno je izvršiti terensku proveru ispravnosti instrumenta.

Da bi se ispitili uslovi ispravnosti totalne stanice, vrši se opažanje u dva položaja durbina u poligonu koji se sastoji iz najmanje 3 signalisane markice postavljene u pravcu vertikalne linije kao na Slici 1.

Po završenom opažanju iz dobijenih rezultata moguće je proveriti:

- upravnosti vizure i obrtne ose durbina (kolimacija),
- nagib obrtne ose durbina i alhidadne ose (ugao i),
- indeks za čitanje na vertikalnom limbu (čitanje pri vertikalnoj ili pri horizontalnoj vizuri).



Slika 2. Poligon za ispitivanje uslova totalne stanice

Ispitivanje merila dužine (daljinomera) u terenskim uslovima se vrši u cilju provere adicione konstante instrumenta i reflektora i multiplikacione konstante.

Adicionu konstantu daje proizvođač i ona je kao vrednost upisana na samom instrumentu ili se automatski unosi u rezultate merenja dužina. Međutim, pre početka i na kraju merenja ovu vrednost treba ispitati, pa ako je potrebno uneti vrednost za adicionu konstantu. U slučaju da se na terenu ne koristi komplet pribora totalne stanice, već se upotrebljava prizma koja nije sastavni deo kompleta uz totalnu stanicu, terensko određivanje adicione konstante se mora izvršiti pre početka merenja sa tom prizmom.

Ispitivanje se vrši:

- merenjem uslovno tačne dužine i
- podelom jednog horizontalnog odstojanja na više odsečaka čije dužine nisu poznate.

3. MATEMATIČKI MODEL IZRAVNANJA

3.1. Izravnanje po metodi posrednih merenja

Kod modela posrednog izravnjanja nepoznati parametri x , y , ..., t određuju se na osnovu niza merenih veličina l_1 , l_2 , ..., l_n pod uslovom da suma kvadrata popravaka merenih veličina v_i bude minimalna. Funkcija veze između nepoznatih parametara i merenih veličina u opštem slučaju je oblika:

$$\hat{l}_i = l_i + v_i = F_i(\hat{x}, \hat{y}, \dots, \hat{t}) \quad (1)$$

Ako su funkcije veze nelinearnog oblika, onda se svode na linearni oblik razvijanjem u Tajlorov red u okolini približnih vrednosti nepoznatih parametara. Izravnjanje se sastoji od funkcionalnog i stohastičkog dela [1]:

$$\mathbf{v} = \mathbf{A} \cdot \hat{\mathbf{x}} + \mathbf{f} \quad (2)$$

$$\mathbf{K}_1 = \sigma_o^2 \cdot \mathbf{Q}_1 \quad (3)$$

Kovarijaciona matrica $\mathbf{K}_1$ definiše tačnost i stohastičku zavisnost merenih veličina.

Kod geodetskih mreža broj merenja je uvek znatno veći od broja nepoznatih parametara, samim tim sistemi jednačina imaju višeznačna rešenja. Primenom MNK izravnjanja obezbeđuju se jednoznačni rezultati, tako da je suma kvadrata popravaka minimalna.

3.2. Izravnjanje lokalnih 3d mreža

Nepoznati parametri u ovim mrežama su 3D pravouglo koordinata tačaka (X , Y , Z) i orijentacioni uglovi na stanicama z . Funkcionalne veze merenih veličina i nepoznatih parametara u eksplicitnom obliku su [1]:

- Za horizontalni pravac:

$$\alpha_{ij} + v_{\alpha_{ij}} = \arctg \frac{\hat{Y}_j - \hat{Y}_i}{\hat{X}_j - \hat{X}_i} + z_i \quad (4)$$

- Za kose dužine:

$$D_{ij} + v_{D_{ij}} = \sqrt{(\hat{X}_j - \hat{X}_i)^2 + (\hat{Y}_j - \hat{Y}_i)^2 + (\hat{Z}_j - \hat{Z}_i)^2} \quad (5)$$

- Za zenitno odstojanje:

$$\beta_{ij} + v_{\beta_{ij}} = \arctg \sqrt{\frac{(\hat{X}_j - \hat{X}_i)^2 + (\hat{Y}_j - \hat{Y}_i)^2}{\hat{Z}_j - \hat{Z}_i}} \quad (6)$$

Nakon razvijanja prethodnih nelinearnih funkcija u Tajlorov red dobijaju se jednačine popravaka merenih veličina.

3.3. Definisanje datuma geodetskih mreža

Datum geodetske mreže definiše koordinatni sistem koji je određen koordinatnim početkom, orijentacijom koordinatnih osa i razmerom. Često se pomoću merenih veličina ne mogu odrediti svi parametri mreže, tada je neophodno odrediti dodatne parametre mreže koji čine defekt mreže d . Defekt mreže zavisi od merenih veličina i uvek je pre izravnjanja poznat.

Definisanje datuma geodetske mreže na klasičan način se vrši fiksiranjem neophodnog broja koordinata tačaka mreže u postupku izravnjanja. Drugi način definisanja datuma je definisanje minimalnim tragom matrice kofaktora nepoznatih parametara. Tada sve tačke imaju jednak tretman, tačnije uvodi se referentna tačka u mreži, tj. težište, jer su u tom slučaju elipsoidi grešaka najmanji. Standardi nepoznatih parametara se povećavaju udaljavanjem od težišta mreže.

3.4. Analiza tačnosti lokalnih 3d mreža

Eksperimentalna standardna devijacija jedinice težine je globalna mera koja daje ocenu tačnosti merenih veličina nakon izravnjanja geodetske mreže [1]:

$$s_o = \sqrt{\frac{\mathbf{v}^T \mathbf{Q}_1^{-1} \mathbf{v}}{\text{trag} \mathbf{Q}_1^{-1} \mathbf{Q}_v}} \quad (7)$$

Eksperimentalna standardna devijacija izravnatih veličina:

$$s_{l_i} = s_o \cdot \sqrt{Q_{l_i l_i}} \quad (8)$$

Informaciju o oceni tačnosti nepoznatih parametara nakon izravnjanja, daju eksperimentalne standardne devijacije nepoznatih parametara:

$$s_{x_i} = s_o \cdot \sqrt{Q_{x_i x_i}} \quad (9)$$

Lokalna ocena tačnosti se vrši i preko apsolutnih elipsoida grešaka koji se odnose na koordinate jedne tačke u 3D mreži, za verovatnoću da se tačka nađe u oblasti elipsoida poverenja. Takođe mogu se sračunati relativni elipsoidi, kao i apsolutne i relativne elipse grešaka.

3.4. Analiza pouzdanosti

Pouzdanost ukazuje na mogućnost otkrivanja grubih grešaka (unutrašnja pouzdanost) ili na utvrđivanje njihovog uticaja na ocene traženih veličina, ukoliko nisu otkrivene grube greške (spoljašnja pouzdanost).

3.4.1. Unutrašnja pouzdanost

Uticaj rezultata merenih veličina pa time i njihovih grešaka, na vektor popravaka $\mathbf{v}$ ostvaruje se preko matrice koeficijenata $\mathbf{R}$ [1]:

$$\mathbf{R} = \mathbf{Q}_v \mathbf{P} = (\mathbf{P}^{-1} - \mathbf{A} \mathbf{Q}_x \mathbf{A}^T) \mathbf{P} \quad (10)$$

Članovi r_{ij} predstavljaju udeo grešaka j -tog opažanja na ocenu i -te popravke. Koeficijenti r_{ii} dakle predstavljaju lokalnu meru unutrašnje pouzdanosti, pri čemu je: $0 \leq r_{ii} \leq 1$. Ako je $r_{ii} > 0.3$, smatra se da postoji dobra kontrola grubih grešaka.

3.4.2. Metode identifikacije grubih grešaka

U cilju uspešne identifikacije eventualnih grubih grešaka u merenim veličinama u geodetskim mrežama primenjuju se globalni i lokalni statistički testovi.

Globalna test statistika je oblika [1]:

$$T = \frac{\mathbf{v}^T \mathbf{P} \mathbf{v}}{r \sigma_o^2} = \frac{s_o^2}{\sigma_o^2} \sim F_{r, \infty} \left(\cong \frac{\chi_r^2}{r} \right) \quad (11)$$

Kada je globalna test statistika manja od kvantila Fišerovog rasporeda, neophodno je proveriti da li postoje grube greške, da li je uzeta odgovarajuća tačnost opažanja i odgovarajući funkcionalni model opažanja.

Kao lokalni test na grube greške primenjuje se iterativni *Data snooping* test.

Test statistika data snooping testa, je oblika [1]:

$$\omega_i = \frac{-v_i}{\sigma_{v_i}} = \frac{-v_i}{\sigma_o \sqrt{Q_{v_i v_i}}} = \frac{-v_i}{\sigma_{l_i} \cdot \sqrt{r_{ii}}} \quad (12)$$

Ukoliko je za neko merenje ω_i veće od kvantila standardizovane normalne raspodele, to merenje je odskačuće i izbacuje se ono samo ono merenje koje najviše odstupa, a ceo postupak izravnjanje se ponavlja.

3.5. Kriterijum osetljivosti geodetskih mreža

Osetljivost u kontrolnim geodetskim mrežama podrazumeva određivanje najmanjeg intenziteta vektora pomeranja, koji se primenom testova o podudarnosti mreža u metodama određivanja pomeranja, za dati nivo značajnosti α i moć kriterijuma $1 - \beta$, može otkriti.

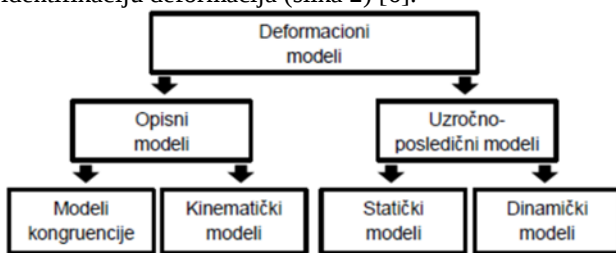
Ako se parametar necentralnosti λ izjednači sa teorijskom vrednošću $\lambda_0 = f(h, \alpha_0, \beta_0)$, može se odrediti najmanja vrednost pomeranja u pravcu zadatog vektora g [3]:

$$a_{min} = \sigma_0 \sqrt{\frac{\lambda_0}{g^T Q_d^{-1} g}} \quad (13)$$

4. DEFORMACIONA ANALIZA

4.1. Modeli u deformacionoj analizi

Generalno postoje četiri kategorije modela za procenu i identifikaciju deformacija (slika 2) [6].



Slika 3. Hijerarhija modela u deformacionoj analizi

Modeli kongruencije se baziraju na strogo geometrijskoj komparaciji objekta u prostoru, koji je interpretiran sa „dovoljnim” brojem tačaka, u dve nezavisne epohe merenja, pri čemu se vreme i ulazne sile ne uzimaju eksplicitno. U ovu grupu spada i Karlsrue metoda.

Kinematički modeli kretanja tačaka opisuju na osnovu datih ili pretpostavljenih funkcija vremena, bez analize potencijalne veze sa uzrocima kretanja.

Statički modeli opisuju funkcionalni odnos između naprezanja i geometrijske reakcije objekta, bez uzimanja u obzir vremenski aspekt.

Dinamički modeli kretanje tačaka modeliraju kao funkciju od vremena i opterećenja.

4.2. Uzroci pomeranja i deformacija

Pomeranje i deformacija tla i građevina u tesnoj su vezi sa geološkim, geomehaničkim i hidrološkim sastavom i osobinama tla, zatim topografijom i hidrometeorološkim odlikama predela i mnogim drugim činiocima koji imaju uticaja na stabilnosti i postojanost tla i građevina. Od velike su važnosti fizičke osobine slojeva tla i ta njihova postojanost, osetljivost na vodu i temperaturne promene kojima su površinski slojevi stalno izloženi. Reljef, geografski uslovi i meteorološke prilike jednog predela su niz zajedničkih faktora koji deluju na stabilnost zemljišta i građevina [5].

Osim prethodno navedenih opštih uslova deluju i lokalni uticaji na stabilnost. Naponsko stanje u tlu ispod temelja izazvano opterećenjem i promenom stanja ravnoteže u masi tla, zatim iskop tla za temelj i rasterećenje pod temeljnog tla, izlaganje temeljne jame raskvašavanju i isušivanju kod materijala kao što su gline itd. Neke građevine trpe velike bočne pritiske, kao što su brane, koje prenose i na okolno zemljište u kome se stvara naponska zona. Posebna grupa uzroka koji dovode do pomeranja i deformacija u vezi je sa greškama i propustima učinjenim pri istražnim radovima, projektovanju, građenju i održavanju objekata. Geomehnička ispitivanja zemljišta nisu uvek dovoljna garancija za stabilnost zemljišta i građevina. Uzroci pomeranja tla često stoje u vezi i sa raznim podzemnim radovima u blizini građevina, kao što su tuneli, rudnici, itd.

4.3. Metod Karlsrue

U prvoj fazi nezavisno se izravnavaju merene veličine u pojedinim epohama. U drugoj fazi obavlja se zajedničko izravnjanje merenih veličina nulte i kontrolne epohe.

Na osnovnu kvadratnih formi dobijenih iz izravnjanja nulte i kontrolne epohe i njihovog zajedničkog izravnjanja, vrši se ispitivanje stabilnosti uslovno stabilnih tačaka, pomoću test statistike [1, 2, 7]:

$$F = \frac{\Omega_h/f}{\Omega_0/b} = \frac{(v_z^T P v_z - v^T P v)}{v^T P v} \cdot \frac{b}{f} \quad (14)$$

Ako je $F \leq F_{1-\alpha, f, b}$ test statistika sledi Fišerovu centralnu raspodelu, to znači da se usvaja da su sve tačke iz skupa uslovno stabilnih tačaka, zaista stabilne tačke, u suprotnom, u skupu uslovno stabilnih tačaka ima nestabilnih.

4.3.1. Utvrđivanje nestabilnih tačaka u skupu uslovno stabilnih

U cilju utvrđivanja nestabilnih tačaka u skupu uslovno stabilnih, radi se onoliko zajedničkih izravnjanja koliko ima tačaka u skupu uslovno stabilnih, a u svakom od njih se izostavlja samo po jedna tačka i to uvek različita. Izravnjanje iz kojeg se dobija minimalna vrednost kvadratne forme $(\Omega_{z, min})$ ukazuje da tačku koja je izostavljena pri tom izravnjanju treba smatrati nestabilnom tačkom.

4.3.2. Lokalizacija deformacija

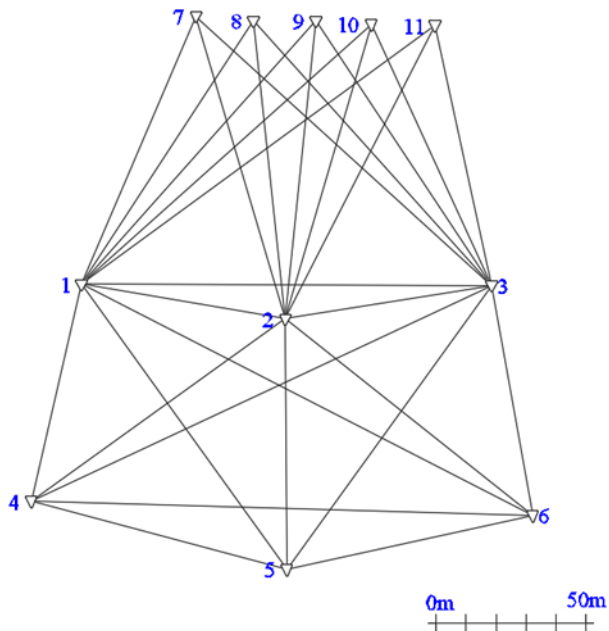
U nultoj hipotezi pretpostavlja se da tačka nije pomerena, dok se u alternativnoj hipotezi pretpostavlja da je tačka pomerena. Za svaku tačku iz skupa uslovno nestabilnih formira se test statistika [1, 2]:

$$F_i = \frac{\theta_i^2}{\sigma_0^2} = \frac{\hat{a}_i^T Q_{\hat{a}_i}^{-1} \hat{a}_i}{m \sigma_0^2} \sim F_{m, f} \quad (15)$$

Ako je $F \leq F_{1-\alpha, f, b}$ prihvata se nulta hipoteza, odnosno tačka je stabilna, u suprotnom tačke je nestabilna.

5. RAČUNSKI PRIMER

Za potrebe primene Karlsrue metode deformacione analize, simulirana je lokalna geodetska 3D mreža koja se sastoji od 11 tačaka. Na slici 3 je prikazan izgled mreže. Za tačnost simuliranih merenja korištena je tačnost dvosekundne totalne stanice Trimble S5 sa daljinomerom DR Plus (2 mm + 2 ppm), kako bi se ispitala očekivana pomeranja koja se mogu otkriti sa tim instrumentom.



Slika 4. Skica mreže

Tačke osnovne mreže su 1, 2, 3, 4, 5 i 6 dok tačke 7, 8, 9, 10 i 11 interpretiraju objekat.

Tabela 1. Simulirana pomeranja

Broj tačke	Simulirana pomeranja [mm]			
	dx	dy	dz	d
8	-5	0	0	5.00
9	2	2	-2	3.46
10	5	5	-5	8.66
6	4	4	4	6.93

Pomeranja na tačkama 8 i 9 se nalaze veoma blizu granice najmanjeg intenziteta pomeranja koje se može otkriti primenom testova o podudarnosti za nivo značajnosti $\alpha = 0.05$ i moć kriterijuma $1 - \beta = 0.8$.

Nakon primene Karlsrue metode, rezultati dobijenih pomeranja su dati u tabeli 2.

Tabela 2. Otkrivena pomeranja

Broj tačke	Otkrivena pomeranja [mm]				Stabilna
	dx	dy	dz	d	
7	1.47	0.17	-0.87	1.72	da
8	-3.95	-0.89	1.22	4.22	ne
9	2.34	2.87	-2.46	4.45	ne
10	4.34	4.41	-3.53	7.12	ne
11	1.12	-0.63	-0.61	1.42	da
6	4.13	3.30	3.48	6.33	ne

6. ZAKLJUČAK

Sva pomeranja koja su simulirana su i otkrivena, čak i ona koja su bila na granici intenziteta pomeranja, koji je primenom testa o podudarnosti mreža moguće otkriti (tačke 8 i 9). Tačke 7 i 11 nisu prošle statističke testove u okviru Karlsrue metode tako da se za njih ne može tvrditi da su se pomerile iako je nakon izravnjanja dobijeno pomeranje od 1.7 mm i 1.4 mm. Ta pomeranja posledica su stohastičkih varijacija merene veličine.

U ovom primeru Karlsrue metoda se pokazala kao veoma efikasna u otkrivanju pomeranja. Naravno, zaključci o pouzdanosti metoda deformacione analize se ne mogu doneti na osnovnu istraživanja sprovedenih na samo jednom deformacionom modelu.

Dobijena standardna devijacija tačaka osnovne mreže iznosi oko 0.5 mm, a tačaka na objektu oko 1.5 mm. Velika poluosa elipse poverenja za tačke osnovne mreže se kreće oko 1 mm, dok za tačke na objektu oko 2.5 mm. Na osnovu performansi i analize ispitivanog instrumenta, može se zaključiti da je tačnost koju obezbeđuje instrument Trimble S5 DR Plus dovoljna za većinu projekata geodetskog osmatranja inženjerskih objekata.

7. LITERATURA

- [1] Mihailović, K. i Aleksić, I. (2008). Koncepti mreža u geodetskom premeru. Beograd: Geokarta.
- [2] Mihailović, K. i Aleksić, I. (1994). Deformaciona analiza geodetskih mreža. Beograd: Građevinski fakultet u Beogradu.
- [3] Ašanin S. (2003): Inženjerska geodezija 1. Beograd: Ageo d.o.o.
- [4] http://www.3dgeosolutions.hu/wp-content/uploads/2017/04/Trimble_MagDrive%E2%84%A2_tehnologia.pdf
- [5] Begović A. (1990): Inženjerska geodezija 2, drugo izdanje. Beograd: Građevinski fakultet.
- [6] Welsch, W., Heunecke, O. (2001): Models and terminology for the analysis of geodetic monitoring observations. Official Report of the Ad-Hoc Committee of FIG Working Group 6.1. The 10th FIG International Symposium on Deformation Measurements, California, USA, 19-22 March 2001.
- [7] Sušić, Z., Batilović, M., Ninkov, T., Aleksić, I., Bulatović, V., (2015): Identification of movements using different methods of deformation analysis, Geodetski vestnik, Vol. 59, No. 3, UDK: 528.02, ISSN 0351-0271, Journal of the Association of Surveyors of Slovenia, pp 537-553, DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2015.03.537-553.

Kratka biografija:



Predrag Georgijevski rođen je u Vršcu 1993. god. Diplomski – Bachelor rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Geodezije i geomatike odbranio je 2016. god.

STANJE PREMJERA NA TERITORIJI POLITIČKE OPŠTINE NEVESINJE**STATE SURVEY OF THE POLITICAL TERRITORY OF THE NEVESINJE MUNICIPALITY**

Bojan Mučibabić, Milan Trifković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GEODEZIJA I GEOMATIKA

Kratak sadržaj – U ovom radu je izvršena analiza stanja premjera i katastra u opštinama Nevesinje i Bileća u Republici Srpskoj. Pored opšte analize, izvršena je i uporedna analiza za ove dvije opštine i na osnovu toga su doneseni određeni zaključci koji prikazuju nivo razvoja i probleme premjera i katastra u obje opštine.

Abstract – In this paper an analysis of the state of survey and cadastre in the municipalities of Nevesinje and Bileća in the Republika Srpska was conducted. In addition to the general analysis, a comparative analysis was carried out for these two municipalities, and on the basis of which certain conclusions were drawn showing the level of development and problems of survey and cadastre in both municipalities.

Ključne reči: Katastar, nepokretnosti, Premjer, Vještačenje, Održavanje

1. UVOD

Motiv za izradu rada bio je utvrđivanje stanja premjera i katastra u opštinama Nevesinje i Bileća, kao i prikaz razvoja geodetske djelatnosti u Bosni i Hercegovini, počev od prvobitnog premjera za vrijeme Austrougarske u periodu od 1880-1884. godine, pa sve do danas. U radu su opisana tri ključna razdoblja razvoja geodetske službe u Bosni i Hercegovini.

U Republici Srpskoj trenutno je u toku proces uspostavljanja katastra nepokretnosti, ni u jednoj od dvije pomenute opštine taj proces nije završen do kraja. Uspostavljanje katastra nepokretnosti na cijeloj teritoriji Republike Srpske je primarni cilj i korak dalje ka modernizaciji katastra, koji je neophodan da bi se primakli nivou razvoja katastra u susjednim državama. Veliki problem predstavlja postojanje starog Austrougarskog premjera.

Održavanje starog grafičkog premjera predstavlja pravi izazov za geodete, jer su planovi uglavnom u lošem stanju zbog dugogodišnjeg korištenja, problem predstavljaju nestandardne razmjere austrougarskog premjera, poliedarska projekcija, gdje dolazi do potrebe za transformacijom koordinata u državni koordinatni sistem. Drugi problem koji se javlja odnosi se na katastarski operat, odnosno, na neriješena pitanja imovinsko-pravnih odnosa. U radu se iznose iskustva iz redovnog održavanja premjera i katastra i iskustva iz nekih projekata koji su

rađeni u novije vrijeme, uz zapažanja i preporuke za poboljšanje pravila i procedura održavanja premjera i katastra kao i održavanje usaglašenosti sa zemljišnom knjigom, u katastarskim opštinama gdje je još na snazi katastar zemljišta, što je Zakonom o zemljišnim knjigama i propisano [1].

Glavni cilj istraživanja je utvrđivanje kvaliteta starog austrougarskog premjera i njegova upotrebljivost u savremenim uslovima.

2. ANALIZA PREMJERA I KATASTRA NA PODRUČJU POLITIČKE OPŠTINE NEVESINJE**2.1. Prvi premjer**

Prva potpuna evidencija zemljišta na području političke opštine Nevesinje uspostavljena je na osnovu premjera koji je izvršila Austrougarska u periodu od 1880-1884. godine. Na osnovu premjera i drugih podataka izrađeni su katastarski planovi i katastarski operat.

Katastarski planovi su odrađeni u razmjeri 1:6250. Izuzetak su predstavljali planovi gradskog i gusto naseljenog područja koji su rađeni u razmjerama 1:3125, 1:562.5, 1:781.25. Na ovim planovima je prikazana samo horizontalna predstava terena, tj. zemljište i objekti na zemljištu.

Na osnovu izvršenog premjera uspostavljen je katastar zemljišta. Katastar, pored katastarskih planova, sadrži popis zemljišta sa naznakom vrste zemljišta i katastarske klase i popisom vlasnika parcela i objekata.

2.2. Državni premjer

Kako austrougarski premjer i katastar zemljišta ima ograničenu namjenu, a potrebe za tačnim numeričkim podacima o zemljištu i objektima bile su sve veće, to je značilo da je potrebno što prije pristupiti premjeru zemljišta i izradi geodetskih planova i karata koji će po svome sadržaju i razmjeri moći odgovoriti zahtjevima. Stoga se 1953. godine pristupilo novom premjeru i na osnovu toga premjera uspostavi nove evidencije na zemljištu.

Primjenom savremenih metoda premjeravanja (aerofotogrametrija) Bosne i Hercegovine je do kraja 1991. godine obavljen posao premjera na oko 92 % teritorija, i na tim osnovama uspostavljen katastar nepokretnosti na oko 50% teritorija Bosne i Hercegovine. Radovi su izvršavani prema propisima tadašnje Savezne geodetske uprave, te Geodetske uprave Bosne i Hercegovine.

Radove premjera izvodio je "Georad", sadašnji "Geodetski zavod Bosne i Hercegovine".

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Milan Trifković, red.prof.

2.3. Analiza stanja katastra na teritoriji političke opštine Nevesinje

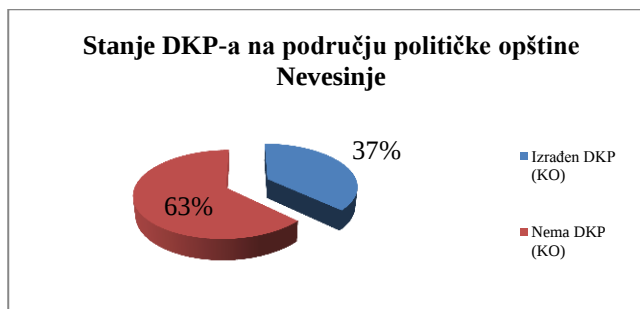
Opštinu čine 27 katastarskih opština od kojih su 26 seoskog, a jedna gradskog tipa (KO Nevesinje), sa ukupno 75 829 katastarskih parcela. Nevesinje je jedna od tri preostale političke opštine u Republici Srpskoj, pored Kalinovika i Ljubinja, u kojima nije u potpunosti izvršen novi premjer. Do 2010. godine uspješno je završeno osnivanje novog katastra za 10 premjerenih katastarskih opština, izlaganje podataka premjera i katastarskog klasiranja zemljišta na javni uvid kao i rješavanje prigovora. Stupanjem na snagu katastarskog operata novog katastra, prestao je da važi stari katastar zemljišta, koji se još koristi u nekim sporovima, ali je zvanično van službene upotrebe.

Osnovni cilj područne jedinice RGU Nevesinje po osnivanju novog katastra bio je ažurnost pri održavanju katastra i nastavak radova na izradi digitalnog katastarskog plana.

Za održavanje katastra koristi se novi softver eTeraSoft, koji je razvijen u projektu izrade katastra nepokretnosti na nivou Republike Srpske i koristi se od 2013. godine. Softver održava firma „VekomGeo“ iz Beograda, od koje ga je Republička geodetska uprava RS i kupila.

2.4. Digitalni katastarski plan na teritoriji opštine Nevesinje

Na području političke opštine Nevesinje, kao što je navedeno, izvršena je digitalizacija za deset katastarskih opština. Digitalizacija katastarskih planova izvršena je programskim sistemom DIGIT 98, a grafičke baze podataka su formirane programskim sistemom DBM 2000 u formatu baze podataka MySQL. Kao tehnički normativ korišten je Pravilnik o Digitalnom geodetskom planu [2]. Digitalni katastarski plan je urađen za 10 katastarskih opština, dok za 17 katastarskih opština ne postoji digitalni katastarski plan.



Slika 1 : Stanje DKP-a.

2.5. Greške u katastarskom operatu i DKP-u na području političke opštine Nevesinje

Analizirajući postojeće greške u operatu i načine nastanka istih, može se reći da dvojno vođenje katastarskog operata na način da se promjene provode odvojeno na planu i knjižnom dijelu katastarskog operata u svakoj katastarskoj opštini rezultuje sa određenim brojem grešaka. Ukoliko se promjena provede samo na katastarskom planu ili samo u operatu, u oba slučaja nastati će nesaglasnost plana i operata. Dakle, određene parcele ili dijelovi parcela postoje na katastarskom planu dok ih nema u operatu i obratno.

Određene katastarske opštine imaju izraženiju količinu grešaka, a karakteriše ih da pokrivaju urbanija područja gdje su katastarski planovi izrađivani u krupnijoj razmjeri (1:1000). Te katastarske opštine takođe karakteriše iznad prosječan broj promjena tokom održavanja katastarskog operata, i prosječna veličina parcele je bitno manja od katastarskih opština izvan urbanih područja.

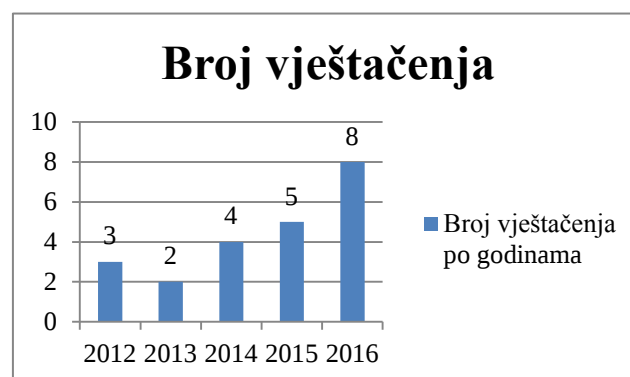
2.6. Vještačenja i supervještačenja

Što se tiče vještačenja i supervještačenja, na teritoriji opštine Nevesinje, bilo je u posmatranom periodu od 2012. do 2016. godine 22 vještačenja čiji broj varira od godine do godine, ali se u zadnje dvije godine može konstatovati blagi porast. Supervještačenja u posmatranom periodu nije bilo.

Vještačenja obavljaju zaposleni u područnoj jedinici, uglavnom se radi o vještačenjima za potrebe područne jedinice, mada po zahtjevu suda, zaposleni mogu da obave i sudsko vještačenje.

Ove poslove obavljaju dva lica koja imaju potrebno znanje i iskustvo iz oblasti geodezije.

Glavni krivci za pojavu vještačenja su nesavršenstvo premjera, greške, nedostaci i propusti u premjeru, odnosno održavanju premjera, jedan dio planova je uništen u toku Drugog svjetskog rata pa je u nekim slučajevima nemoguće rekonstruisati predašnje stanje, a u velikom broju slučajeva ne postoji odgovarajuća dokumentacija na osnovu koje su provodene promjene.



Slika 2: Broj vještačenja po godinama.

2.7. Neispravan upis u katastar zemljišta

Zahtjevi za ispravku greške u područnoj jedinici Nevesinje najčešće se odnose na greške nastale zbog pogrešno sračunate površine i oblika katastarskih parcela, pogrešno upisane spratnosti objekata, pogrešno upisana površina posebnih dijelova, greške pogrešne adrese nosioca prava i slično.

Prema podacima koji su preuzeti od nadležne službe za vođenje statističkih podataka u okviru područne jedinice RGU Nevesinje, od 2012. godine do polovine 2017. godine primljeno je 862 zahtjeva za ispravku greške. Broj primljenih zahtjeva varira od godine do godine što je vidljivo na sledećem grafiku, sa porastom zahtjeva u poslednje tri godine.



Slika 3. Broj zahtjeva za ispravku greške

3. STANJE PREMERA U OPŠTINI BILEĆA

Na području političke opštine Bileća postoji 25 katastarskih opština. U svim opštinama je urađen novi premjer, ali nije na snazi u svim opštinama, jer nije u potpunosti završen proces izlaganja podataka na javni uvid.

U četiri katastarske opštine izlaganje je u toku, u jednoj katastarskoj opštini završeno je izlaganje i čeka se kontrola.

Za 6 KO na području političke opštine Bileća, uspostavljen je katastar nepokretnosti po Zakonu o premjeru i katastru nepokretnosti Republike Srpske iz 2006. godine, softver koji se koristi za održavanje katastra nepokretnosti u ovim opštinama je MapSoft.

Novo softversko rešenje "EteraSoft", razvijeno je u okviru projekta "Registracija nepokretnosti", koji finansira Svjetska banka.

Za 15 KO od 2013. godine pa do danas uspostavljen je katastar nepokretnosti i za njegovo održavanje se koristi novi softver "eTeraSoft". Za 4 KO u toku je izlaganje podataka na javni uvid i još je u zvaničnoj upotrebi katastar zemljišta i zemljišna knjiga.

Digitalni katastarski plan je izrađen za sve katastarske opštine, ali za četiri katastarske opštine nije još uvijek u službenoj upotrebi.

Građani, državne institucije, lokalna samouprava i privatni sektor dobili su novu, objedinjenu svojinsko-pravnu evidenciju o nepokretnostima i pravima na njima.

4. UPOREDNA ANALIZA STANJA KATASTRA U OPŠTINAMA NEVESINJE, BILEĆA I MRKONJIĆ GRAD

U analizi je izvršeno poređenje vrste katastra, katastra vodova, softvera, DKP-a, te broja vještačenja i broja zahtjeva za ispravku greške na teritoriji ove tri političke opštine.

U sve tri opštine u nekom procentu još uvijek je na snazi katastar zemljišta. Najlošija situacija što se tiče procesa uspostavljanja katastra nepokretnosti je u opštini Nevesinje, gdje je za cijelu teritoriju još uvijek u službenoj upotrebi katastar zemljišta.

Za opštinu Mrkonjić Grad na 78% teritorije na snazi je popisni katastar iz 1953. godine, a samo na 22% teritorije katastar nepokretnosti.

Najbolja situacija je u opštini Bileća gdje je na 84% teritorije uspostavljen katastar nepokretnosti a u toku su radovi izlaganja na javni uvid i u ostalim opštinama.

Tabela 1 : Vrste katastra.

Politička opština	Vrsta katastra
Nevesinje	Katastar zemljišta na cijeloj teritoriji
Bileća	Katastar nepokretnosti na 84% teritorije, katastar zemljišta na 16% teritorije
Mrkonjić Grad	Na 78% teritorije popisni katastar, na 22% teritorije katastar nepokretnosti.

Što se tiče DKP-a stanje je najbolje u opštini Bileća, gdje je 100% teritorije pokriveno DKP-om.

Tabela 2 : Stanje DKP-a.

Politička opština	Ima DKP	Nema DKP	DKP u izradi	DKP nije u službenoj upotrebi
Nevesinje	33%	67%	-	16%
Bileća	100%	-	-	-
Mrkonjić Grad	22%	28%	-	50%

Što se tiče analize broja vještačenja u obzir su uzeta vještačenja koja vrše područne jedinice za svoje potrebe. Na području Republike Srpske, područne jedinice nemaju nadležnost da vrše vještačenja za sud, to rade isključivo lica sa položenim ispitom za sudskog vještaka.

U radu je analiziran broj vještačenja tokom tri godine (2014., 2015., 2016.) u Nevesinju, Bileći i Mrkonjić Gradu. Broj vještačenja u Bileći i Nevesinju, u zbiru, je približno istog nivoa, dok je u Mrkonjić Gradu nešto veći.

Tabela 3 : Broj vještačenja.

Politička opština	Broj vještačenja		
	2014.	2015.	2016.
Nevesinje	4	5	8
Bileća	8	3	5
Mrkonjić Grad	27	26	71

Može se zaključiti da je u opštini Bileća stanje mnogo bolje u odnosu na preostale dvije opštine. Neki od razloga su 100% pokrivenost DKP-om, izvršen novi premjer na teritoriji cijele opštine, Bileća grad je snimana klasičnim metodama koje imaju veću tačnost. Ipak, zaposleni u RJ Bileća nisu zadovoljni stanjem katastra, obzirom na uložena sredstva i napore, tvrde da se broj vještačenja i zahtjeva za ispravku greške nije mnogo promijenio osnivanjem katastra nepokretnosti.

Što se tiče opštine Nevesinje problem predstavljaju opštine sa starim premjerom, a u opštini Mrkonjić grad popisni katastar na 78 % teritorije.

5. DISKUSIJA

Na osnovu izvršene analize i prikazanih podataka, može se zaključiti da stanje katastra u Opštini Nevesinje nije na zavidnom nivou.

Najveći problem trenutno predstavlja postojanje dvojne evidencije. Drugi problem jeste stanje u kom se nalaze grafički podaci i katastarskog operata i zemljišne knjige, odnosno, planovi u analognim oblicima. Većina je oštećena u visokom stepenu i u skorije vrijeme bi mogla biti neupotrebljiva pri izradi kopija katastarskih planova kao i prilikom obavljanja drugih katastarskih poslova.

Opremljenost instrumentima prema obimu posla ove područne jedinice je zadovoljavajuća. PJ Nevesinje raspolaže sa jednom totalnom stanicom marke „ TOPCON GPT-3105N “ i jednim GPS uređajem marke CHC „ X900+ “. Zvanični softver u cijeloj Republici Srpskoj, pa i u područnoj jedinici Nevesinje je eTerraSoft. Ovaj softver realizovan je 2013. godine, do 2015. godine se koristio samo za održavanje katastarskog operata. 2015. godine prelazi se zvanično na eTerraSoft. Od tada je planirano da se sve promjene, i grafičke, i numeričke, i u operatu, i na DKP-u provode isključivo u eTerraSoft-u.

Održavanje eTerraSoft-a vrši firma “Vekom GEO” iz Beograda, koja je i realizovala ovo softversko rešenje.

Projektom osnivanja katastra nepokretnosti na teritoriji opštine Nevesinje i realizacijom novog premjera rješava se većina navedenih problema. Projekat osnivanja katastra nepokretnosti tek je u početnoj fazi, u toku je izlaganje podataka na javni uvid za KO Kifino Selo, intenziviranje radova očekuje se posle izvršavanja novog premjera na preostalom dijelu političke opštine.

Što se tiče opštine Bileća, tu je proces osnivanja katastra nepokretnosti u završnoj fazi. Preostaje da se izvrši izlaganje za još tri katastarske opštine. Za KO Zaušje nadzor je u toku izvršavanja uvida i pregleda predmeta. Za 5 KO u službenoj upotrebi je katastar nepokretnosti-korisništvo i zemljišna knjiga-vlasništvo. Za ostale KO katastar nepokretnosti je u službenoj upotrebi.

U toku postupka izlaganja sređuju se i grafički podaci. Na takav način obezbijediće se kvalitetnije i pristupačnije geodetske podloge koje se koriste u različite svrhe [3].

KO Bileća grad, je premjerena klasičnim metodama. Uprkos tome, zaposleni tvrde da ne postoji znatna razlika u broju vještačenja i broju zahtjeva za ispravku greške u odnosu na ostale KO, pa se postavlja pitanje opravdanosti ove investicije. Ipak postoji znatna razlika u pogledu tačnosti.

6. ZAKLJUČAK

Cilj ovoga rada bio je da se prikaže objektivno stanje premjera i katastra na teritoriji Republike Srpske, u dvije političke opštine, Nevesinje i Bileća, sa posebnim akcentom na stanje u područnoj jedinici Nevesinje.

Ako se u obzir uzme činjenica da je na 67% teritorije Opštine Nevesinje još uvijek na snazi austrougarski premjer iz 1880-1884 godine, dolazi se do zaključka da je stanje prilično loše. Novim aero-fotogrametrijskim premjerom obuhvaćeno je samo deset katastarskih opština, koje su raspoređene oko grada Nevesinja. Jedino za te katastarske opštine postoji urađen DKP, dok je ostatak opštine bez DKP-a.

Nevesinje je pored Kalinovika i Ljubinja jedina opština u Rep. Srpskoj gdje nije u potpunosti izvršen novi premjer. Kod starog premjera problem predstavljaju nestandardne razmjere austrougarskih planova (1:6250), poliedarska projekcija, stalna potreba za transformacijom koordinata i sl.

Što se tiče Opštine Bileća, na osnovu prikupljenih podataka, može se zaključiti da je stanje prilično dobro, pokrivenost DKP-om je 100%, međutim za oko 16% teritorije DKP još uvijek nije u službenoj upotrebi, katastar nepokretnosti treba biti uspostavljen u još 4 KO i taj proces je u toku.

Broj zahtjeva za ispravak greške i broj vještačenja je smanjen, a kao produkt novog premjera dobijeni su digitalni katastarski plan, katastarski planovi visinske predstave terena, digitalni model terena, digitalni orto-foto planovi.

Sve ovo podiže nivo kvaliteta podataka i usluga u predmetnoj područnoj jedinici i čini nivo kvaliteta premjera i katastra mnogo većim nego u susjednim opštinama.

Katastarska opština Bileća (grad) snimljena je klasičnim metodama što predstavlja veliku prednost u pogledu tačnosti.

I pored određenih poteškoća u izgradnji i održavanju u ažurnom stanju katastarske evidencije, ipak se može reći da je učinjeno mnogo i da se za nekoliko godina katastarski podaci mogu dovesti do visokog nivoa ažurnosti i pouzdanosti.

7. LITERATURA

- [1] Zakon o premjeru i katastru Republike Srpske ("Službeni glasnik Republike Srpske", broj 06/12)
- [2] Pravilnik za održavanje premjera i katastra zemljišta ("Službeni glasnik Republike Srpske", broj 17/09)
- [3] Cvijović Č, "Procedure i postupci u katastru nepokretnosti", Visoka građevinsko geodetska škola, Beograd, 2009.

Kratka biografija:



Bojan Mučibabić, rođen je 1993. godine u Trebinju. Gimnaziju opšti smjer u Gacku završio je 2012. godine. Diplomski rad iz oblasti komasacije na Fakultetu tehničkih nauka, odbranio je 2016. godine.



Dr. Milan Trifković red. prof., rođen je u Ubu, 1964. godine. Doktorirao je iz oblasti geodezije na građevinskom fakultetu u Beogradu 2000. godine.

RANGIRANJE KATASTARSKIH OPŠTINA U OPŠTINI RUMA**RANKING OF CADASTRAL MUNICIPALITIES IN THE MUNICIPALITY RUMA**Saša Đurković, Goran Marinković, Jelena Lazić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GEODEZIJA I GEOMATIKA**

Kratak sadržaj – U ovom radu prezentovano je istraživanje iniciranja komasacionih projekata. Istraživački deo rada je obuhvatio prikupljanje podataka relevantnih za rangiranje katastarskih opština u Opštini Ruma. U eksperimentalnom delu rada je na osnovu prikupljenih podataka, izvršeno rangiranje katastarskih opština za pokretanje komasacionih projekata u Opštini Ruma.

Ključne reči: Komasacija, rangiranje

Abstract – In this paper is presented research of initiations of land consolidation projects. The research part covered the data collecting relevant for ranking of cadastral municipalities in the Municipality of Ruma. In the experimental part of the work, according to collected data, ranking of the cadastral municipalities is performed for starting land consolidations projects in the municipality of the Ruma.

Keywords: Land consolidation, ranking

1. UVOD

Komasacija zemljišta je agrarna operacija koja ima za cilj spajanje većeg broja malih parcela, tj. stvaranje većih, za obradu pravilnijih zemljišnih parcela. Na taj način se pospešuje poljoprivredna proizvodnja na tom zemljištu. Komasacija zemljišta je nedvosmisleno jedan od najstroženijih radova koje izvode geodetski stručnjaci.

Kroz komasaciju se rešavaju različiti problemi, a u postupku učestvuju i druge struke: pravnici, agronomi, hidrotehničari, urbanisti, i dr.

U Srbiji bi se provođenjem komasacija zemljišta rešilo više aktualnih problema vezanih za zemljište, a ne samo ukupnjavanje zemljišta.

Predmet istraživanja u ovom radu jesu komasacioni projekti uopšte i mogućnosti primene metoda višekriterijumske analize u procesu njihovog iniciranja.

Osnovni i primarni cilj istraživanja u ovom radu jeste formiranje modela rangiranja i rangiranje komasacionih projekata, koji bi se zasnivao na jednoj od metoda višekriterijumske analize, VIKOR metodi.

2. AKTUELNO STANJE U OBLASTI ISTRAŽIVANJA

Prema domaćoj literaturi, komasacija zemljišta je skup mera iz oblasti prostornog planiranja, prava, tehnike,

ekonomije i poljoprivrede, koje državni organi sprovode na zemljišnoj teritoriji (izvan urbanih sredina) zarad pospešivanja uslova života i eksploatacije poljoprivrednog zemljišta [1]. Proces komasacije se sve češće vidi kao šansa za rešavanje mnogo složenijih problema vezanih za uređenje prostora [2].

Prema stranoj literaturi, komasacija zemljišta je sredstvo za poboljšanje efikasnosti korišćenja zemljišta i podršku ruralnom razvoju [3]. Takođe olakšava upravljanje zaštitom životne sredine, i značajno doprinosi rešavanju drugih socijalnih i ekonomskih pitanja vezanih za upravljanje razvojem ruralnih područja [4].

Komasacija zemljišta ima veoma značajnu ulogu u obezbeđivanju ekonomske održivosti ruralnih područja, olakšavanju upravljanja životnom sredinom i racionalizaciji urbanog razvoja [4].

Projekti komasacije zemljišta su najčešće povezani sa uređenjem poljoprivrednog zemljišta, navodnjavanjem, odvodnjavanjem i rekonstrukcijom i izgradnjom atarskih puteva, za koje je utvrđeno da imaju veoma značajnu ulogu u unapređenju i poboljšanju poljoprivredne proizvodnje, ekoloških sistema i ekonomskog razvoja [5].

2.1. Komasacioni projekti u Kini

Komasacioni projekti u Kini se finansiraju od strane države i najčešće su povezani sa inženjerskim radovima, koji se mogu podeliti u četiri opšte kategorije [6]:

- Prvi tip je udruživanje malih parcela u velike parcele ravnanjem, odnosno uzimanjem zemlje iz malog grebena koji obično deli zemljišta. Na ovaj način se povećava dostupna površina i uklanjaju prepreke korišćenju poljoprivredne mehanizacije.
- Druga vrsta inženjerskih radova je izgradnja poljoprivrednih sistema za navodnjavanje i odvodnjavanje.
- Treći tip je izgradnja terenskih (poljoprivrednih) puteva.
- Četvrti tip je podizanje poljozaštitnih šumskih poja-seva.

Za ove inženjerske radove dokazano je da imaju pozitivne efekte u regionima gde su realizovani komasacioni projekti. Međutim, fragmentacija zemljišta u komasacionom području je veoma velika, odnosno parcele koje pripadaju svakom poljoprivrednom gazdinstvu su razbacane na velikom broju mesta. Na ovu činjenicu je uticalo i oduzimanje zemljišta od strane države, što je takođe povećalo i broj sporova oko vlasništva nad zemljištem. Jedna od najvažnijih aktivnosti lokalne samouprave u procesu komasacije je preraspodela zemljišta, čime se sakupljaju rastrkane parcele i smanjuje broj delova takozvanog mozaika zemljišta, posle realizacije komasacionog projekta. Generalno, pozitivne promene nastale

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Goran Marinković, docent.

usled implementacije komasacije, mogu se podeliti u šest glavnih kategorija [6]:

- raspoloživo poljoprivredno zemljište,
- veličina i oblik parcele,
- poljski putevi i pristupačnost parcelama,
- gustina i povezanost sistema za navodnjavanje i sistema za odvodnjavanje,
- tipovi korišćenja zemljišta, i
- broj parcela po domaćinstvu u komasacionom području.

3. MATERIJAL

Materijal za ovu studiju obuhvata osamnaest katastarskih opština u Opštini Ruma. Od relevantnih institucija (Republički geodetski zavod, Opština Ruma, Zavod za statistiku i dr.) je prikupljen ogroman broj podataka, zbog čega je njihovo prikazivanje ovde izostavljeno.

Podaci su sistematizovani i statistički obrađeni, a njihov deo je prikazan u matrici odlučivanja (Tabela 1.).

4. DEFINISANJE MODELA RANGIRANJA

4.1. Definisanje kriterijuma za rangiranje

U cilju utvrđivanja optimalne katastarske opštine, odnosno rangiranja istih za realizaciju komasacionih projekata u Opštini Ruma, a na osnovu analize brojne studijske i naučne literature [1, 7] i konsultacija sa eksp-

tima iz oblasti komasacije, definisani su relevantni kriterijumi za rangiranje.

U ovom modelu su definisani sledeći kriterijumi:

- f_1 : Udeo obradivog zemljišta u ukupnoj površini poljoprivrednog zemljišta;
- f_2 : Udeo državne svojine u ukupnoj površini poljoprivrednog zemljišta;
- f_3 : Površina državnog zemljišta koja se daje u zakup;
- f_4 : Prosečna katastarska klasa zemljišta;
- f_5 : Prosečna površina parcele;
- f_6 : Broj parcela po listu nepokretnosti;
- f_7 : Prosečna površina poseda učesnika komasacije;
- f_8 : Procenat individualnih poljoprivrednih proizvođača sa vlasništvom većim od 5 ha;
- f_9 : Aktivno poljoprivredno stanovništvo;
- f_{10} : Stanje komasacije.

4.2. Dodeljivanje težinskih koeficijenata

Dodeljivanje težinskih koeficijenata pojedinim kriterijumima je izvršeno primenom AHP konsenzus modela (Tabela 1.) [1, 7].

4.3. Formiranje matrice odlučivanja

Dodeljivanje vrednosti svakoj alternativni, za svaki kriterijum je izvršeno na osnovu realnih podataka, prikupljenih u toku istraživanja. U tabeli 1. je data matrica odlučivanja za rangiranje katastarskih opština u Opštini Ruma, za uređenje poljoprivrednog zemljišta komasacijom.

Tabela 1. Matrica odlučivanja

Kriterijum	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
Jedinica	%	%	%	n. br.	ha	br/ln	ha	%	%	n. br.
Težina	0.198	0.071	0.119	0.030	0.198	0.119	0.071	0.119	0.045	0.030
Cilj	max	max	max	min	min	max	max	max	max	min
Alternativa										
ŽARKOVAC	99.6	56.6	53.6	5.9	2.9	3.1	8.9	10.0	64.7	5.0
BUĐANOVCI	97.9	12.2	9.6	3.7	1.4	3.1	4.4	23.0	81.1	5.0
DOBRINCI	97.7	9.3	9.6	2.4	0.7	3.4	2.5	13.0	75.6	1.0
D. PETROVCI	94.3	11.4	6.3	1.6	1.6	2.5	4.0	18.0	74.7	5.0
GRABOVCI	98.2	25.9	8.0	4.0	3.3	3.4	11.3	16.0	50.0	5.0
HRTKOVCI	99.6	19.6	19.1	3.8	1.2	2.6	3.1	7.0	65.6	5.0
KLENAK	96.3	2.6	0.2	3.5	1.5	2.5	3.7	3.0	44.3	5.0
KRALJEVCI	96.8	18.5	18.4	2.3	0.6	4.3	2.8	10.0	74.3	1.0
M. RADINCI	95.8	3.2	2.6	2.5	1.4	2.2	3.0	12.0	77.3	5.0
MARĐELOS	98.6	8.2	5.5	2.0	0.8	3.1	2.4	10.0	60.3	1.0
NIKINCI	99.2	33.4	32.9	4.1	2.4	2.2	5.3	7.0	55.5	5.0
PAVLOVCI	78.0	23.1	14.8	3.2	0.7	3.4	2.3	7.0	50.0	1.0
PLATIČEVO	99.0	13.1	5.9	3.8	1.8	2.3	4.2	10.0	63.2	5.0
PUTINCI	98.9	7.6	6.7	1.8	1.2	2.0	2.4	7.0	50.8	5.0
RUMA	93.2	16.8	19.5	1.3	0.8	3.2	2.4	6.0	12.6	1.0

4.3. Matematički model VIKOR metode

Metoda VIKOR (VIšekriterijumsko KOMPromisno Rangiranje) razvijena je za potrebe određivanja višekriterijumskog optimalnog rešenja. Pritom se pretpostavlja da donosilac odluke nema izraženu (ili ima nedovoljno izraženu) preferenciju alternativa u procesu odlučivanja. Rezultati dobijeni ovom metodom su takvi

da istovremeno formiraju kompromis između želja i mogućnosti, ali i kompromis između različitih interesa učesnika procesa odlučivanja.

Matematički model VIKOR metode je opisan u mnogim naučnim i stručnim radovima, kao što je [8], pa je njegovo detaljno opisivanje ovde izostavljeno.

5. EVALUACIJA DEFINISANOG MODELA RANGIRANJA

Na matricu odlučivanja (Tabela 1.), sa težinskim koeficijentima, primenjen je model VIKOR metode. U nastavku su prezentovani rezultati dobijeni primenom

VIKOR metode, za rangiranje katastarskih opština u Opštini Ruma.

U tabeli 2. dat je prikaz normalizovane matrice odlučivanja, a u tabeli 3. prikaz težinske normalizovane matrice odlučivanja.

Tabela 2. Normalizovana matrica odlučivanja

Alternativa/Kriterijum	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
ŽARKOVAC	0.000	0.000	0.000	1.000	0.850	0.549	0.266	0.650	0.239	1.000
BUĐANOVCI	0.078	0.823	0.825	0.517	0.288	0.549	0.766	0.000	0.000	1.000
DOBRINCI	0.087	0.875	0.824	0.230	0.041	0.414	0.972	0.500	0.080	0.000
D. PETROVCI	0.242	0.836	0.885	0.051	0.363	0.795	0.810	0.250	0.093	1.000
GRABOVCI	0.065	0.569	0.854	0.577	1.000	0.426	0.000	0.350	0.454	1.000
HRTKOVCI	0.000	0.685	0.646	0.551	0.213	0.775	0.910	0.800	0.226	1.000
KLENAK	0.151	1.000	1.000	0.475	0.326	0.795	0.844	1.000	0.537	1.000
KRALJEVCI	0.127	0.705	0.660	0.212	0.004	0.061	0.948	0.650	0.099	0.000
M. RADINCI	0.175	0.989	0.956	0.266	0.288	0.918	0.921	0.550	0.055	1.000
MARĐELOS	0.042	0.896	0.901	0.152	0.064	0.533	0.986	0.650	0.304	0.000
NIKINCI	0.019	0.429	0.389	0.611	0.663	0.918	0.666	0.800	0.374	1.000
PAVLOVCI	1.000	0.620	0.728	0.411	0.022	0.434	0.994	0.800	0.454	0.000
PLATIČEVO	0.025	0.806	0.893	0.539	0.419	0.877	0.788	0.650	0.261	1.000
PUTINCI	0.029	0.908	0.878	0.109	0.213	1.000	0.988	0.800	0.442	1.000
RUMA	0.294	0.736	0.640	0.000	0.049	0.504	0.983	0.850	1.000	0.000
STEJANOVCI	0.250	0.614	0.676	0.416	0.000	0.000	0.943	0.650	0.109	0.000
VITOJEVCI	0.121	0.886	0.886	0.528	0.251	0.918	0.943	0.550	0.143	1.000
VOGANJ	0.116	0.480	0.475	0.278	0.026	0.475	1.000	0.950	0.304	0.000

Tabela 3. Težinska normalizovana matrica odlučivanja

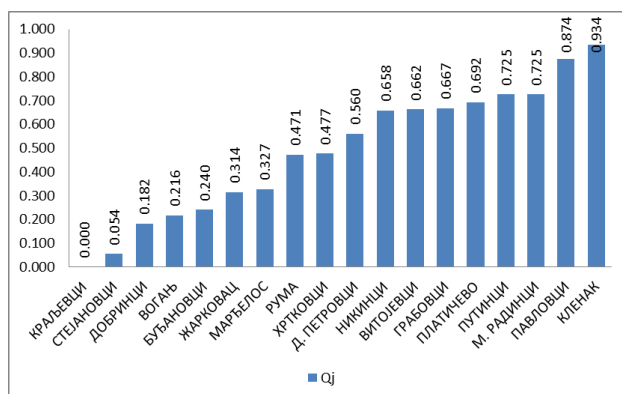
Alternativa/Kriterijum	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
ŽARKOVAC	0.000	0.000	0.000	0.030	0.168	0.065	0.019	0.077	0.011	0.030
BUĐANOVCI	0.015	0.059	0.098	0.015	0.057	0.065	0.055	0.000	0.000	0.030
DOBRINCI	0.017	0.063	0.098	0.007	0.008	0.049	0.069	0.060	0.004	0.000
D. PETROVCI	0.048	0.060	0.105	0.002	0.072	0.095	0.058	0.030	0.004	0.030
GRABOVCI	0.013	0.041	0.102	0.017	0.198	0.051	0.000	0.042	0.020	0.030
HRTKOVCI	0.000	0.049	0.077	0.016	0.042	0.092	0.065	0.095	0.010	0.030
KLENAK	0.030	0.071	0.119	0.014	0.064	0.095	0.060	0.119	0.024	0.030
KRALJEVCI	0.025	0.050	0.079	0.006	0.001	0.007	0.068	0.077	0.004	0.000
M. RADINCI	0.035	0.071	0.114	0.008	0.057	0.109	0.066	0.066	0.003	0.030
MARĐELOS	0.008	0.064	0.107	0.005	0.013	0.063	0.070	0.077	0.014	0.000
NIKINCI	0.004	0.031	0.046	0.018	0.131	0.109	0.048	0.095	0.017	0.030
PAVLOVCI	0.198	0.044	0.087	0.012	0.004	0.052	0.071	0.095	0.020	0.000
PLATIČEVO	0.005	0.058	0.106	0.016	0.083	0.104	0.056	0.077	0.012	0.030
PUTINCI	0.006	0.065	0.105	0.003	0.042	0.119	0.071	0.095	0.020	0.030
RUMA	0.058	0.053	0.076	0.000	0.010	0.060	0.070	0.101	0.045	0.000
STEJANOVCI	0.049	0.044	0.081	0.012	0.000	0.000	0.067	0.077	0.005	0.000
VITOJEVCI	0.024	0.063	0.106	0.016	0.050	0.109	0.067	0.066	0.006	0.030
VOGANJ	0.023	0.034	0.057	0.008	0.005	0.057	0.071	0.113	0.014	0.000

U sledećem koraku su izračunate vrednosti S_j - pesimističko rešenje i R_j - očekivano rešenje, a na osnovu njih i Q_j - kompromisno rešenje (Tabela 4.). Rangiranje je izvršeno sortiranjem alternativa prema vrednosti mere Q_j (Tabela 4.), tako što je najbolje rangirana katastarska opština, ona sa najmanjom vrednošću mere Q_j , pa redom po rastućem nizu.

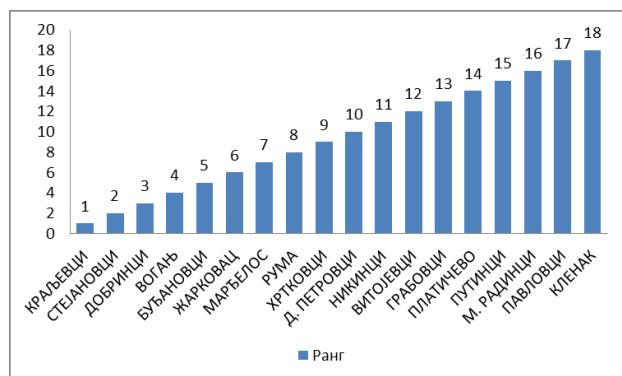
Na slici 1. je dat grafički prikaz mere kompromisnog rešenja Q_j alternativa (katastarskih opština), dok je grafički prikaz njihovih konačnih rangova, prezentovan na slici 2.

Tabela 4. Vrednosti mere pesimističkih, očekivanih i kompromisnih rešenja i rang alternativa

Alternativa	S_j	R_j	Q_j	Rang
ŽARKOVAC	0.4000	0.1680	0.3140	6
BUĐANOVC	0.3946	0.0982	0.2397	5
DOBRINCI	0.3748	0.0982	0.1821	3
D.PETROVCI	0.5026	0.1055	0.5602	10
GRABOVCI	0.5126	0.1976	0.6670	13
HRTKOVCI	0.4770	0.0953	0.4771	9
KLENAK	0.6270	0.1191	0.9341	18
KRALJEVCI	0.3180	0.0786	0.0000	1
M. RADINCI	0.5569	0.1139	0.7254	16
MARĐELOS	0.4218	0.1073	0.3266	7
NIKINCI	0.5286	0.1310	0.6576	11
PAVLOVCI	0.5839	0.1976	0.8744	17
PLATIČEVO	0.5474	0.1064	0.6917	14
PUTINCI	0.5552	0.1191	0.7250	15
RUMA	0.4733	0.1013	0.4714	8
STEJANOVC	0.3359	0.0805	0.0539	2
VITOJEVCI	0.5365	0.1094	0.6623	12
VOGANJ	0.3822	0.1132	0.2162	4



Slika 1. Mera kompromisnog rešenja alternativa Q_j



Slika 2. Konačna rang lista alternativa

6. ZAKLJUČAK

Komasacioni projekti su u poslednjih desetak godina veoma aktuelni i sve češće dolazi do njihovog pokretanja u Republici Srbiji. Međutim, u situaciji kada država ima ograničena sredstva za ovu namenu, postavlja se pitanje kojim katastarskim opštinama treba dati prioritet.

Savremeni pristup rešavanju ovog problema, iziskuje korišćenje višekriterijumske analize, gde postoji više

desetina različitih metoda, čiji se matematički modeli značajno razlikuju.

Za rangiranje katastarskih opština u Opštini Ruma, što je i bio predmet istraživanja u ovom radu, korištena je VIKOR metoda.

Prema rezultatima dobijenim u ovom radu, prioritet za pokretanje komasacionih projekata u Opštini Ruma treba dati katastarskoj opštini Kraljevci, zatim slede Stejanovci, Dobrinici i Voganj. Najlošije rangirane katastarske opštine su Putinci, Mali Radinci, Pavlovci i Klenak.

Na kraju treba naglasiti da bi metodologija koja je korištena u ovom radu, u značajnoj meri mogla pomoći da se prilikom iniciranja komasacionih projekata donose objektivne odluke, kada se radi o davanju prioriteta katastarskim opštinama za pokretanje komasacionih projekata.

7. LITERATURA

- [1] Marinković, G., Ninkov, T., Trifković, M., Nestorović, Ž., Pejičić, G., 2016. On the land consolidation projects and cadastral municipalities ranking, Technical Gazette, Vol. 23, No 4, pp. 1147-1153
- [2] Nestorović, Ž., 2012. Karakteristike komasacionih projekata, Zbornik radova GF Subotica, br. 21, str. 69-73
- [3] Sklenicka, P., 2006. Applying evaluation criteria for the land consolidation effect to three contrasting study areas in Czech Republic. Land Use Policy 23 (4), 502-510.
- [4] Crecente, R., Alvarez, C., Frau, U., 2002. Economic, social and environmental impact of land consolidation in Galicia. Land Use Policy 19 (2), 135-147.
- [5] Van Dijk, T., 2007. Complications for traditional land consolidation in Central Europe. Geoforum 38 (3), 505-511.
- [6] Zhanga, Z., Zhaob, W., Guca, X., 2014. Changes resulting from a land consolidation project (LCP) and its resource-environment effects: A case study in Tianmen City of Hubei Province, China, Land Use Policy, 40, 74-82
- [7] Lazić, J., Marinković, G., Trifković, M., Morača, S., Nestorović, Ž., 2015. Ocenjivanje težina kriterijuma kod rangiranja komasacionih projekata, Zbornik radova GF Subotica, br. 28, str. 123-135
- [8] Opricović, S., 1998. Višekriterijumska optimizacija sistema u građevinarstvu, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd

Kratka biografija:

Saša Đurković rođen je u Brusu 1982. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Geodezije odbranio je 2018.god. (kontakt: mail. sasacuruvija@yahoo.com)

Goran Marinković rođen je u Vlasenici 1968. god. Doktorsku disertaciju na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Geodezije odbranio 2015.god. (kontakt: mail. goranmarinkovic@uns.ac.rs)

Jelena Lazić rođena je u Vrbasu 1991. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Geodezije odbranila je 2015.god. (kontakt: mail. lazicjelena@uns.ac.rs)

3D MODELOVANJE OBJEKATA NA OSNOVU OBLAKA TAČAKA**3D OBJECT MODELING BASED ON POINTS CLOUD**

Mladen Stojičić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GEODEZIJA I GEOMATIKA

Kratak sadržaj – U ovom radu je prezentovano dobijanje 3D modela zgrade iz oblaka tačaka radi prikaza na virtuelnom atlasu ili 3D bazi podataka. Zgrada Filozofskog i Pravnog fakulteta u Novom Sadu je objekat koji je modelovan i konačno projektovan u CityGML formatu sa LOD2 nivoom detalja. Proces nastajanja 3D modela objekta podrazumjeva akviziciju vazдушnim laserskim skeniranjem zatim obradu u programskim alatima i dostavljanje u željenom formatu.

Ključne reči: 3D model grada, oblak tačaka, LiDAR, CityGML, Cesium.

Abstract – In this paper, the 3D building model from the cloud points is presented for display on a virtual atlas or 3D database. The building of the Faculty of Philosophy and Law in Novi Sad is an object that was modeled and finally designed in CityGML data format with LOD2 level of detail. The process of creating a 3D model of a building implies acquisition by air laser scanning, then processing in software tools and delivery in the desired format.

Key words: 3D city model, point cloud, LiDAR, CityGML, Cesium.

1. UVOD

3D gradski model predstavlja reprezentaciju urbane sredine sa trodimenzionalnom geometrijom zajedničkih urbanih objekata i struktura, sa zgradama kao najistaknutijim svojstvima. U posljednjih nekoliko decenija, 3D gradski modeli su se koristili uglavnom za potrebe vizualizacije, ali danas nalaze primjenu u sve većem broju projekata i radnih zadataka. Sam razvoj načina građenja u 21. vijeku i potrebe za posjedovanjem informacije o prostoru iznad i ispod zemlje podstakao je razvoj ovakvih modela. Za prikupljanje podataka za gradske modele koriste se mnoge tehnologije, ali za ovaj rad je korištena tehnologija vazdušnog laserskog skeniranja pa je ista i objašnjena. Zadatak ovog rada je kreiranje 3D gradskog modela zgrade Filozofskog i Pravnog fakulteta u Novom Sadu, i postavljanje istog na virtuelni globus ili 3D bazu gradova. Programski paketi su alat koji je korišten za obradu podataka, i to na prvom mjestu za obradu oblaka tačaka u smislu vektorizacije i klasifikacije. Za ovu svrhu je korišten Microstation programski paket kojem je instalirana nadogradnja u vidu paleta aplikacija TerraSolid-a.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Miro Govedarica, red. prof.

Zatim je izvektorizovani model estetski doraden u SketchUp programu, da bi na kraju obrada podrazumjevala dobijanje modela gore navedenog objekta u CityGML LOD2 formatu pomoću FME programskih paketa. Modeli objekata nakon kreiranja uobičajeno se postavljaju na 3D baze podataka ili virtuelne globuse, tako je odabran Cesium virtuelni globus za konačno odredište ovog 3D modela.

2. 3D GRADSKI MODELI

Gradovi sve više usvajaju 3D gradske modele. Obezbeđivanjem dodatnih vrijednosti i podataka preko 2D geopodataka, 3D gradski modeli postaju značajni prilikom donošenja odluka i za unapređivanje efikasnosti upravljanja podacima. Lokalne uprave koriste 3D gradske modele za urbanističko planiranje i simulacije gradskog okruženja za procjenu sjenki koje prave zgrade, zatim istraživanje kako se buka iz saobraćaja propagira kroz naselja i predviđanja koliko solarnog zračenja dobija krov neke zgrade kako bi se procijenilo da li je ekonomski izvodljivo za instalaciju solarnog panela, kao i mnoge druge implementacije 3D gradskih modela (Slika 1). Slično kao i tradicionalni 2D skupovi geopodataka, 3D gradski modeli predstavljaju aproksimaciju stvarnog svijeta, tj. karakteristike su modelovane na određenom nivou podataka i pojedini elementi su pojednostavljeni ili izostavljeni.



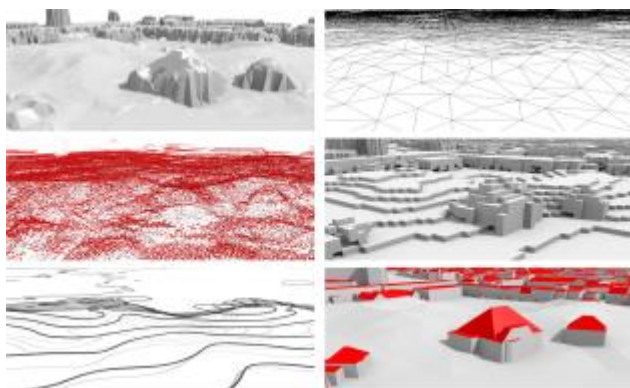
Slika 1. Primjeri 3D gradskih modela širom svijeta

Kvantitet i sadržaj gradskog modela povezan je direktno sa budućim načinom korištenja 3D gradskog modela. Količina detalja koja je obuhvaćena u 3D modelu, u smislu geometrije i atributa, kolektivno se naziva nivo detalja (LOD – Level Of Details), što ukazuje na to kako je temeljno modelovana prostorna veličina kao rezultat. LOD je suštinski koncept u GIS-u i 3D modelovanju gradova. Pri prikupljanju podataka LOD služi kao glavno uputstvo o tome koliko ćemo detaljno prikupiti podatke, a

sam on se ne odnosi samo na količinu geometrijskih podataka već i na semantičko bogatstvo [1].

2.1. Akvizicija 3D gradskog modela

3D gradski modeli mogu biti proizvedeni različitim tehnikama i pristupima. Razumjevanje tehnike akvizicije podataka je najvažnije kada se diskutuje o konceptu LOD-a, jer je LOD modela direktan rezultat tehnike akvizicije i drugih parametara u procesu prikupljanja podataka. Načini prikupljanja podataka se mogu sortirati prema platformama sa kojih se vrši snimanje: satelitskim (eng. spaceborn), avionskim, bespilotnim avionskim sistemima (dronovi), zatim mobilnim mapiranjem, terenski (statično), ručnim uređajima i snimanjem velike količine podataka odjednom. Drugi način razlikovanja prikupljanja podataka je prema vrsti senzora za snimanje. Tu su najznačajniji: lidar, radar, kamera (fotogrametrija) i totalne stanice. Permutacije između platformi sa kojih se snima i tehnologija snimanja podataka rezultuju brojnim pristupima (Slika 2).



Slika 2. Različiti tipovi 3D geoinformacija koji predstavljaju istu površinu

Važna je kombinacija različitih tehnika prikupljanja podataka kada je riječ o LOD-u, a isto tako se neke LOD specifikacije mogu dobiti samo kombinacijom različitih tehnika akvizicije [1].

2.2. Aplikacije 3D gradskih modela

Danas se 3D modeli sve više koriste u velikom broju različitih domena za veliki broj zadataka izvan vizuelizacije. Među mnogo aplikacija primjene 3D gradskih modela, izdvojene su četiri najznačajnije i to su: procjena izloženosti sunčevoj svjetlosti, procjena širenja buke u urbanim sredinama (Slika 3), simulacije poplava i procjena sjenki u urbanim sredinama.



Slika 3. Procjena zagađenosti urbanih sredina bukom

Ove četiri analize predstavljaju najubjedljivije slučajeve koji ukazuju na značaj i korist korišćenja 3D GIS-a, jer neki od njih nisu mogući sa 2D GIS-om, ili pružaju dodatne vrijednosti preko 2D GIS-a.

3. LASERSKO SKENIRANJE

Sistemi za lasersko skeniranje su predmet fenomenalnog naučnog razvoja u posljednjih nekoliko decenija i bez sumnje su postali najvažnija tehnologija za akviziciju prostornih podataka. Postavljeni na vazdušne platforme (avion, helikopter i sl.) ili platforme fiksirane na zemlji, ovi sistemi mogu sakupljati 3D podatke o prostoru u velikim količinama sa zadovoljavajućom preciznošću. Ako se još doda to da je složenost obrade izmjerenih laserskih podataka relativno skromna, dobijamo još jednu činjenicu koja je podstakla masovnu primjenu ove tehnologije. Vazdušno lasersko skeniranje je metoda korištena u obradi oblaka tačaka u praktičnom dijelu rada. Ova metoda koristi pokretnu platformu koja se po planu leta kreće na određenoj visini, određenom brzinom. Za platforme se koriste helikopteri, avioni, dronovi, bespilotne letjelice, a u nekim slučajevima i sateliti. Tokom leta LiDAR skuplja podatke koji se odnose na njegov koordinatni sistem, a GPS i IMU jedinica koje se nalaze u letjelici prikupljaju podatke o poziciji i orijentaciji u vazduhu. Istovremeno, GPS stanice na zemlji prikupljaju podatke o svojoj poziciji i podatke o poziciji letjelice, da bi se kasnijim računanjem dobile tačne pozicije u svakom trenutku vazdušne platforme. Koristeći GPS i IMU podatke, položaj laserskog skenera se može izračunati od decimetarske do centimetarske tačnosti i njegova orijentacija se određuje na stoti dio stepena. Podaci o položaju i orijentaciji se čuvaju kao funkcija GPS vremena. Pozicioni i orijentacioni sistem sa skenerom je sinhronizovan, tako da nakon sinhronizacije laserski vektor za svaku snimljenu tačku se može transformisati u fiksni koordinatni sistem [2].

4. 3D MODELOVANJE OBJEKTA NA OSNOVU OBLAKA TAČAKA

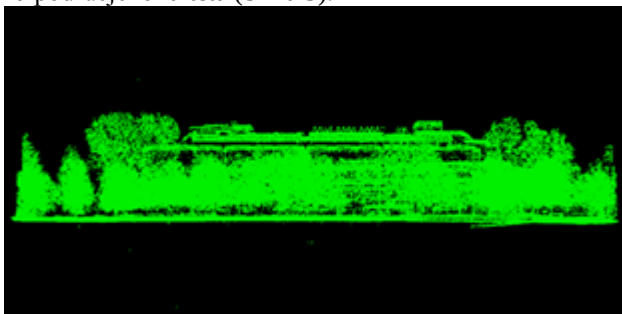
Praktičan dio rada je podrazumjevaao obradu podataka od oblaka tačaka do 3D modela objekta. Objekat koji treba da se modeluje je zgrada Filozofskog i Pravnog fakulteta u Novom Sadu (Slika 4). Ulazni podaci su dobijeni metodom vazdušnog laserskog skeniranja, zatim su obrađeni u više softverskih programa da bi dobili fotorealističan model objekta i naš model je podignut na virtualni atlas.



Slika 4. Zgrada Filozofskog i Pravnog fakulteta u Novom Sadu

4.1. LiDAR akvizicija podataka

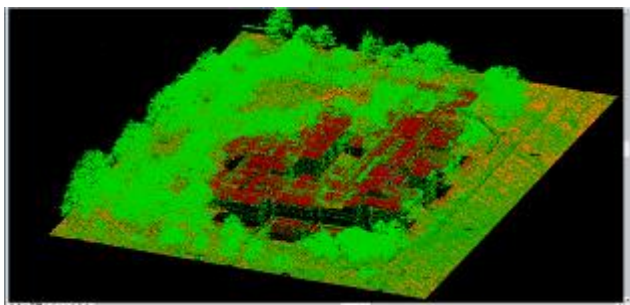
Podaci koji su obrađivani u radu su dio velikog skupa podataka koji je podrazumjevaao cijelo područje Novog Sada. Naime, u aprilu 2016. godine je izvršeno vazdušno lasersko skeniranje Novog Sada. Platforma na koju je montiran sistem za lasersko skeniranje je helikopter tipa BellJetRanger 206B3, a tip laserskog skenera koji je korišten je Riegl LMS-q680i. Ovaj laserski skener kao deo sistema za vazdušno lasersko skeniranje se koristi za: topografska snimanja i snimanja rudarskih kopova, mapiranje koridora, 3D modelovanje gradova, mapiranje obalnih linija reka i jezera, snimanje dalekovoda, snimanja u agrikulturi i šumarstvu, klasifikaciju zemljišta, mapiranje glečera i površina pod snegom. Nakon izvršenog snimanja dostavljen je blok od 974043 tačaka za područje fakulteta (Slika 5).



Slika 5. Oblak tačaka područja koje se obrađuje

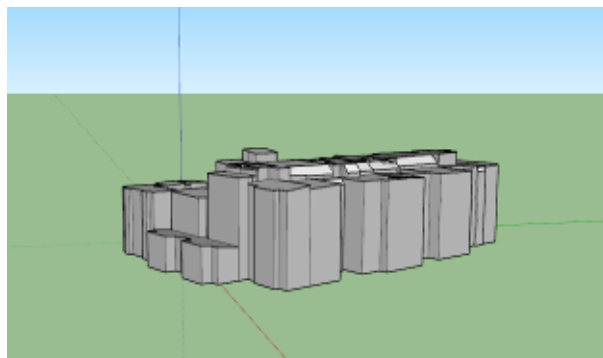
4.2. Klasifikacija i vektorizacija oblaka tačaka

Obrada oblaka tačaka u smislu klasifikacije i vektorizacije dobijenih laserskih sirovih podataka je obavljena pomoću programskog paketa Microstation V8i sa alatima TerraSolid aplikacije. Klasifikacija će se izvršiti za čitav blok tačaka, koji podrazumijeva zgradu Filozofskog i Pravnog fakulteta i objekte i infrastrukturu koja ga okružuje (klupe, električna rasvjeta, stabla, saobraćajna signalizacija i drugi objekti po prethodno definisanim klasama). Metode klasifikacije prilikom obrade oblaka tačaka mogu da budu automatske, poluautomatske i ručne. Možemo koristiti bilo koju od ovih metoda pojedinačno nad nekim skupom podataka, ali se najbolji rezultati dobijaju kombinacijom ovih metoda. Takođe u obradi dobijenih podataka je korištena kombinacija metoda klasifikacije prema prethodno definisanim klasama. Nakon izvršenih učitavanja potrebnih podataka u Microstation, prelazi se na proces izvršenja klasifikacije tačaka. Jedna od mogućnosti klasifikacije je kreiranje makroa. Oni služe za kreiranje više koraka automatske klasifikacije i mogu se primjeniti direktno na trenutno učitano oblaku tačaka.



Slika 6. Područje obrade nakon izvršene automatske klasifikacije pomoću makroa

Ovo je vrsta grube automatske klasifikacije, prilikom koje se sve tačke svrstaju u nekoliko klasa od interesa. Makro kreiran za potrebe ovog rada izvršiće automatsku klasifikaciju za sljedeće klase: *Tlo*, *Sikara*, *Suma* i *Zgrade* (Slika 6). Nakon izvršene automatske klasifikacije pomoću makroa dobijeni su zadovoljavajući rezultati. Dalje su ručnom klasifikacijom popravljani rezultati automatske klasifikacije, naročito za klasu *Zgrade* koja predstavlja oblak tačaka krova predmetnog objekta jer nam od toga zavisi proces vektorizacije objekta. Vektorizacija će se isključivo fokusirati na zgradu fakulteta, koja je ujedno i glavni zadatak ovog rada da se proizvede u CityGML formatu za LOD2 nivo detalja. Postoje dvije metode kojima možemo da izvršimo vektorizaciju objekata, i to automatska i poluautomatska. Pristup sa poluautomatskom vektorizacijom se koristi najčešće kada želimo dobiti kompleksne krovne strukture sa dosta detalja ili sam model kojem želimo sačuvati što više detalja. Cilj rada je dobiti uprošćen izgled zgrade fakulteta, bez previše detalja ali da se sačuva topologija zgrade. Zbog toga ova metoda poluautomatske vektorizacije nije korištena, već je korištena metoda automatske vektorizacije kojom je dobijeni model objekta kasnije popravljen pomoću alata za ručno popravljavanje modela objekata. Nakon definisanja parametara za automatsku vektorizaciju dobijen je zadovoljavajući 3D model objekta. Ručnim popravljanjem 3D modela objekta fakulteta dobijen je zadovoljavajući model (Slika 7).



Slika 7. 3D model objekta nakon vektorizacije

4.3. Obrada 3D modela objekta u SketchUp-u

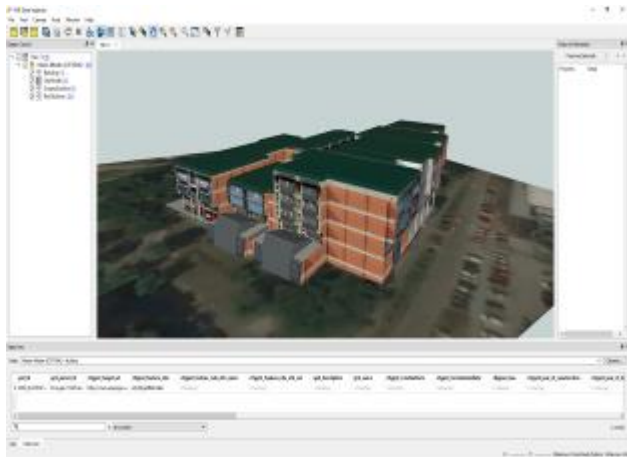
Nakon dobijenog 3D modela objekta u programskom paketu Microstation, estetsko uređivanje modela je izvršeno u programskom paketu SketchUp. Uređivanje je podrazumjevalo dodavanje tekstura modelu, koje su uslikane sa digitalnim fotoaparatom. Dobijeni model je imao zadovoljavajuću topologiju i izgled (Slika 8).



Slika 8. 3D model zgrade Filozofskog i Pravnog fakulteta sa teksturama

4.4. Transformacija 3D modela pomoću FME programskog paketa

Dosadašnja obrada je podrazumjevala da smo od oblaka tačaka dobili 3D model objekta zgrade Filozofskog i Pravnog fakulteta u Novom Sadu. Modelu su dodane texture i napravljena 3 lejera ili sloja koja ga čine. Svi koraci koji su urađeni bili su da bi se došlo do koraka u kojem ćemo napraviti model u CityGML formatu za LOD2 nivo detalja. Zbog kompleksnosti CityGML formata, potrebno je uraditi transformaciju pomoću programskog paketa FME. U ovom slučaju bilo je potrebno kreirati transformacionu šemu kojom ćemo iz jednog ulaznog dokumenta (.skp format) kreirati jedan dokument u CityGML formatu (.gml format), ali ima 3 dijela koja predstavljaju tlo, zgradu i krov. Nakon pokretanja transformacione šeme dobijen je model u CityGML formatu koji je imao 3 sloja i to Building, RoofSurface i GroundSurface, a karakteristike topologije su bile sačuvane (Slika 9). Na kraju je dobijen 3D model objekta u CityGML formatu, koji može da se koristi za različite analize i postavljati na virtuelne atlase ili 3D gradove. Postavljanje na virtuelni atlas Cesium je ujedno posljednji korak u radu.



Slika 9. Dobijeni model u CityGML formatu (LOD2)

4.5. Podizanje 3D modela objekata na Cesium virtuelni globus

Danas su virtuelni globusi i atlasi postali rješenja koja su u redovnoj upotrebi za prikaz geoprostornih podataka. Jedno od takvih rješenja je i Cesium virtuelni globus, koji omogućava pokretanje web servera na lokalnoj mašini, samim tim uz pomoć Javascript-a moguće je kreiranje i potpuna kontrola nad okruženjem i procesom dodavanja modela, lejera, animacija i mnogih drugih tipova podataka. Da bi smo postavili naš model na ovaj virtuelni globus, moramo napisati kod u Javascript-u čime će ga aplikacija prepoznati i postaviti na Cesium. Ali da bi model uopšte bio postavljen mora biti u glTF (GL Transmission Format) formatu, koji je ustvari besplatna specifikacija za efikasan prenos i učitavanje 3D scena i modela od strane mnogih aplikacija. Transformacija u ovaj format je izvedena u FME softveru za transformaciju jednostavnom konverzijom iz .gml (CityGML) formata u .dae format. Prebacivanje u .dae format je urađeno jer na zvaničnoj web stranici Cesiuma postoji online konvertor koji omogućava prevođenje iz .dae ili .obj formata u glTF

format. Pomoću ovog konvertora je preveden model u glTF format. Sada imamo model objekta u željenom formatu i prelazi se na učitavanje pomoću Javascript-a koji sadrži par promjenljivih i jednu funkciju koja kreira model na osnovu definisanih entiteta. Nakon izvršenih koraka 3D model je podignut na Cesium virtuelni globus (Slika 10).



Slika 10. 3D model zgrade Filozofskog i Pravnog fakulteta na Cesium virtuelnom globusu

5. ZAKLJUČAK

Ovaj master rad kroz svoja poglavlja detaljno opisuje proces nastajanja jednog 3D gradskog modela, počevši od akvizicije podataka pa do predstavljanja konačnog proizvoda na virtuelnom atlasu. Cijeli ovaj koncept izrade jednog 3D gradskog modela nije jedinstven, postoje još mnogi načini realizacije istog. Međutim, napredak tehnologije akvizicije i obrade podataka će cijelokupan proces dodatno pojednostaviti i učiniti formiranje 3D gradskih modela još učestalijom operacijom u cijelom svijetu. Konačno, izrada 3D modela objekta zgrade Filozofskog i Pravnog fakulteta je doprinos formiranju 3D gradskog modela Novoga Sada.

6. LITERATURA

- [1] F. Biljecki, Level of detail in 3D city models, Delft, 2017.
- [2] A. Wehr, Lidar Systems and Calibration.

Kratka biografija:



Mladen Stojičić rođen je 1991. godine u Bihaću. Osnovne studije završio na Arhitektonsko-građevinsko-geodetskom fakultetu u Banja Luci 2015. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Geodezija i geomatika – 3D modelovanje objekata na osnovu oblaka tačaka odbranio je 2018.god.

kontakt: mladen_geo91@yahoo.com

STRATEGIJA ODRŽIVOG RAZVOJA POLJOPRIVREDE OPŠTINE MILIĆI

STRATEGY OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE IN THE MUNICIPALITY OF MILIĆI

Srebrenko Stanković, Darko Reba, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast: PLANIRANJE I UPRAVLJANJE
REGIONALNIM RAZVOJEM**

Kratak sadržaj – Cilj rada jeste osvrnuti se na značaj održive poljoprivrede za razvoj, kao i trenutno stanje poljoprivrede u opštini Milići. Takođe je neophodno analizirati snage i slabosti, mogućnosti i opasnosti održive poljoprivrede. Jedan od ciljeva je prikazati akcioni plan razvoja organske proizvodnje u Opštini Milići u periodu 2018-2022, kao i predlog nove strategije, koju autor rada predlaže za unapređenje i uspješniji razvoj održive poljoprivrede na području opštine Milići.

Ključne riječi: *Strategija, održivi razvoj, poljoprivreda*

Abstract – The target of the work is to highlight the importance of sustainable agriculture for development, as well as the current state of agriculture in the municipality of Milići. It is also necessary to analyze the strengths and weaknesses, opportunities and dangers of sustainable agriculture. One of the goals is to present the organic production development plan in the Municipality of Milići in the period 2018-2022, as well as the proposal of the new strategy proposed by the author of the work for the improvement and more successful development of sustainable agriculture in the municipality of Milići.

Keywords: *Strategy, Sustainable development, agriculture*

1. UVOD

Tokom protekla dva vijeka čovječanstvo je, sa razvojem industrije i porastom sopstvenih potreba, trošilo sve više prirodnih resursa ne vodeći računa o raspoloživosti istih i budućnosti narednih generacija. Predmet ovog istraživanja nastoji da skrene pažnju na osnovne odlike održivog razvoja poljoprivrede i to na konkretnom primjeru Opštine Milići.

Poljoprivreda je i dalje od suštinskog značaja za razvoj Opštine Milići ali i Republike Srpske i oblast u kojoj može biti konkurentna. Kroz istraživanje u ovom radu, tragaćemo, dakle, za strategijama i stratejskim opcijama, kao i za podsticajnim ali i ograničavajućim faktorima za njihovu realizaciju u oblasti održivog razvoja poljoprivrede.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Darko Reba.

2. KONCEPT ODRŽIVOG RAZVOJA

Iako se konceptu održivog razvoja značajan akcenat daje tek 80-tih godina XX vijeka, to ne znači da se održivost i zaštita životne sredine nisu razmatrali u skoro svim epohama ljudskog, samim tim i privrednog razvoja. Koncept održivog razvoja podrazumjeva izradu modela razvoja društva koji na kvalitetan način zadovoljavaju društveno-ekonomske potrebe i interese građana, a istovremeno eliminišu, ili značajno umanjuju uticaje koji predstavljaju prijetnju ili štetu po životnu sredinu i prirodne resurse.

Dugoročni koncept održivog razvoja podrazumjeva stalni ekonomski rast, ali takav koji osim ekonomske efikasnosti i tehnološkog napretka, većeg učešća čistijih tehnologija i inovativnosti cijelog društva i društveno odgovornog poslovanja, obezbeđuje smanjenje siromaštva, dugoročno bolje korišćenje resursa, unapređenje zdravstvenih uslova i kvaliteta života i smanjenje nivoa zagađenja na nivo koji mogu da izdrže činioци životne sredine, sprečavanje budućih zagađenja i očuvanje biodiverziteta. Prema novijim istraživanjima kao jedan od razloga nestanka velikih civilizacija navodi se uništavanje životne sredine.

3. REGULATIVE EVROPSKE UNIJE U OBLASTI POLJOPRIVREDE

Zajednička agrarna politika (Common Agricultural Policy, CAP) predstavlja jednu od najznačajnijih politika EU. Današnja agrarna politika EU je oblikovana tokom više decenija na prostoru grupe zemalja sa različitom tradicijom agrarnog sektora, heterogenim agrarnim resursima i razlikama u relevantnosti poljoprivrede u poljoprivrednoj strukturi zemalja članica. Strateška opredjeljenja, ciljevi, mehanizmi i mjere zajedničke agrarne politike mjenjali su se pod uticajem evropskih i svjetskih privrednih i političkih tokova.

Ciljevi Zajedničke agrarne politike (u daljem tekstu ZAP): Rast produktivnosti poljoprivrede, postizanje zadovoljavajućeg životnog standarda ruralnog stanovništva, Stabilizacija tržišta poljoprivrednih proizvoda, osigurati stabilno snabdjevanje hranom, Snabdjevanje potrošača po prihvatljivim cijenama [1].

Zajednička agrarna politika je u svojoj istoriji imala više reformi. One se mogu podijeliti u dvije faze. U prvoj fazi zajednička agrarna politika je imala za cilj povećanje produktivnosti i obezbeđenje povoljnog životnog standarda farmera. U drugoj fazi razvoja zajedničke agrarne politike koja je utvrđena Sporazumom iz 1992.

godine, karakteristike su te da se podrška poljoprivredi sada vrši direktnim plaćanjima umjesto podrške zaštitnim cijenama. Neprestano se snižavaju ovi izdaci i usmjerava se pomoć na ruralni razvoj [2].

4. ODRŽIVA POLJOPRIVREDA

Interesi u održivosti poljoprivrednih i prehrambenih sistema mogu se pratiti na ekološkim problemima koji su počeli da se pojavljuju tokom 1950-ih i 1960-ih godina. Međutim, ideje o održivosti sežu najmanje do najstarijih preživjelih spisa iz Kine, Grčke i Rima. Održivost poljoprivrednih sistema obuhvata koncepte i elastičnosti (kapacitet sistema za tampon šokove i naglašavanja) i istrajnost (kapacitet sistema nastaviti kroz duži vremenski period), kao i područje mnogo širih ekonomskih, socijalnih i ekoloških ishoda.

Organska proizvodnja kao dio ekološkog, održivog razvoja obuhvata proizvodnju hrane i namirnica (primarna poljoprivreda, prerada do distribucije) ali i neke druge proizvode biljnog i životinjskog porijekla (tkanine, koža). Na osnovu bazičnih standarda, ona se zasniva na primjeni principa agroekologije.

5. ODRŽIVI RAZVOJ U ZEMLJAMA JUGOISTOČNE EVROPE

Jugoistočnu Evropu karakteriše veliko i raznoliko prirodno okruženje koje čine planinski, kontinentalni i mediteranski regioni. Mnoge oblasti su pretežno ruralnog karaktera, sa netaknutim ekosistemima i nezagađenim prirodnim elementima. Sa druge strane, postoje i oblasti izložene štetnom uticaju industrije, preuzimanju zemljišta zbog širenja gradova, putnog saobraćaja i intenzivne poljoprivrede. Naročito su problematične granične oblasti, jer one presjecaju zaštićene oblasti i ekosisteme, a u isto vrijeme predstavljaju zone u kojima je, zbog starih političkih granica, uticaj ljudi minimalan.

Ovu oblast karakteriše bogat biodiverzitet, veliki broj netaknutih pejzaža, planinskih oblasti, kao i prirodnih zaštićenih oblasti. U ovoj oblasti postoji i veliki broj rijeka koje predstavljaju ekološke resurse, ali i prijetnje zbog čestih poplava. Industrijalizacija ugrožava prirodne resurse i predstavlja značajnu prijetnju.

6. PRIMJER DOBRE PRAKSE - MODEL KOOPE-RATIVNOG UDRUŽIVANJA I ORGANIZOVANJA POLJOPRIVREDNIKA U DANSKOJ

Modeli kooperativnog udruživanja i organizovanja poljoprivrednika u Danskoj su se pokazali kao veoma uspješni i samim tim mogu biti pouka za organizovanje, udruživanje i razvoj organskih poljoprivrednika u Republici Srpskoj, a samim tim i opštini Milići. Naime ova praksa je omogućila danskim poljoprivrednicima da ostvare značajan uspjeh. Uspjeh danskih poljoprivrednika iskazuje se kroz poslovnu saradnju poljoprivrednika radi rješavanja vitalnih proizvodnih pitanja, tržišta, tehnološkog razvoja, ekonomskih uslova i prodaje.

Kako u Danskoj postoji veliki broj malih farmara oni se udružuju u kooperative kako bi ostvarili uspješnu prodaju i postigli veće cijene. Suština je proizvode prodati zajedno, nabaviti zajedno, zajedno organizovati preradu,

dijeliti profit i odlučivati. Na taj način su poljoprivrednici organizovali zadružne mljekare, klanice i organizacije za snabdjevanje koje pored nabavke i prodaje obezbjeđuju kapital i finansiranje proizvodnje, prerade i prometa. Sektori za snabdjevanje obezbjeđuju sjeme, đubriva, zaštitna sredstva i vlasništvo su kooperativa.

7. STRATEGIJA ODRŽIVOG RAZVOJA POLJOPRIVREDE OPŠTINE MILIĆI

Opština Milići je locirana u istočnom dijelu Bosne i Hercegovine u entitetu Republika Srpska i zauzima centralni dio regije Birač. Nalazi se na magistralnom putu M-19 Sarajevo – Beograd, čini tranzitnu vezu između sarajevsko-romanijsko-birčanske i sembersko-majevičke regije i saobraćajnu vezu preko Zvornika i Bratunca sa Srbijom.

Kroz područje opštine prolazi i regionalni put Milići-Srebrenica preko Zelenog Jadra i sa ove saobraćajnice se ostvaruje veza sa Srbijom. Sa ove dvije komunikacije odvajaju se lokalni putevi koji povezuju sva sela i zaseoke na opštini.

Opština se prostire na površini od 285 km² brdsko-planinskog zemljišta od 200-1500 m nadmorske visine.

7.1. Strateško fokusiranje opštine Milići

VIZIJA – OPŠTINA MILIĆI 2021. GODINE

Ekonomski razvijena, privlačna i atraktivna sredina za domaće i strane investitore, sredina sa razvijenim ljudskim resursima, efikasnom administracijom, sa značajno unapređenim zdravstvom i socijalnom zaštitom, obrazovanjem, kulturno-sportskim aktivnostima, izgrađenom infrastrukturom, izrađenom prostorno-planskom dokumentacijom, ekološki čista i zaštićena u skladu sa evropskim standardima, atraktivna turistička destinacija [3].

MISIJA

Opštinska uprava u partnerstvu sa građanima mora biti odgovorna i efikasna u korišćenju svih raspoloživih resursa, u stvaranju atmosfere da Opština postane preduzetnička zajednica sa akcentom na zapošljavanje lokalnog stanovništva i stvaranje povoljnog ambijenta za ulaganje u razvojne programe.

STRATEŠKI CILJEVI

1. Izgrađena jaka i konkurentna privreda koja optimalno koristi prirodne, društvene, infrastrukturne i ljudske resurse.
2. Razvijena poljoprivredna proizvodnja zasnovana na najnovijim standardima i mogućnostima proizvodnje zdravstveno bezbjedne hrane.
3. Uređena i privlačna lokalna zajednica sa kvalitetnom društvenom infrastrukturom, kvalitetnim javnim uslugama, unapređenom socijalno-zdravstvenom zaštitom, razvijenim obrazovnim sistemom i jednakim mogućnostima za sve.

7.2. Društveni razvoj opštine Milići

Stanovništvo sa svojim obilježima predstavlja osnovni planski parametar prema kome se usklađuju sva ostala planska rješenja. U opštini Milići kao i drugim djelovima

RS dugo su broj stanovnika bazirali na osnovu manje više tačnih procjena. Popis stanovništva u BiH urađen je 2013. godine. Prema prvim procjenama rezultata ovog popisa na području opštine Milići živi 12272 stanovnika. Objava zvaničnih rezultata popisa još nije zvanično saopštena te ne postoje drugi zvanični podaci kada se tiče potvrde broja stanovnika, polnoj i starosnoj strukturi, stanovanju...

7.3. Održivi razvoj u opštini Milići sa posebnim osvrtom na oblast poljoprivrede

Za ekonomiju države poljoprivreda je jedan od značajnih sektora privrede i ima posebnu ulogu u svim fazama njenog razvoja.

U poljoprivredi se moraju izvršiti korijenite reforme, kako bi se obezbjedila proizvodnja koja može konkurisati proizvodnji u agrarno visoko razvijenim zemljama, a samim tim bi se ispunio jedan od uslova za ulazak države u EU.

Suština reformi u poljoprivredi se sastoji u:

- Prilagođavanju poljoprivredne proizvodnje potrebama evropskog tržišta, kao i mogućnostima plasmana na druga svjetska tržišta;
- Proizvodnji poljoprivrednih proizvoda koji bi cijenom mogli konkurisati proizvodima na tržištu EU i šire.

7.3.1 Prirodni resursi

Opština Milići raspolaže značajnim prirodnim resursima, prije svega rudnim i šumskim bogatstvima, obradivim zemljištem, pašnjacima i livadama i riječnim potencijalom.

7.3.2. Analiza stanja poljoprivrede na teritoriji opštine Milići

Agrobiodiverzitet na posmatranoj teritoriji je veoma raznovrstan. On u sebi sadrži najrazličitije biljne i životinjske vrste i staništa, koje se koriste pri proizvodnji ljudske i stočne hrane. Najzastupljenije biljke koje se gaje su žitarice.

Zastupljen je veliki broj različitih tipova zemljišta, mikro-klimata, vodnih resursa, životinskog svijeta, dakle svega onog što je bitno za široku lepezu proizvoda iz sektora poljoprivrede i prerađivačke industrije.

Zemljišnji resurs je sigurno najznačajniji prirodni resurs, pa se zato raspoloživo poljoprivredno zemljište mora sačuvati i koristiti na najbolji mogući način. Obim ovog resursa je ograničen, a njegova kvalitativna svojstva mogu se korigovati samo do izvjesne mjere ali uz veća materijalna ulaganja.

U strukturi korištenja poljoprivrednog zemljišta na području opštine Milići najveće učešće imaju oranice, bašte i livade.

7.3.3. Strategija održivog razvoja poljoprivrede u opštini Milići

Stepen prerade poljoprivrednih proizvoda je jedan od ključnih faktora za povećanje obima proizvodnje u ovoj oblasti. Na području opštine prerađivački kapaciteti organskih proizvoda su zanemarljivi.

Najveći dio poljoprivrednih proizvoda se prerađuje u domaćoj radinosti i za vlastite potrebe, a jedan manji dio se prodaje na tržištu.

Vizija:

- Razvijena poljoprivreda i prerada poljoprivrednih proizvoda u skladu sa raspoloživim resursima i materijalno-tehničkim mogućnostima uz poštovanje standarda kvaliteta (EU) u kojima proizvođači ostvaruju zaradu koja ih motiviše da se bave ovom djelatnošću.
- Savremeno opremanje i uređenje farmi u stočarstvu, sa mini pogonima ili zanatskim radionicama za preradu mesa i mlijeka.
- Podizanje savremenih plantaža voća, takođe sa mini pogonima za njihovu preradu i uskladištenje.
- Proizvodnja organske hrane koja može biti važan faktor za podizanje standarda ruralnog stanovništva.

Misija:

- Unapređenje i razvoj osnovnih funkcija infrastrukture, koje su neophodan uslov za razvoj poljoprivrede,
- Materijalni podsticaji realizacije usvojenih strateških programa i projekata.

Ciljevi:

Opšti ciljevi Strategije:

- Povećanje obima i ekonomskih rezultata u poljoprivrednoj proizvodnji i preradi poljoprivrednih proizvoda.
- Naturalnu poljoprivrednu proizvodnju što je više moguće transformisati u robnu.
- Ublažiti negativne demografske tendencije u ruralnim dijelovima opštine.

7.3.4. SWOT analiza održivog razvoja poljoprivrede na području opštine Milići

SWOT analiza predstavlja metodu koja omogućava uspostavljanje ravnoteže između internih sposobnosti i eksternih mogućnosti. Ona je skup analitičkih metoda kojima se upoređuju sopstvene snage i slabosti sa mogućnostima i opasnostima u okruženju.

Ovom savremenom metodom analize daje se sistematizovan prikaz uslova i ograničenja za rentabilnu poljoprivrednu proizvodnju i održiv razvoj poljoprivrede na području opštine Milići do 2022. godine.

SWOT analiza omogućava prepoznavanje pozitivnih i negativnih (unutrašnjih i spoljašnjih) činioca koji utiču na mogućnost ostvarenja postavljenih ciljeva u Strategiji razvoja poljoprivrede.

7.3.5. Akcioni plan razvoja organske proizvodnje u Opštini Milići u periodu 2018-2022

Poljoprivredna proizvodnja na području opštine Milići, dugoročno posmatrano, zaostaje u odnosu na realne mogućnosti koje su određene raspoloživim agroekološkim i drugim uslovima.

U opštini Milići postoje adekvatni uslovi za proizvodnju organske hrane, ali da bi se krenulo u ovu vrstu proizvodnje mora se ispuniti dosta uslova među kojima su najvažniji:

- Potencijalne proizvođače organske hrane treba organizovati u određena udruženja i obezbijediti im adekvatan proces edukacije iz ove oblasti.

- Definirati zemljišne parcele i stočarske farme koje moraju biti izolovane od mogućih izvora zagađenja.
- Obezbjediti potreban kvalitet vode za navodnjavanje odabranih parcela i pojenje stoke.
- Uskladiti razvoj biljne i stočarske proizvodnje.
- Prelazak sa tradicionalne na organsku proizvodnju vršiti u etapama.
- U prelaznom periodu proizvođač i ovlašteno tijelo za izdavanje certifikata za organsku proizvodnju zajednički će utvrditi mjere i uslove za dobijanje certifikata.
- Pridržavati se strogo zakonskih propisa vezanih za organsku proizvodnju.

7.3.6. Predlog nove strategije za unapređenje održivog razvoja poljoprivrede opštine Milići

U okviru ovog poglavlja biće predstavljeni neki moji predlozi za unapređenje održivog razvoja poljoprivrede u opštini Milići.

- 1) Stvaranje centralizovanog udruženja
- 2) Organizovanje stručnog osposobljavanja i obrazovanja
- 3) Stimulacija individualnih proizvođača
- 4) Tehničko usavršavanje tehnološkog procesa
- 5) Zaštita životne sredine
- 6) Socijalna sigurnost individualnih proizvođača
- 7) Marketing organskih poljoprivrednih proizvoda

8. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Može se zaključiti da se primjenom odgovarajućih mjera u vidu ukupnjavanja posjeda ili udruživanja subjekata, izmjenama carinskih propisa uz standardizaciju i certifikaciju proizvodnje, povećanjem podrške države uz razvoj privredne infrastrukture prijetnje mogu otkloniti ili njihov uticaj ublažiti. Opština Milići poseduje veliki potencijal u sektoru poljoprivredne proizvodnje zahvaljujući povoljnim klimatskim uslovima za razne kulture, prirodnim karakteristikama zemljišta koga posjedujemo relativno dovoljno uz očuvan biodiverzitet i još uvijek očuvanim vodnim resursima. Opština Milići, uz adekvatne pravne i finansijske mehanizme može podstaći održivi razvoj, a samim tim i stvoriti bolje okruženje za zapošljavanje i ukupan boljitak stanovništva. Sa adekvatnom i primamljivom kreditnom politikom, opština Milići može da se orijentiše na proizvodnju domaće-zdrave hrane, razvijajući domaće brendove na bazi starinskih recepata. Proizvodnjom i preradom ljekovitog bilja, voća i povrća, uz dobru marketinšku podlogu i odgovarajuću tehnologiju.

Da bi se pospješio održivi razvoj poljoprivrede neophodno je: unaprediti kvalitet proizvoda, usmjeravati proizvođače na proizvodnju kvalitetnijih sorti, sprovođenje marketinških aktivnosti u cilju stvaranja robnih marki i brendova kako bi se steklo povjerenje inostranih potrošača, povećanje produktivnosti u cilju smanjivanja troškova proizvodnje kako bi se ostvarila cjenovna konkurencija. Kao posebna mogućnost trebalo bi iskoristiti sve prednosti kooperativnog udruživanja, po ugledu na danski model.

9. LITERATURA

- [1] Politike i strategije Evropske unije u oblasti životne sredine u jugoistočnoj Evropi, Priručnik za obuku organizacija civilnog društva iz jugoistočne Evrope o primjeni EU legislativne u oblasti zaštite prirode, IUCN Programaska kancelarija za jugoistočnu Evropu.
- [2] Zajednička poljoprivredna politika EU, Evropska Komisija Poljoprivreda i ruralni razvoj dostupno na: http://www.seerural.org/wp-content/uploads/2009/05/04_ZAJEDNICKA-POLJOPRIVREDNA-POLITIKA-EU.pdf 30.01.2018.
- [3] Strategija razvoja opštine Milići za period 2017. – 2022. godina, Republika Srpska, Opština Milići, 2017. godine dostupno na: <http://www.opstinamilici.org/> 6.11.2017.

Kratka biografija:



Srebrenko Stanković rođen je 1986. godine u Vlasenici (Republika Srpska). Diplomski rad je odbranio na Fakultetu za preduzetni menadžment u Novom Sadu 2011. godine. Na Fakultetu tehničkih nauka upisao Master studije smjera Planiranje i upravljanje regionalnim razvojem, 2016. godine.



Darko Reba rođen je u Novom Sadu 1968. god. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2005. god., a od 2007. godine predaje predmete koji se bave urbanističkim projektovanjem na osnovnim, master i doktorskim studijama Fakulteta tehničkih nauka.



SJEDINJAVANJE *Performativna instalacija*

UNIFICATION *Performative installation*

Katarina Mladenović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – SCENSKA ARHITEKTURA I DIZAJN

Kratak sadržaj – *Umetnički rad Sjedinjavanje obrađuje Život kao put jednog bića. Put koji se može nazvati i škola, a ogleda u spektru lekcija koje se nazivaju iskustva. Rad je proizašao iz dvogodišnjeg bavljenja filozofskim aspektima života kroz jogičke principe i stil života. Sjedinjavanje pokriva veliki broj podtema koje se odnose na sagledavanje životnog iskustva na makro i mikro nivou postojanja, konstitucije i prirodnih zakonosti kreacije i ličnom iskustvenom poimanju realnosti. Makro i mikro nivo koji su povezani kroz složenu mrežu materije i duhovnosti; ličnog i opšteg gde granica teško može da se postavi. Iz sjedinjavanja proizilazi jedinstvo. Jedinstvo u obliku razumevanja, volje, prirode, ljubavi, svesti. Stanje koje ne vidi uslovljenost i dualnost. Stanje koje egzistira izvan dualnosti. Stanje koje egzistira izvan uslovljenosti. Umetnički rad Sjedinjavanje je performativna instalacija u formi rituala i svete knjige na oltaru. Performer predstavlja učenika koji u vidu rituala i lične duhovne prakse traži blagoslov za prenos znanja. U svetoj knjizi se ogleda večnost i beskrajnost interpretacija istine a mesto na kome se nalazi, oltar, označava monumentalnost i prostor konekcije sa jedinstvom.*

Abstract – *Artwork The Unification treats Life as a path of a being. The path that can be called a school, and is reflected in a spectrum of lessons called experiences. The work arose from a two-year engagement with the philosophical aspects of life through yogic principles and lifestyle. The Unification covers a large number of subthemes related to perception of life experiences on macro and micro levels of existence, constitution and natural laws of creation and personal experiential understanding of reality. The macro and micro levels that are connected through a complex network of matter and spirituality; personal and general, where the border can hardly be set. From unification comes unity. Unity in the form of understanding, will, nature, love, consciousness. A state that does not see conditionality and duality. A state that exists outside duality. A state that exists outside conditionality. Artwork The Unification is a performative installation in form of a ritual, and a holy book on altar. Performer represents disciple who in form of ritual and personal spiritual practice seek blessings for the transfer of knowledge. The holy book symbolizes eternity and infinity of truth interpretations, and the place where it is located, the altar, signifies the monumentality and the space of connection with unity.*

Ključne reči: *svest, priroda, jedinstvo, performans, instalacija, filozofija, iskustvo, duhovnost, materija, postojanje*

NAPOMENA:

Ovaj tekst proistekao je iz master umetničkog rada čiji mentor je bila dr Mia David, docent, a komentor Sladana Milićević, asistent.

1. UVOD

Na ovoj planeti, među njenim stanovnicima – ljudima postoji veliki divezitet kulture, iskustava i načina življenja. Grubom geografskom podelom, može se reći da tu kulturu posmatramo na istoku i zapadu planete Zemlje. Tokom 19. veka vrata komunikacije između ove dve polulopte su se otvorila. U početku su samo pojedinci imali hrabrosti i zadatak da istraže i prožive ove kulture. Zapad je materijalno postojanje doveo do svog vrhunca, i Istok je odlazio po ovo znanje. Dok je Istočna polulopta, dovela do vrhunca filozofske aspekte odnosa u svim njihovim različitostima. Uže posmatrano, inicijalna vrata su se nalazila između Evrope i vanevropskih područja.

Razmena iskustava između Istoka i Zapada, koja je usledila, bila je obostrana. Danas vidimo da je dejstvo tih interakcija uticalo na to da energije materije i duhovnosti prožmu obe strane i da dovedu do takozvanog transkulturnog sveta. Ova razmena i komparacija razvijala se kroz sve oblasti, kroz razmenu životnih vrednosti, znanja, religije, kulture, filozofije, umetnosti, nauke. I sve se to odvijalo samo sa jednim razlogom, da bi se dobio odgovor na pitanje šta uopšte znači taj svet. Koja je svrha života i proživljenih iskustava? Šta znači život, odnosno šta znači biti čovek?

2. TEORIJSKO ISTRAŽIVANJE

Teorijsko istraživanje usmereno je na povezivanje filozofskih i naučnih istraživanja Zapadne i Indijske filozofije. Pitanje smisla, značaja i povezanosti svakog aspekta života je u prvom planu fokusa moje svesti. Verujem da život ne predstavlja puk sled događaja već zapravo kod koji treba razumeti i preduprediti kako bi kvalitet istog bio bolji. Fizičke komponente koje utiču na formiranje i diverzitet života u svim svojim ekspresijama je zadovoljenje čula, koje kada se stavi po strani, otkriva jedinstveno nepromenljivo stanje bića. U kojoj meri nas konstantna potreba zadovoljenja telesnih, materijalnih, čulnih potreba formira? Kako je moguće da tako lako podležemo tim potrebama i uticajima? Zašto te potrebe postoje? Koja je njihova svrha?

Olako prihvatanje laži, nemarnosti, uslovljenosti, a zapravo neznanja pre svega, postali su sindrom čitave ljudske populacije. Izučavanjem filozofije, kulture, kulturnih potreba i načina življenja Indijskog potkontinenta, kroz nauku Joge, moj pogled na stvarnost, ljude, prirodu, emocije, misli, odnose se potpuno promenio. Primenjivanjem i življenjem ovih koncepata (koji postoje i prožimaju svaku filozofiju, od antičke, rimske, kineske, itd.), u sebi i u svom okruženju, videla sam da Zapadni čovek teško razume prirodu u sveobuhvatnom smislu te reči.

Drevne kulture i društva, poput vedske kulture, plemena severnih i južnoameričkih Indijanaca, australijskih Aboridžina ili keltskih naroda shvatali su da čovek ima određeno mesto u ekosistemu Zemlje. Nije im bila potrebna nauka da im dokaže da je sve povezano u složenoj mreži života. Mudrost starešina ih je vodila generacijama. Osnovni koncept ekologije je da je sve povezano. Za jogu to znači jedinstvo, jedinstveno polje. Potrebno je izdići se iznad dualnosti kako bismo razumeli jedinstvo nas sa kreacijom. O ovom jedinstvu danas govori i fizika koja je od nauka najbliža jogičkom shvatanju.

Na polju nauke, posebno u okviru teorijske fizike, došlo se do progresivnijeg i jedinstvenijeg shvatanja zakona prirode kao i individualnog obrasca svesti, koje je dovelo do definisanja teorija jedinstvenog polja. To je, bez presedana, pokrenulo pitanja svih onih koji su povezani sa ovim poljem, bili oni naučnici, studenti, filozofi, parapsiholozi praktičari joge, meditatori ili jednostavno ljudi koji žele da steknu jasnije razumevanje sopstvenog postojanja.

Jedinstvena teorija polja (poznata i kao Teorija Svega) predstavlja povezivanje svih poznatih fenomena koji objašnjavaju prirodu i ponašanje materije i energije. U fizici, polje se odnosi na područje pod uticajem neke sile, na primer gravitacije ili električne energije. Jedinstvena teorija polja ima za cilj da pomiri naizgled nekompatibilne aspekte različitih teorija polja kako bi se stvorio jedinstveni niz jednačina. Takva teorija bi potencijalno mogla da otključa sve tajne prirode.

Fizičari shvataju da su svesnost eksperimentatora i samog eksperimenta suštinski povezane. Eksperimentator se više ne može nazvati nepristrasnim posmatračem, autsajderom; on se mora posmatrati kao učesnik u svom eksperimentu jer je njegova svest materijalno uključena. Ovo se pokazalo kada je tim atomskih fizičara praktično „proizveo” neke atomske čestice jednostavno zato što su njihovi umovi i svest bili toliko prožeti ovim konceptom. Svest o prirodi nikad ne može biti predmet senzornog iskustva, zapravo, čini se da je svest izvan područja objektivnog istraživanja.

U svom istaživačkom radu *Is Consciousness the Unified Field? A Field Theorist's Perspective* (Da li je Svest Jedinstveno Polje? Perspektiva Teoretičara Polja) Džon S. Hagelin, prema uzoru na Bagavat Gitu, Adi Šankaračariju, Upanišade, navodi da vedska nauka daje svesti jedinstven ontološki status. Prema vedskoj tradiciji, svest nije postojanje imovinske materije koja nastane kroz funkcionisanje ljudskog nervnog sistema, ali se zato ona smatra prirodnim osnovom.

To je suštinsko jezgro života – ogromno neograničeno, jedinstveno polje koje izaziva i prožima sve manifestne pojave. Priroda svesti za koju se kaže da karakteriše ovo jedinstveno polje je čista svest – apstraktno, neograničeno polje svesti koje nije kvalifikovano bilo kojim objektom ili individualnim iskustvom.

Sa ove tačke gledišta, ključna uloga ljudskog nervnog sistema je da obezbedi materijalnu strukturu dovoljne integrisane složenosti da održava, kvalifikuje i individualizuje svest pružajući potencijal za individualno iskustvo.

Vede su najstariji spisi na svetu. Indijski filozofski sistemi su klasifikovani prema tome da li prihvataju autoritet Veda ili ne. Sistemi Indijske filozofije poznati su kao filozofske rasprave večne – *Sanatan* kulture.

Šest glavnih sistema Indijske filozofije su: Vedanta, Samkija, Joga Njaja, Vaišešika i Mimasa. Nakon čega dolazi Tantra u svim svojim različitim formama i drugim podfilozofskim sistemima. Ovi razni sistemi ili škole mišljenja bave se isključivo duhovnim razumevanjem i poznati su kao *Daršan*, što znači filozofija.

Evolucija kosmosa je živopisno opisana u različitim spisima iz Veda, Upanišada i Purana. Od ovih spisa, šest sistema Indijske filozofije su posebno razradili ovaj proces. Od njih Samkija *Daršan* razumevanje života razmatra iz fizičke perspektive. Sastavljena je od 25 načela manifestacije i predstavlja model dejstva evolutivne svesti na materiju.

Proučavanje Samkije je duboko uzbudljivo i transformativno iskustvo. Ona sistematično dešifruje svaki deo našeg bića, od najnižeg stepena smrtnog postojanja do najvišeg nivoa večne svesti i duha. Opisuje pun spektar ljudske egzistencije otkrivajući osnovne elemente koji čine makro i mikro kosmos. Ona daje učenje o komponentama tela, uma i duha od grubih elemenata koji čine fizičko telo, do suptilnijih elemenata uma i svesti. Ona imenuje svaki element, uči njegovu funkciju i povezuje ga sa svim ostalim. To je efektivna mapa ljudskog bića i kreacije.

Kada posmatramo vremenske ciluse oni predstavljaju određeni ritam kretanja koji ima određene uslovljenosti. S obzirom da brzina određenih aspekata življenja varira u skladu sa prirodnim zakonima, planiranje tj. predviđanje se proteže u skladu sa granicama prirode. Stoga, život u skladu sa tim zakonima zapravo predstavlja jedini zadatak čoveka.

Poznate su činjenice da se elektroni kreću oko jezgra atoma, da postoji ciklično kretanje vode u atmosferi, smena godišnjih doba, ciklično ponavljanje svake godine, da postoje kategorije vremena kao što su ere i doba.

Prosečan život jedne individue se ogleda u nizu iskustava. Četiri karakteristična iskustva su: iskustvo rođenja, iskustvo sazrevanja, iskustvo bolesti i iskustvo smrti. Vozilo koje posedujemo predstavlja fizičko telo čija je priroda efemerna. Ono ima svoj ciklus života.

Život u odnosu na životna iskustva, u toku jednog ciklusa, predstavlja niz odluka koje jedno biće preduzima, kreirajući neprestani niz akcija i reakcija. Stoga, put koji mora da pređe do konačnog napuštanja tela izgleda kao hodanje po žici. Potreban je konstantan balans da ne bi skliznuo. Za balans je potrebna harmonija kompletnog bića kako bi se održao. Harmonija na svim poljima postojanja.

U filozofiji Indijskog potkontinenta harmonija postojanja ogleda se u konceptu *Darme*. Sanskritska reč Darma u bukvalnom prevodu znači „način pravednosti”. Zapravo, odnosi se na osnovni poredak u prirodi i ljudskom životu. Ova reč se koristi da označi „pravdu”, šta je ispravno u datim okolnostima, moralne vrednosti života, obaveze pojedinca, ispravno ponašanje u svakoj sferi aktivnosti.

Ovaj sanskritski izraz ima širok spektar značenja, i na bilo kom drugom jeziku nema odgovarajuće reči koja može objediniti ova značenja.

Kada se posmatra vizuelna formacija prirode, postoji određen ritam i pravilnost. Zakon gde sve što postoji ne može da se ponovi, a opet je isto kao i sve drugo. Konstantna istost u različitosti odnosno sličnost u sličnosti.

Ovakva sličnost u sličnosti naziva se fraktal. To je geometrijski lik koji se može razložiti na manje delove, tako da je svaki od njih makar približno umanjena kopija celine, a za takav lik se kaže da je sam sebi sličan.

Sav svet oko nas i unutar nas je zapravo sastavljen od fraktala. Može se reći čak i da je metodika našeg razmišljanja fraktalna. Za fraktal se kaže i da je Božiji otisak prsta. A kroz taj epitet može se sagledati jedinstvenost u svim oblicima kreacije, a pre svega u čovekovom životu.

3. UMETNIČKO ISTRAŽIVANJE

Poziv umetnika nije puko precrtavanje formi usled posedovanja dara, već je izražavanje koje ima transformativnu ulogu samog stvaraoča i okoline. On živi svoju umetnost kroz sve aspekte svog života sa poštovanjem prirode i njenih zakona. Takav je bio život nemačkog umetnika Josefa Bojsa.

On je umetnosti davao epitet evolutivne sile koja razbija i preuređuje strukture društva. Osnova njegovog rada bio je njegov koncept proširene umetnosti: Princip dizajna treba da prevaziđe klasične žanrove likovne umetnosti i prebaci se u sam život. Granice koje se nalaze između umetnosti i života treba da nestanu.

On veliki akcenat stavlja na važnost duhovnog razvoja (on smatra da se uloga pedagogije i obrazovnog sistema zasniva na oslobađanju ljudi za takav razvoj) i povezuje ga sa verovanjem u razvitak ljudske samotranscendencije putem kreativnosti. On shvata umetnost kao duhovnu alhemiju, kao proces transmutacije materijala i ljudskih bića. Bojsovo viđenje je da je zadatak umetnosti da prenese duhovno božanski život u zemaljski. Ona se mora povezati sa ličnim životom, ličnom individualnošću, a samim tim i individualnošću celog čovečanstva. Za ovog umetnika sloboda ima svoje poreklo u razmišljanju, a samo razmišljanje je „nevidljivi skulptorski proces“, duhovna formacija i skulptura misli.

U kontekstu njegove misli „Skulptura ima svoju vrednost samo ako radi na unapređenju ljudske svesti“, umetnički rad ima svoju funkciju tek onda kad otvori nove prostore svesti i ukloni barijere ka stvaranju nove pretpostavke. Preseljenje u otvoreno stanje svesti postavlja istovremeno i pitanje u kojoj meri je umetničko delo aktivno u pokretanju recepcije i interpretacije.

U svom performansu, *How to Explain Pictures to a Dead Hare* (Kako objasniti slike mrtvom zecu), 1965., Josef Bojs na početku performansa, zaključava vrata galerije iznutra, ostavljajući publiku napolju. Publika je posmatrala šta se dešava u galeriji samo kroz prozore. Sa glavom u potpunosti obloženom medom i zlatnim listovima, počeo je objašnjavati slike na zidu mrtvom zecu. Šapućući mrtvoj životinji u njegovoj ruci predstavljao mu

je sliku po sliku. Povremeno bi se zaustavio i vratio u centar galerije, gde je stajao preko isečenog drveta na sredini poda. Na jednoj nozi imao je zakačenu gvozdenu ploču, a na drugoj komad filca. Posle tri sata publika je puštena u galeriju. Bojs je sedeo na stolici u ulaznom delu sa zecom u ruci i leđima okrenutim publici.

Za njega je zec simbol inkarnacije. Zec kopa i gradi sebi dom, jazbinu u zemlji. On se inkarnira u zemlji. Med na njegovoj glavi ima veze sa mislima. Dok ljudi nemaju sposobnost proizvodnje meda, oni imaju sposobnost da razmišljaju, stvaraju ideje. Med je nesumljivo živa supstanca – ljudske misli takođe mogu postati žive. S druge strane, intelektualizacija može biti smrtonosna za razmišljanje.

I Like America and America Likes Me (Sviđa mi se Amerika i ja se sviđam njoj), 1974. je trodnevni performans ovog umetnika u Njujorku. Kada je sleteo, on prekrivenih očiju odlazi do ambulantnih kola gde su ga zamotanog u filc prevezli u prostoriju galerije Rene Block. U galeriji se nalazio divlji kojot, a tokom naredna tri dana u trajanju od 8 sati dnevno, Bojs je provodio vreme sa kojotom u tom malom prostoru sa gomilom slame i filcom u koji se umotavao. Boraveći tu bavio se simboličnim pokretima, poput udaranja trougla i bacanja rukavica na kojota. Unošenjem Wallstreet Journal novina poslao je poruku koja sadrži njegov stav prema Americi, a kojot je to registrovao tako što je urinirao po njima 3 dana. Na kraju trećeg dana, kojot je postao prilično tolerantan na Bojsa i dozvolio da ga umetnik zagrlji, nakon čega se umetnik ponovo umotan u filc vratio ambulantnim kolima na aerodrom. Nije kročio na Američko tlo niti video ništa drugo od Amerike osim kojota i unutrašnjosti galerije.

Bojsovo filcano čebe, štap za hodaње, rukavice i novine su postale skulpturna, ali i ritualna sredstva kroz performans. On je redovno izvodio istu seriju akcija sa očima kontinuirano uprtim u kojota. Njegov centralni interes bio je transformacija, alhemija pretvaranja jednog stanja u drugo. Njegova uloga u ovom performansu je uloga šamana. Šaman je osoba koja dostiže druge nivoe svesti kako bi upoznao i komunicirao sa duhovnim svetom i preneo transcendentalne energije u ovaj svet. Šamanima su životinje materijalizacija duha. U ovom slučaju on traži fizički i vizuelni kontakt sa životinjom, ulazi u duboko meditativno stanje i zaboravlja sebe. Šaman sakuplja fragmente svoje patnje i smrtnog tela da izleči kolektivno.

Scenska sredstva odnosno „skulpturna sredstva“ kako ih Bojs naziva su svi predmeti koje koristi u performansu, kojot, sam umetnik, njegova prošlost, stavovi. Bojs je stvorio prostor životne sredine posvećen odnosu njegovog unutrašnjeg bića i kojota. Sva sredstva koja upotrebljava otkrivaju fragmente slojeva poruke čija je suština jedinstvo sa prirodom.

4. UMETNIČKI RAD

Umetnički rad *Sjedinjavanje* proizašao je iz dvogodišnjeg bavljenja filozofskim aspektima života kroz jogičke principe i stil života. On obrađuje Život kao put jednog bića. Put koji se kao personifikacija dalje može nazvati i škola, a ogleda se u spektru lekcija koje se nazivaju iskustva. Sjedinjavanje pokriva veliki broj podtema koje se odnose na sagledavanje životnog iskustva na makro i mikro nivou postojanja. Sagledavanje konstitucije i prirodnih zakonosti kreacije i ličnom iskustvenom poimanju realnosti. Makro i mikro nivo koji su povezani kroz složenu mrežu materije i duhovnosti; ličnog i opšteg gde granica teško može da se postavi. Iz sjedinjavanja proizilazi jedinstvo. Jedinstvo u obliku razumevanja, volje, prirode, ljubavi, svesti. Stanje koje ne vidi uslovljenost i dualnost. Stanje koje egzistira izvan dualnosti. Stanje koje egzistira izvan uslovljenosti. Rad *Sjedinjavanje* posmatra prirodu kao kod u kome se očitava put i svrha postojanja. Gde se životne nesreće i nedaće mogu videti kao prepreka ali istovremeno i potencijal za evolutivni rast. Mogućnost života i prilika da postojimo kao svesna bića koja u sebi nose odgovornost da se inherentni potencijal neguje i izrazi. Ako to posmatramo sa aspekta jedne individue ova odgovornost se pre svega ogleda u životnom stilu. Živeti u skladu i harmoniji gde zapravo leži istinska revolucija. Kako kaže umetnik Josef Bojs, svi su umetnici. Umetnost se neguje u svakom proživljenom momentu, a ona je traganje za istinom i uviđanje istine u svim oblicima kreacije.

Ideja je dakle da Priroda nesebično daje spektar ključeva za čitanje i usmeravanje bića i da život predstavlja transsenzorno iskustvo. Ono ide iznad predstava koje dobijamo kroz naša čula. Ono je iznad dualnosti. Sjedinjavanje je unija prirodnih entiteta svesti i energije; duha i materije; ispravnog delovanja i želja; jedinstveno polje.

Sjedinjavanje kao umetnički rad ima formu performativne instalacije, u vidu ritualnog performansa i instalacije svete knjige na oltaru. Performer predstavlja učenika koji u vidu rituala i lične duhovne prakse traži blagoslov za prenos znanja. U svetoj knjizi se ogleda večnost i beskrajnost interpretacija istine a mesto na kome se nalazi, oltar, označava monumentalnost i prostor konekcije sa jedinstvom.

Autor pojmove svete knjige, oltara i rituala (duhovne prakse) vidi kao arhetipove kolektivne svesti koji nose simbol čiste istine, i interpretacijom kroz sopstvene impresije, simbole i estetiku prikazuje mitološku prirodu iskustva.

5. ZAKLJUČAK

Master rad *Sjedinjavanje* je iskustvo i proces sagledavanja prirode i njenih principa koji se manifestuju na nebrojeno mnogo načina u duhovnom i materijalnom životu. U njenom kompleksnom sistemu u kome svaki oblik kreacije ima svoju ulogu i integrisani je deo celine, čovek je najkomplicovaniji i najkompleksniji životni oblik. U tome se ogleda sveobuhvatnost postojanja. Stoga je *Sjedinjavanje* namera da se razvije razumevanje međusobne povezanosti odnosno jedinstvo makro i mikro svetova kroz istraživanje i posmatranje slojeva postojanja i delovanja čoveka na ličnom i primeru neposredne okoline.



Slika 1. Postavka izložbe



Slika 2. Publika

6. LITERATURA

- [1] Haksli, Oldus, Večna filozofija, Metaphysica, Beograd, 2006
- [2] Nagel, Thomas, Mind and Cosmos, Oxford University Press, USA New York, 2012.
- [3] Swami Niranjananada Saraswati, *Yoga Darshan*, Yoga Publications Trust, Bihar School of Yoga, 2002.
- [4] Gi Debor, *Društvo spektakla*, Blok 45, Beograd, 2003.

Kratka biografija:



Katarina Mladenović (Beograd, 1994) svoje formalno obrazovanje stekla je na Fakultetu dramskih umetnosti, na Katedri za menadžment i produkciju pozorišta, radija i kulture, nakon čega upisuje master akademske studije Scenske arhitekture i dizajna na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Učestvovala je u produkciji projekata u domenu pozorišta, festivala i vizuelnih umetnosti. Gaji veliko interesovanje prema tradicionalnim tehnikama slikanja, a bavi se Trurskom tradicionalnom tehnikom slikanja – Ebru. U nefomalnom obliku izučava praktični i filozofski sistem Joge koje nadgrađuje odlascima u Indiju kod svog učitelja.

U realizaciji Zbornika radova Fakulteta tehničkih nauka u toku 2017. godine učestvovali su sledeći recenzenti:

Aco Antić	Dušan Gvozdenc	Milan Trifković	Slavko Đurić
Aleksandar	Dušan Kovačević	Milan Trivunić	Slobodan Dudić
Erdeljan	Dušan Uzelac	Milan Vidaković	Slobodan Krnjetin
Aleksandar Ristić	Duško Bekut	Milena Krklješ	Slobodan Morača
Bato Kamberović	Đorđe Ćosić	Milica Kostreš	Sonja Ristić
Biljana Njegovan	Đorđe Lađinović	Milica Miličić	Srđan Kolaković
Bogdan	Đorđe Obradović	Milinko Vasić	Srđan Popov
Kuzmanović	Đorđe Vukelić	Miloš Slankamenac	Srđan Vukmirović
Bojan Batinić	Đura Oros	Milovan Lazarević	Staniša Dautović
Bojan Lalić	Đurđica Stojanović	Miodrag	Stevan Milisavljević
Bojan Tepavčević	Filip Kulić	Hadžistević	Stevan Stankovski
Bojana Beronja	Goran Sladić	Miodrag Zuković	Strahil Gušavac
Branislav Atlagić	Goran Švenda	Mirjana	Svetlana Nikoličić
Branislav Nerandžić	Gordana	Damnjanović	Tanja Kočetov
Branislav Veselinov	Milosavljević	Mirjana Malešev	Tatjana Lončar
Branislava Kostić	Gordana Ostojić	Mirjana Radeka	Turukalo
Branislava	Igor Budak	Mirko Borisov	Todor Bačkalić
Novaković	Igor Dejanović	Miro Govedarica	Toša Ninkov
Branka Nakomčić	Igor Karlović	Miroslav	Uroš Nedeljković
Branko	Ivan Beker	Hajduković	Valentina Basarić
Milosavljević	Ivana Katić	Miroslav Plančak	Velimir Čongradec
Branko Škorić	Ivana Kovačić	Miroslav Popović	Velimir Todić
Cvijan Krsmanović	Jasmina Dražić	Mitar Jocanović	Veran Vasić
Damir Đaković	Jelena Atanacković	Mladen Kovačević	Veselin Avdalović
Danijela Lalić	Jeličić	Mladen Radišić	Veselin Perović
Darko Čapko	Jelena Borocki	Momčilo Kujačić	Vladimir Katić
Darko Marčetić	Jelena Kiurski	Nađa Kurtović	Vladimir
Darko Reba	Jelena Radonić	Nebojša Pjevalica	Radenković
Dejan Ubavin	Jovan Petrović	Neda Pekarić Nađ	Vladimir Strezoski
Dragan Ivanović	Jovan Vladić	Nemanja	Vladimir Škiljajica
Dragan Ivetić	Jovanka Pantović	Stanisavljević	Vlado Delić
Dragan Jovanović	Karl Mičkei	Nenad Katić	Vlastimir
Dragan Kukolj	Katarina Gerić	Nikola Brkljač	Radonjanin
Dragan Mrkšić	Ksenija Hiel	Nikola Đurić	Vuk Bogdanović
Dragan Pejić	Laslo Nađ	Nikola	Zdravko Tešić
Dragan Šešlija	Leposava Grubić	Jorgovanović	Zoran Anišić
Dragana Bajić	Nešić	Nikola Radaković	Zoran Brujić
Dragana	Livija Cvetičanin	Ninoslav Zuber	Zoran Jeličić
Konstantinović	Ljiljana Vukajlov	Ognjen Lužanin	Zoran Mijatović
Dragana Šarac	Ljiljana Cvetković	Pavel Kovač	Zoran Milojević
Dragana Štrbac	Ljubica Duđak	Peđa Atanasković	Zoran Mitrović
Dragiša Vilotić	Maja Turk Sekulić	Petar Malešev	Zoran Papić
Dragoljub	Maša Bukurov	Predrag Šiđanin	Željen Trpovski
Novaković	Matija Stipić	Radivoje Dinulović	Željko Jakšić
Dragoljub Šević	Milan Rackov	Radovan Štulić	
Dubravka Bojanić	Milan Rapajić	Rastislav Šostakov	
Dušan Dobromirov	Milan Simeunović	Slavica Mitrović	

