



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА



ЗБОРНИК РАДОВА ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Едиција: Техничке науке - зборници

Година: XXVII

Број: 5/2012

Нови Сад

Едиција: „Техничке науке – Зборници“
Година: XXVII Свеска: 5

Издавач: Факултет техничких наука Нови Сад

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

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

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

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

Техничка обрада: Графички центар ГРИД

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

Председник Савета: проф. др Радомир Фолић

CIP-Каталогизација у публикацији
Библиотека Матице српске, Нови Сад

378.9(497.113)(082)
62

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

Двомесечно

ISSN 0350-428X

COBISS.SR-ID 58627591

ПРЕДГОВОР

Поштовани читаоци,

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

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

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

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

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

У овом броју штампани су радови студената мастер студија, сада већ мастера, који су радове бранили у периоду од 01.04.2012. до 31.05.2012. год., а који се промовишу 28.06.2012. год. То су оригинални прилози студената са главним резултатима њихових мастер радова. Део радова већ раније је објављен на некој од домаћих научних конференција или у неком од часописа.

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

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

У овој свесци, са редним бројем 5, објављени су радови из области машинства и електро-технике и рачунарства.

У свесци са редним бројем 6. објављени су радови из области грађевинарства, саобраћаја, графичког инжењерства и дизајна, архитектуре, мехатронике и геодезије.

У свесци са редним бројем 7. објављени су радови из области инжењерског менаџмента, инжењерства заштите животне средине и примењене математике.

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

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

„Високо место у друштву најбољих“

Уредништво

Radovi iz oblasti: Mašinstvo

1. Bojana Karlović, Ivan Pešenjanski, TERMIČKA DESTRUKCIJA FARMACEUTSKOG OTPADA	951
2. Srđan Stambolija, Miodrag Zuković, DINAMIKA KLIPNOG MEHANIZMA	955
3. Milutin Jocić, LEAN KONCEPT I NJEGOVA PRIMENA	959
4. Milan Đurić, Petar Malešev, UTOVARIVAČ STAJNJAKA SA HIDROSTATIČKIM PRENOSOM SNAGE, PRIKLJUČEN NA POLJOPRIVREDNI TRAKTOR	963
5. Darko Markić, BIOGAS POSTROJENJE ZA POLJOPRIVREDNO DOBRO	967
6. Danijel Anđelković, Boris Stojić, TEHNO-EKONOMSKA ANALIZA POGONSKOG SISTEMA POSTROJENJA ZA ISPITIVANJE TRAKTORSKIH PNEUMATIKA	970
7. Александар Снегић, КОЊУГОВАНИ ПОЛИМЕРИ И УГЉЕНИЧНЕ НАНОЦЕВИ У ОРГАНСКИМ СОЛАРНИМ ЋЕЛИЈАМА	974
8. Siniša Lovrić, Jovan Vladić, Radomir Đokić, ANALIZA RAMA KABINE LIFTA PRIMENOM METODE KONAČNIH ELEMENATA	977
9. Bojan Adamović, ANALIZA STATIČKOG PONAŠANJA ELEMENATA NOSEĆE STRUKTURE UNIVERZALNOG STRUGA	981

Radovi iz oblasti: Elektrotehnika i računarstvo

1. Saša Vidić, Vladimir Katić, PREGLED REŠENJA ELEKTRIČNIH BIKIKLA	985
2. Miodrag Ćulum, Ivan Rešetar, Dragan Cuca, Zoran Marčeta, JEDNO REŠENJE ARHITEKTURE AUDIO/VIDEO GREBERA ZA POTREBE AUTOMATSKOG TESTIRANJA SET TOP BOKSOVA, Konferencija Telfor, Beograd, novembar 2011.	989
3. Darko Lulić, Zoran Marčeta, Nikola Vranić, Vladimir Zlokolica, Miodrag Temerinac, PROCENA KARAKTERISTIKA SISTEMA ZA DETEKCIJU ZAMRZAVANJA SLIKE U REALNOM VREMENU, Konferencija Telfor, Beograd, novembar 2011.	993
4. Nikola Radaković, MIKROPROCESORSKI SISTEM ZA UPRAVLJANJE BUŠENJA I NAMOTAVANJA TRANSPORTNE TRAKE ZA MIKROKOMPONENTE	997
5. Alen Kašić, SOLARNA ENERGIJA KAO ALTERNATIVNI IZVOR ENERGIJE	1001
6. Vladimir Rađenović, PRENOS PODATAKA U SATELITSKIM KOMUNIKACIJAMA	1005
7. Nikola Vučetić, Željko Trpovski, OSNOVNE OSOBINE MPEG-2 STANDARDA	1009
8. Dalibor Manjulov, AUTOMATIZACIJA MAŠINE ZA ČIŠĆENJE ODLIVAKA	1013

9.	Svetlana Baus, Milan Vidaković, RAZVOJ KOMPONENTI ZA RAD SA BAZOM PODATAKA U GWT OKRUŽENJU	1017
10.	Marija Budimir, Vladimir Katić, TEHNIČKA REŠENJA SOLARNIH AUTOMOBILA	1021
11.	Mladen Petronijević, Vladimir Katić, PROJEKTOVANJE FOTONAPONSKE ELEKTRANE – PREGLED SOFTVERSKIH ALATA	1025
12.	Zlatko Jelić, Vlado Porobić, Darko Marčetić, PRIMENA PROGRAMABILNOG LOGIČKOG KONTROLERA SIEMENS S7-200 U LABORATORIJI ZA ELEKTROMOTORNE POGONE	1029
13.	Vukota Gligović, Nebojša Pjevalica, Nedeljko Babić, IMPLEMENTACIJA ODREĐIVANJA POZICIJE ROTORA PARK-KLARKOVOM TRANSFORMACIJOM U 8-BITNOM MIKROPROCESORU, Konferencija ETRAN, Zlatibor, juni 2012.	1033
14.	Miloš Korać, DISTRIBUIRANO IZVRŠAVANJE PSO ALGORITMA PRIMENOM CLOUD COMPUTING-A	1037
15.	Nemanja Sićević, WINDOWS WORKFLOW BAZIRANA IMPLEMENTACIJA TRIGERA ZA CORE FUNCTIONS SERVICE DMS SOFTVERA	1041
16.	Stefan Martinov, DOMAIN SPECIFIC LANGUAGE DESIGN TIME INTEGRATION (INTEGRACIJA JEZIKA SPECIFIČNIH ZA DOMEN U TOKU FAZE DIZAJNIRANJA)	1045
17.	Ana Marija Ćirić, ENABLING MULTIMEDIA METADATA INTEROPERABILITY AND RETRIEVAL USING SEMANTIC FRAMEWORK (OMOGUĆAVANJE INTEROPERABILNOSTI I PREUZIMANJA MULTIMEDIJALNIH METAPODATAKA UZ POMOĆ SEMANTIČKOG FREJMVORKA)	1049
18.	Danilo Škorić, Vladimir Katić, Zoltan Čorba, OPTIMIZACIJA SOLARNE FOTONAPONSKE ELEKTRANE	1053
19.	Miroslav Bojić, Branislav Atlagić, IMPLEMENTACIJA PROTOKOLA PTP IEEE 1588 ZA PRECIZNU VREMENSKU SINHRONIZACIJU SCADA MREŽNIH STANICA	1057
20.	Vojkan Stefanović, Branislav Atlagić, JEDNO REŠENJE KLIJENTSKOG PROTOKOLA SCADA SISTEMA	1061
21.	Jovica Jovanić, PRIMENA TEHNOLOGIJE LASERSKOG SKENIRANJA U SNIMANJU KORIDORSKIH OBJEKATA	1065
22.	Jelena Lozanov, Vojin Šenk, PREDIKTIVNO MODELOVANJE SIGNALA KOJI OPISUJU PROCES SAGOREVANJA METANA U ZATVORENOJ PROSTORIJI	1069
23.	Dušan Maksimović, RAZVOJ SOFTVERA ZA OBRADU PRIJAVA KANDIDATA ZA POSAO	1073
24.	Mirko Božović, AsemWebRestaurant: SISTEM SEMANTIČKIH WEB SERVISA RESTORANSKE PONUDE NA PLATFORMI ANDROID	1077
25.	Boško Konjović, Veljko Malbaša, PROGRAMSKI PODSISTEM ZA PRAĆENJE PROMENA PREKIDAČKIH ELEMENATA ELEKTROENERGETSKOG SISTEMA	1081
26.	Miloš Pujić, Željko Trpovski, BLUETOOTH. OSOBINE, SNAGA SIGNALA, NAMENA I PRAKTIČNA ISKUSTVA	1085
27.	Atila Barčik, REDIZAJN APLIKACIJE ZA VIZUALIZACIJU SCADA SIGNALA	1089
28.	Momčilo Dakić, UTICAJ DISTRIBUTIVNIH GENERATORA NA RELEJNU ZAŠTITU U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA	1093

29.	Srđan Marošan, KOMPARACIJA SILVERLIGHT, FLASH I HTML5 TEHNOLOGIJA SA STANOVIŠTA MANIPULACIJE VIDEO SADRŽAJEM	1097
30.	Petar Bogić, DALJINSKO MERENJE TEMPERATURE KORIŠĆENJEM TEMPERATURNOG PRETVARAČA DS18S20 I ETHERNET MODULA	1101
31.	Ervin Barši, PRIMENA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE U REGULACIJI DC/AC PRETVARAČA	1105
32.	Milan Milakara, PROJEKTOVANJE POJAČAVAČA ZA MERENJE EKG SIGNALA	1109
33.	Ivan Dobrić, DOMAIN SPECIFIC LANGUAGE RUN TIME INTEGRATION (INTEGRACIJA JEZIKA SPECIFIČNIH ZA DOMEN U TOKU FAZE IZVRŠENJA)	1113
34.	Бојан Миладиновић, Драган Самарџија, Ерне Ковач, Ђорђе Исаиловић, Никола Теслић, Михајло Катона, Road Nail: Паметан систем означавања пута, Konferencija TELFOR, Beograd, novembar 2010.	1117
35.	Nebojša Milutinović, Branislav Zuković, Jan Zloh, Vukota Peković, Vladimir Zlokolica, NOVO REŠENJE ZA AUTOMATSKU NAVIGACIJU BEZ GREŠAKA KROZ MENI STB, Konferencija TELFOR, Beograd, novembar 2011.	1121

TERMIČKA DESTRUKCIJA FARMACEUTSKOG OTPADA THERMAL DESTRUCTION OF PHARMACEUTICAL WASTE

Bojana Karlović, Ivan Pešenjanski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – Rad tretira problem farmaceutskog otpada, pri čemu je akcenat stavljen na neželjene lekove. Prikazuje takođe, upravljanje ovom vrstom otpada, načine tretmana, daje proračun toplotnih efekata najzastupljenijih lekova koji više nisu za upotrebu i daje rešenje u vidu mini gasifikatora kapaciteta 1-5 tona dnevno.

Abstract – This paper deals with the problem of pharmaceutical waste, with focus on unwanted medication. Waste management and treatment techniques are also presented, along with calculation of calorific values generated by incinerating the most widely distributed unwanted medications by a small-scale gasificator with a capacity of 1-5 tonnes per day.

Ključne reči: Farmaceutski otpad, upravljanje i uklanjanje, mini gasifikator

1. UVOD

Farmaceutski proizvodi imaju specifična psihohemijska i biološka svojstva, pa samim tim imaju negativan uticaj i na životnu sredinu ako se nepropisno odlažu. Zato je farmaceutski otpad važan deo opasnog otpada koji zasluđuje veliku pažnju.

Nehajno odlaganje na deponije ili bacanje u kanalizaciju dovodi do zagađivanja zemljišta i podzemnih voda koje su često resursi pitke vode.

2. UPRAVLJANJE OTPADOM

Upravljanje/menadžment otpadom podrazumeva sledeće operacije: prikupljanje, prevoz, obradu, recikliranje, odlaganje i monitoring otpadnih materijala.

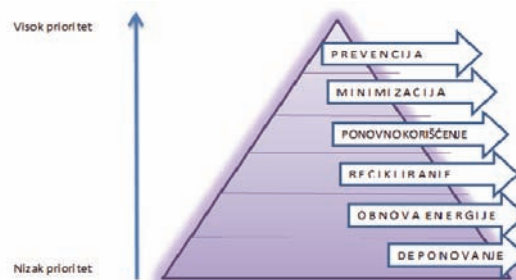
Upravljanje opasnim otpadom se sprovodi po istim principima kao i kod ostalih vrsta otpada, primenom osnovnog koncepta upravljanja poznatog kao 3R koncept (Reduce-smanjiti, Reuse-ponovo upotrebiti i Recycle-reciklirati), poštujući piramidu upravljanja otpadom polazeći od favorizovanja prema manje favorizovanoj komponenti upravljanja, kao što je prikazano na slici 1.

Odlaganje na deponije, bez prethodnog iskorišćavanja materijalnih ili energetskih resursa iz otpada je najnepovoljnija metoda tretmana otpada.

2.1. Zakonska regulativa i Strategija upravljanja otpadom

Upravljanje medicinskim (farmaceutskim) otpadom je u nadležnosti Ministarstva zdravlja Republike Srbije i Ministarstva životne sredine i prostornog planiranja koji imaju veliku ulogu nad upravljanjem, sprovođenjem,

razvijanjem strategije, izdavanjem različitih dozvola, monitoringom, inspekcijom itd.



Slika 1. Prikaz aktivnosti u hijerarhiji upravljanja otpadom

Postojeća zakonska regulativa iz oblasti upravljanja otpadom je podržana velikim brojem propisa koji neposredno ili posredno uređuju ovu oblast.

U Republici Srbiji, upravljanje otpadom je uređeno Zakonom o upravljanju otpadom [1] gde su precizno definisane obaveze i odgovornosti vlasnika otpada. Ovaj zakon ima cilj da se obezbede i osiguraju uslovi za smanjenje nastajanja otpada (razvojem čistijih tehnologija, efikasnim korišćenjem prirodnih bogatstava, ponovnom upotrebom i reciklažom otpada, izdvajanjem sekundarnih sirovina iz otpada, korišćenjem otpada kao energenta i pravilnim odlaganjem otpada). Ovim zakonom i propisima koji idu uz njega, stvaraju se uslovi i zakonodavno-pravni okvir za implementaciju međunarodnih obaveza i zahteva koji proizilaze iz direktiva EU o upravljanju otpadom.

Pravilnik o upravljanju medicinskim otpadom [2] propisuje način i postupak upravljanja opasnim medicinskim otpadom, daje plan upravljanja otpadom ali i listu apoteka koje su dužne da od građana prime lekove kojima je istekao rok.

Strategija upravljanja otpadom za period 2010-2019. godine, predstavlja bazni dokument kojim se obezbeđuju uslovi za racionalno i održivo upravljanje otpadom na nivou Republike Srbije i određuje osnovnu orijentaciju upravljanja otpadom za naredni period u skladu sa politikom EU, postavlja ciljeve upravljanja otpadom i utvrđuje mere za dostizanje tih ciljeva. Pored Strategije, postoje i planovi upravljanja otpadom: nacionalni, regionalni, lokalni, plan upravljanja otpadom u postrojenjima za koja se izdaje integrisana dozvola i radni plan postrojenja za upravljanje otpadom.

2.2. Postojeće stanje u upravljanju otpadom

Identifikovani su različiti problemi u načinu postupanja sa otpadom a neki od njih su: nedovoljna infrastruktura za

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Ivan Pešenjanski.

tretman i odlaganje otpada, zajedničko odlaganje komunalnog i opasnog otpada iz domaćinstva, nedostatak podataka o sastavu otpada i njegovim tokovima, nepostojanje postrojenja za skladištenje, tretman i odlaganje opasnog otpada i zagađenje zemljišta, površinskih i podzemnih voda.

Trenutna praksa upravljanja opasnim i medicinskim otpadom u Srbiji je neodgovarajuća i predstavlja stalnu opasnost po zdravlje ljudi, što pokazuju brojne analize stanja životne sredine.

Nedostatak finansijskih sredstava i opreme kao i nedovoljna obučenost osoblja, osnovni su uzroci neadekvatnog upravljanja otpadom. Cilj je uspostavljanje zdravstveno bezbednog i ekološki prihvatljivog upravljanja kompleksnim kategorijama medicinskog otpada koji se generiše u zdravstvenim ustanovama.

Postrojenja za tretman ne postoje pa se on ili direktno deponuje sa komunalnim otpadom ili privremeno skladišti u najčešće neodgovarajućim uslovima. Opasni i infektivni otpad se ne odvajaju od neopasnog i uglavnom se pre konačnog odlaganja ne obrađuju. Trajno odlaganje opasnog i medicinskog otpada na deponije bez tretmana nije dozvoljen. Prema Bazelskoj konvenciji skladištenje ovakvog otpada može biti privremeno i to u trajanju ne dužem od šest meseci. Dodatni nedostatak ovakvog rešenja je neophodnost velike površine za deponovanje što otežava obezbeđivanje mera zaštite od požara i izlivanja.

2.3. Izvoz opasnog otpada

Jedna od mera za adekvatno postupanje sa opasnim otpadom, samim tim i farmaceutskim, je izvoz i uništavanje u nekoj od evropskih spalionica. Osnova kontrole prekograničnog kretanja (izvoza) opasnog otpada je Bazelska konvencija, po kojoj će države potpisnice pristupiti prekograničnom kretanju otpada samo ako ne postoji ekološki prihvatljivija alternativa odnosno ako nema tehničkih kapaciteta i neophodnih postrojenja za odlaganje otpada na ekološki prihvatljiv i efikasan način. Za sada se izvoz opasnog otpada obavlja preko kompanija koje poseduju dozvolu nadležnih organa za prekogranično kretanje otpada, u skladu sa Zakonom o upravljanju otpadom.

Osim različitih dozvola zemalja kroz koje otpad treba proći pri izvozu, osiguranja tovara, potrebni su i stručni kadar i finansijska sredstva. Farmaceutski otpad pripada nižoj klasi opasnosti i košta 1.5-2 evra, dok se za najopasniji izdvaja 6 evra po kilogramu.

3. FARMACEUTSKI OTPAD

Farmaceutska industrija proizvodi više od 1000 kg/mesečno potencijalno opasnog otpada i zbog toga pripada grupi velikih generatora.

Farmaceutski otpad su svi lekovi, pomoćna lekovita sredstva i medicinska sredstva zajedno sa njihovom ambalažom, pomoćni preparati koji su postali neupotrebljivi zbog isteka roka trajanja, izlivanja, pripremljeni pa neupotrebljeni ili više nisu za upotrebu iz nekih drugih razloga.

Farmaceutski otpad nastaje u zdravstvenim ustanovama (apoteke, bolnice, lekarskim i stomatološkim ordinacijama, domovima zdravlja, institutima, zavodima...) ali

i u nezdravstvenim institucijama (proizvođači, veleprodajnice, prosvetne ustanove i domaćinstva).

Od ukupnog medicinskog otpada, 80 odsto je budući komunalni otpad a 20 odsto pripada opasnom otpadu (radioaktivan, infektivan ili toksičan). Iako farmaceutski otpad predstavlja 15% ukupnog opasnog otpada, on je trenutno najveći izazov u našoj zemlji [3].

3.1. Izvori farmaceutskog otpada

Pravna ili fizička lica koja obavljaju delatnost u kojoj nastaje farmaceutski otpad su proizvođači farmaceutskog otpada i u zavisnosti od njihove veličine, mogu biti mali i veliki. Kao generatore farmaceutskog otpada izdvajam fabrike lekova i kućne apoteke.

U fabrikama lekova postoje lekovi kojima je istekao rok, neispravne serije medikamenata i otpada koji nastaje tokom proizvodnje lekove. One se prema ovoj vrsti otpada uglavnom odnose po propisima, sarađujući sa kompanijama koje imaju dozvole za izvoz otpada.

Kućne apoteke generišu najveći deo od ukupne količine farmaceutskog otpada i zato su najveći problem. Informisanje stanovništva o načinima pravilnog postupanja sa lekovima koji više nisu za upotrebu predstavlja početak uvođenja sistema pravilnog postupanja sa neželjenim lekovima.

Pokretanje akcija i motivisanje stanovništva na akcije skupljanja isteklih lekova je najbolji način da se isprazne kućne zalihe koje će onda biti prikupljene, uskladištene i uništene po propisu.

3.2. Sakupljanje i razvrstavanje neupotrebljenih lekova u Srbiji i inostranstvu

Nekoliko gradova u Srbiji je počelo sa prikupljanjem isteklih lekova od stanovništva i to su: Subotica, Niš, Indija, Novi Sad itd. Skupljanje se vrši u apotekama ili novootvorenim prostorijama namenjenih baš za to. Tokom prikupljanja, o tome se vodi evidencija. Pravilno upakovan otpad se dalje predaje kompanijama koje imaju dozvolu za njihovo rukovanje ili izvoz.

Grad Niš je osim akcija prikupljanja napravio i anketu koja se popunjavala prilikom predaje lekova, kako bi se stekao utisak o načinima upravljanja ovim otpadom u domaćinstvima. Pilot projekat je trajao dva meseca i anketu je popunilo 300 ispitanika. Anketa je pokazala da i dalje najveći procenat ispitanika (74%) nepropisno odlaže neželjene lekove na deponiju ili u kanalizaciju.

U 10 apoteka, u toku pilot projekta, od 53 građana je prikupljeno:

- Antibiotika/citostatika 1,35 kg
- Ostalih lekova 6,19 kg

odnosno ukupno: 7,54 kg lekova. [4]

Upravljanje farmaceutskim otpadom u EU

Evropska agencija za životnu sredinu je napravila upitnik koji je poslat nadležnim centrima članica EU, ali i Albaniji, Hrvatskoj, Islandu, Lihtenštajnu, Norveškoj, Srbiji i Švajcarskoj. Od 34 zemlje, 28 je odgovorilo. Ovo je prvi sveobuhvatni pregled postupanja sa ovim otpadom na osnovu odgovora organa zaduženih za odlaganje farmaceutskog otpada u zemljama Evrope.

Upitnik nije uključio farmaceutski otpad iz bolnica, zbog toga što je količina lekova koju kupi bolnica, uglavnom

bliska realnim potrebama (pa postoji jako malo otpada) i što farmaceutske otpad iz bolnica obično ne predstavlja opterećenje za životnu sredinu, jer će biti pravilno spaljen sa ostalim otpadom iz bolnice.

Načini informisanja građana o najboljem načinu za odlaganje lekova se razlikuju od zemlje do zemlje. Zbog kulturnih razlika i dotadašnjih iskustava vlasti pri komunikaciji sa građanima, koristili su se različiti pristupi.

Upitnik je pokazao da je u većini evropskih zemalja uspostavljena dobra šema vraćanja lekova apotekama, a činjenica da u mnogim zemljama u kojima je vraćena značajna količina farmaceutske otpada, apoteke su učestvovala dobrovoljno ukazuje na to da nema preke potrebe za zakonskim obvezivanjem apoteka za učešće u tim programima. Istraživanje je pokazalo da je i dalje dosta zastupljena praksa nepropisnog odlaganja isteklih lekova. Republika Srbija nije poslala podatke u okviru navedenog istraživanja, iako je dobila poziv od strane Evropske agencije za životnu sredinu da to učini.

Popunjavanje upitnika se pokazalo kao efikasno sredstvo za dobijanje podataka o farmaceutskom otpadu, koji ranije nisu bili dostupni [5].

4. TRETMAN FARMACEUTSKOG OTPADA

Upravljanje farmaceutskim otpadom mora biti u skladu sa ostalim relevantnim zakonima koji se odnose na upravljanje otpadom generalno, efekte na javno zdravlje i životnu sredinu. Upravljanje farmaceutskim ali i otpadom uopšte ima za cilj zaštitu zdravlja ljudi i životne sredine uz finansijski isplativo rukovanje i odlaganje/tretman otpada na takav način koji uključuje minimalan rizik po zdravlje ljudi i životnu okolinu.

Odlaganje i uništavanje farmaceutske otpada veliki je problem u celom svetu. Nedostatak svih zakona, visoki troškovi, loša organizacija, nedovoljna briga za okolinu su doveli do toga da upravljanje ovom vrstom otpada, do sada nije bilo na zavidnom nivou.

Prvi stepen razdvajanja lekova svodi se na razdvajanje lekova koji se mogu pouzdano upotrebiti i vratiti u zalihe i na lekove koji se više ne mogu upotrebljavati i kao takvi, zahtevaju tretman različitim metodama.

4.1. Metode tretmana farmaceutske otpada

Osnovni cilj svakog tretmana opasnog otpada, samim tim i farmaceutske, je da se na prvom mestu smanji zapremina otpada sa kojom se upravlja.

Uništenje opasnog otpada je najefikasnije u postrojenju za insineraciju, prema proceduri koja obezbeđuje uništenje bez negativnog uticaja na životnu sredinu, o čemu se izdaje odgovarajući sertifikat. Navedeno postrojenje poseduje insinerator sa rotacionom peći u kome je moguće obraditi i čvrsti i tečni otpad. Takođe, sistem sa rotacionom peći sadrži komoru za sekundarno sagorevanje koja obezbeđuje kompletnu destrukciju opasnog otpada. Osim spaljivanja otpada i rešavanja problema deponovanja otpada kao takvog, u evropskim postrojenjima za spaljivanje otpada usvojen je koncept iskorišćenja energije od spaljivanja za proizvodnju toplotne ili električne energije.

Termičke metode tretmana su: insineracija, piroliza, gasifikacija i plazma proces.

Iako se do sada insinerator spominjao kao adekvatno rešenje za farmaceutske otpad, jer se njegovom upotrebom smanjuje količina otpada, nedostatak mu je pretvaranje sirovine u CO₂ i H₂O. Za razliku od insineratora, gasifikatori su tako dizajnirani da otpad pretvaraju u CO i H₂, nema dimnih gasova koji bi se ispuštali u atmosferu, već se ovako nastao singas prečišćava i može se koristiti u hemijskoj industriji i/ili pri proizvodnji energije [6].

5. PRORAČUN HEMIJSKOG SASTAVA OTPADA I NJEGOVE TOPLOTNE MOĆI

Zbog nedostatka podataka vezanih za hemijski sastav i toplotnu moć farmaceutske otpada i psihoaktivnih kontrolisanih supstanci, u radu je prikazan jedan način proračuna.

Na osnovu dostupnih podataka o strukturi kućnih apoteka po aktivnim supstancama u Novom Sadu [7], izabrana je grupa lekova za koju je urađena analiza hemijskog sastava i toplotne moći.

Za osnovu analize hemijskog sastava i toplotne moći ove vrste otpada uzeto je istraživanje o strukturi kućnih apoteka po aktivnim supstancama u Novom Sadu [7]. U istraživanju, lekovi su klasifikovani prema anatomsko-hemijskoterapijskoj (ATC) klasifikaciji i na osnovu prikupljenih podataka, najzastupljenije u kućnim apotekama su sledeće grupe lekova:

A - alimentarni trakt i metabolizam (17%),

C - kardiovaskularni sistem (17%) i

N - centralni nervni sistem (16%).

Na osnovu ovih podataka, izabrani su najprodavaniji lekovi u Srbiji za 2009. godinu po vrednosti [8] iz gore naznačenih ATC grupa, za čije aktivne supstance su hemijske formule bile dostupne. U nastavku je dat primer proračuna za lek retinol, čija je hemijska formula C₂₀H₃₀O.

Nakon računanja molarne mase (M_m=286 g/mol) i masenih udela elemenata iz jedinjenja

C₂₀H₃₀O (C(a)=83.9%, H(a)=10.5% i O(a)=5.6%), računa se gornja toplotna moć na osnovu poznatog elementarnog sastava prema formuli (1):

$$Hg(a) = 340 * C(a) + 1420 * (H(a) - \frac{O(a)}{8}) + 93 * S(a) \quad (1)$$

Za izabrani lek, to bi bilo:

$$Hg(a) = 16145.36 \frac{kJ}{kg}$$

Na ovaj način su izračunate toplotne moći pojedinih lekova ali se mora napomenuti da su svi lekovi mešavina različitih supstanci odnosno sastav leka nije samo prikazana hemijska formula koja je njena aktivna supstanca, već postoji i pomoćna supstanca (pomaže u farmaceutskom oblikovanju leka, štiti ga, poboljšava stabilnost...) koja takođe utiče na toplotnu moć.

Neke od najpopularnijih supstanci odnosno punioca leka su: laktoza, glukoza i sorbitol. Na osnovu njihovih hemijskih formula, računaju se molarna masa i toplotna moć. Svi navedeni punioci poseduju toplotnu moć oko 14000 kJ/kg, što je u rang u toplotne moći osnovnog goriva kao što je lignit.

Detaljan proračun toplotnih moći punioca i aktivnih supstanci izabranih lekova je prikazan tabelarno u diplomskom radu [10].

6. PREDLOG REŠENJA

Jedno moguće rešenje za uništavanje farmaceutskog otpada jeste mini gasifikaciona jedinica prikazana na sl. 2. [9].



Slika 2. Izgled mini gasifikacione jedinice [9]

Jedinstvene karakteristike ovih sistema:

1. Nije potrebna mikro separacija otpada pre obrade;
2. Gasifikacija i prerada gasa vrše se u odvojenim komorama sa maksimalnim performansama;
3. Toplotno zračenje je svedeno na minimum, nakon gasifikacije;
4. Proces koji se sastoji iz dva koraka smanjuje mogućnost stvaranja dioksina i drugih toksina, leteći pepeo i prašina se kontrolišu i održavaju na minimumu;
5. Toplota i energija generisane od strane ovih sistema se mogu efikasno povratiti i koristiti za stvaranje tople vode, toplote, pare i električne energije;
6. Korišćenjem višestrukih komora za gasifikaciju, sistemi mogu da rade sedam dana u nedelji, 24 časa dnevno;
7. Sintetizovani gas (singas) se ubacuje u sistem i koristi za primarno snabdevanje gorivom; ovo značajno poboljšava proces odnosno kvalitet vazduha emisije i efikasnost rada.

Ove karakteristike čine sistem idealnim za široku primenu.

Mikro sistem za gasifikaciju otpada može biti dizajniran za bolnice, javne i privatne zgrade, brodove, farme životinja, industrijske parkove itd. Može biti instaliran u zatvorenom ili otvorenom ograničenom prostoru. U poređenju sa drugim sistemima, jednostavna je za rukovanje i praktično bez održavanja. Ova jedinica je opremljena sa svim ključnim komponentama većih jedinica. Najmanje jedinice su dizajnirane za kapacitet 1-3 m³ otpada i za pre svega za tretman opasnog medicinskog otpada, farmaceutskog, hemijskog, opasnih hemikalija i drvnih otpadaka [9].

7. ZAKLJUČAK

Pravilno postupanje sa farmaceutskim otpadom je širom sveta dobilo na značaju kada je brojnim studijama i istraživanjima identifikovano prisustvo lekova ili njihovih supstanci u tlu, površinskim i podzemnim vodama, pa čak i u vodi za piće.

Mnoge zemlje ne mogu da priušte izgradnju postrojenja za uništavanje farmaceutskog otpada. Zato su neka od rešenja spaljivanje u cementnim pećima, koje mogu da razviju potrebnu visoku temperaturu. Cementarama bi odgovarala upotreba alternativnih goriva koja ne menjaju kvalitet cementa i jer se na taj način smanjuje upotreba osnovnih goriva.

U radu je dat izgled i način rada mini gasifikacione jedinice koja je odgovarajuća za farmaceutski otpad i količinu od 1-3 m³ dnevno. To što jedinica može doći do svakog mesta gde se otpad nalazi (fabrika, bolnica itd.), smanjuje mogućnost hemijskog udesa jer se izbegava potreba za transportom kroz gradske ulice. U takvim slučajevima bi se trebalo obaviti uništavanje otpada baš na mestu gde se i generiše.

8. LITERATURA

- [1] "Sl. glasnik R. Srbije", br. 36/2009 i 88/2010
- [2] "Sl. glasnik R. Srbije", br. 78/2010
- [3] Anonymous, „Generalno čišćenje od medicinskog otpada“, Konferencija Zbrinjavanje medicinskog otpada, jun 2010.
- [4] T.Arsić, R.Matić, „Upravljanje farmaceutskim otpadom – Aktivnosti i iskustva Apoteke Niš“, V Kongres farmaceuta Srbije, Beograd, oktobar 2010.
- [5] K.Kümmerer, M.Hempel (Eds), „Green and sustainable pharmacy“, Springer, 2010
- [6] „A comparasion of gasification and incineration of hazardous wastes“, Doug Orr, David Maxwell, Radian International LLC, 2000.
- [7] N. Svilar, „Stanje kućnih apoteka na teritoriji Novog Sada“, 2008
- [8] „Promet i potrošnja lekova“, Agencija za lekove i medicinska sredstva Srbije, Beograd 2009.
- [9] „Environmental technology embracing the 21st century“, Princeton Environmental Group, 2011.
- [10] B. Karlović: „Termička destrukcija farmaceutskog otpada“, Diplomski-master rad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2012.

Kratka biografija:

Bojana Karlović rođena je u Zrenjaninu 1981. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva – Energetika i procesna tehnika odbranila je 2012.godine.

DINAMIKA KLIPNOG MEHANIZMA
DYNAMICS OF A SLIDER-CRANK MECHANISM

Srđan Stambolija, Miodrag Zuković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast : MAŠINSTVO

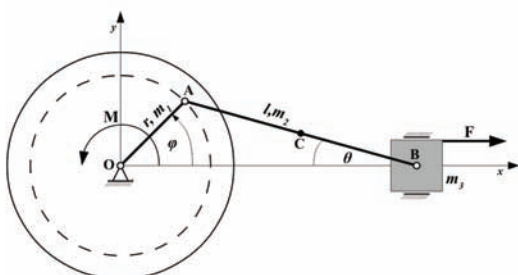
Kratak sadržaj – U ovom radu izvršena je analiza, modeliranje i simulacija kretanja klipnog mehanizma. Analiza je vršena u nekoliko specifičnih slučajeva. Posmatran je uticaj koji pojedini parametri sistema imaju na dinamiku klipnog mehanizma. Posebna pažnja je bila usmerena na uticaj spoljašnje periodično promeljive sile na kretanje i reakcije veza klipnog mehanizma. Modeliranje i simulacija kretanja klipnog mehanizma su zatim izvršeni pomoću programskog paketa Adams.

Abstract – The paper presents an analysis, modeling and simulations of a slider-crank mechanism. The analysis was carried out for a few specific cases. The impact that some system parameters have on the dynamics of the slider-crank mechanism was analysed. Special attention was focused on the influence of an external periodic force to the motion and joints reaction of the slider-crank mechanism. Modeling and simulations of the slider-crank mechanism were then performed by using the software package Adams.

Ključne reči – dinamika, klipni mehanizam, metoda harmonijskog balansa, modeliranje, simulacija, Adams.

1. UVOD

Klipni mehanizam je skup mehaničkih elemenata koji za cilj imaju pretvaranje translatorsnog kretanja u obrtno ili obrtnog kretanja u translatorsno. Klipni mehanizam (Slika 1.) sastoji se iz: radilice mase m_1 i poluprečnika r , pogonjene obrtnim momentom M , klipnjače mase m_2 i dužine l , klipa mase m_3 na koji deluje periodično promenljiva sila F .



Slika 1. Klipni mehanizam, osnovni parametri

1.1. Diferencijalna jednačina kretanja klipnog mehanizma

Diferencijalna jednačina kretanja klipnog mehanizma formira se kao Lagranževa jednačina druge vrste.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je dr Miodrag Zuković, docent.

Kako bi se formirala Lagranževa jednačina druge vrste potrebno je naći izraze za: kinetičku energiju, potencijalnu energiju i generalisanu silu nepotencijalnih dejstava u funkciji generalisane koordinate. Kada se ovi izrazi uvrste u Lagranževu jednačinu druge vrste dobija se diferencijalna jednačina kretanja klipnog mehanizma. Deljenjem jednačine kretanja sa momentom inercije radilice I_1 i uvođenjem smena:

$$\eta = \frac{m_3 r^2}{I_1}, \eta_2 = \frac{m_2 r^2}{I_1}, \mu = \frac{r}{l}, \kappa = \frac{M_0}{I_1} \text{ i } \kappa_F = \frac{F_0 r}{I_1}$$

jednačina kretanja postaje:

$$\ddot{\varphi} \left(1 + \frac{\eta_2}{12} (3h^2(\varphi) + s^2(\varphi)) + \eta f^2(\varphi) \right) + \dot{\varphi}^2 \left(\frac{\eta_2}{24} \left(3 \frac{d(h^2(\varphi))}{d\varphi} + \frac{d(s^2(\varphi))}{d\varphi} \right) + \frac{\eta}{2} \frac{d(f^2(\varphi))}{d\varphi} \right) + \frac{1}{2} \frac{m_2 r}{I_1} g \cos(\varphi) = \kappa \left(1 - \frac{\dot{\varphi}}{\Omega} \right) + \kappa_F \bar{F}(\varphi) f(\varphi) \quad (1)$$

Gde su $f(\varphi)$, $h(\varphi)$ i $s(\varphi)$:

$$f(\varphi) = -\sin(\varphi) - \frac{r}{l} \frac{\sin(\varphi) \cos(\varphi)}{\sqrt{1 - \frac{r^2}{l^2} \sin^2(\varphi)}},$$

$$h(\varphi) = \sqrt{\cos^2(\varphi) + \sin^2(\varphi) \left(2 + \frac{r}{l} \frac{\cos(\varphi)}{\sqrt{1 - \frac{r^2}{l^2} \sin^2(\varphi)}} \right)^2},$$

$$s(\varphi) = \frac{\cos(\varphi)}{\sqrt{1 - \frac{r^2}{l^2} \sin^2(\varphi)}}.$$

Reparametrizacijom se jednačina kretanja (1) izražava u funkciji ugla φ i dobija sledeći oblik:

$$\omega(\varphi) \omega'(\varphi) \left(1 + \frac{\eta_2}{12} (3h^2(\varphi) + s^2(\varphi)) + \eta f^2(\varphi) \right) + \omega^2(\varphi) \left(\frac{\eta_2}{24} \left(3 \frac{d(h^2(\varphi))}{d\varphi} + \frac{d(s^2(\varphi))}{d\varphi} \right) + \frac{\eta}{2} \frac{d(f^2(\varphi))}{d\varphi} \right) + \frac{1}{2} \frac{m_2 r}{I_1} g \cos(\varphi) = \kappa \left(1 - \frac{\omega(\varphi)}{\Omega} \right) + \kappa_F \bar{F}(\varphi) f(\varphi) \quad (2)$$

2. ANALIZA DINAMIKE KLIPNOG MEHANIZMA

Analiza dinamike klipnog mehanizma je vršena u nekoliko specifičnih slučajeva. Posmatran je konkretan klipni mehanizam sledećih konstrukcionih karakteristika: poluprečnika radilice $r=0.03\text{m}$, mase radilice $m_1=2\text{kg}$, mase klipa $m_3=0.1\text{kg}$, dužine klipnjače $l=0.217\text{m}$, mase klipnjače $m_2=0.05\text{kg}$, maksimalne ugaone brzine kada nema opterećenja $\Omega=15.8098\text{s}^{-1}$, maksimalne periodične

sile $F_0=6\text{N}$ maksimalnog obrtnog momenta kada je ugaona jednaka nuli $M_0=0.22608\text{Nm}$ [1].

2.1. Mehanizam bez spoljašnje sile i zanemarljivih masa klipnjače i klipa

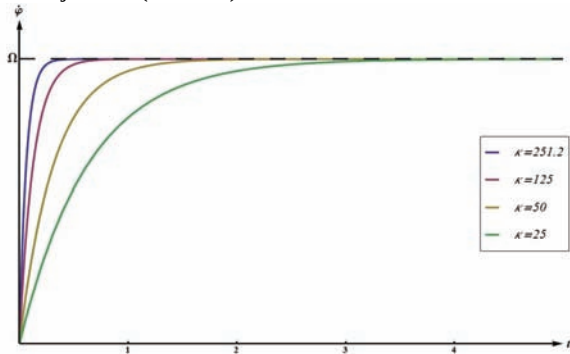
Kada se zanemare uticaji masa klipnjače m_2 , klipa m_3 i spoljašnje sile F na klipni mehanizam jednačina kretanja (1) postaje:

$$\ddot{\varphi} = \kappa \left(1 - \frac{\dot{\varphi}}{\Omega} \right). \quad (3)$$

Rešavanjem jednačine (3) za početne uslove $\varphi(0) = 0$ i $\dot{\varphi}(0) = 0$ dobija se izraz za ugaonu brzinu:

$$\dot{\varphi} = \Omega - \Omega e^{-\frac{\kappa}{\Omega} t}. \quad (4)$$

Ugaona brzina (4) je analizirana za različite vrednosti koeficijenta κ (Slika 2.).



Slika 2. Promena ugaone brzine(4) u funkciji vremena za različite vrednosti koeficijenta κ

Vidi se da ugaona brzina asimptotski teži Ω (maksimalna ugaona brzina pri $M = 0$) i da povećanje koeficijenta κ ima za posledicu brže zaletanje ugaone brzine.

2.2. Mehanizam bez spoljašnje sile i zanemarljive mase klipnjače

Kada se zanemare uticaji mase klipnjače m_2 i spoljašnje sile F na klipni mehanizam jednačina (2) postaje:

$$\omega^2(\varphi) \frac{\eta}{2} \frac{d(f^2(\varphi))}{d\varphi} = \kappa \left(1 - \frac{\omega(\varphi)}{\Omega} \right). \quad (5)$$

Jednačina (5) se može rešiti numerički, ali se može doći i do približnog analitičkog rešenja metodom harmonijskog balansa tako što se pretpostavi ustaljeno rešenje ugaone brzine u obliku [2]:

$$\omega(\varphi) = a_0 + \varepsilon^2 a_1 \cos(\varphi) + \varepsilon^2 b_1 \sin(\varphi) + \varepsilon a_2 \cos(2\varphi) + \varepsilon b_2 \sin(2\varphi) + \varepsilon^2 a_3 \cos(3\varphi) + \varepsilon^2 b_3 \sin(3\varphi). \quad (6)$$

gde je ε proizvoljni koeficijent manji od jedan.

Nakon zanemarivanja članova čija je vrednost jako mala dolazi se do sistema sedam lineranih jednačina sa sedam nepoznatih čijim se rešavanjem dolazi do nepoznatih koeficijenata $a_0, a_1, a_2, a_3, b_1, b_2$ i b_3 . Njihove vrednosti za usvojene podatke [1] su:

$$a_0 = \Omega = 15.8098,$$

$$a_1 = -\frac{\eta \mu \Omega^5}{4\varepsilon^2(\kappa^2 + \Omega^4)} = -\frac{0.0271847}{\varepsilon^2},$$

$$a_2 = \frac{\eta(2+\eta)\Omega^5}{2\varepsilon(\kappa^2 + (2+\eta)^2\Omega^4)} = \frac{0.306276}{\varepsilon},$$

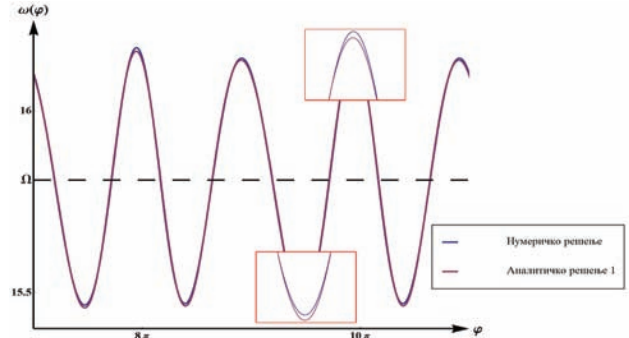
$$a_3 = \frac{9\eta\mu\Omega^5}{4\varepsilon^2(\kappa^2 + 9\Omega^4)} = \frac{0.0491286}{\varepsilon^2},$$

$$b_1 = \frac{\eta\mu\kappa\Omega^3}{4\varepsilon^2(\kappa^2 + \Omega^4)} = \frac{0.0273207}{\varepsilon^2},$$

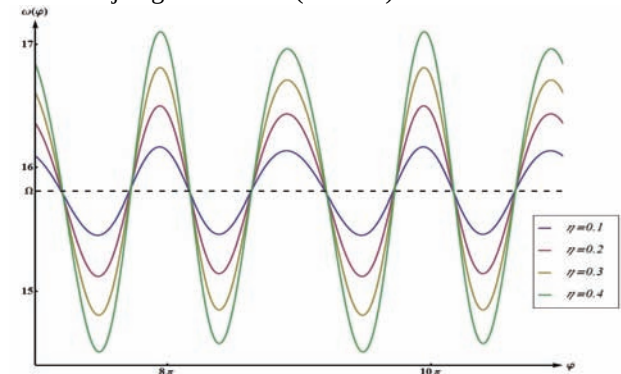
$$b_2 = -\frac{\eta\kappa\Omega^3}{2\varepsilon(\kappa^2 + (2+\eta)^2\Omega^4)} = -\frac{0.146576}{\varepsilon},$$

$$b_3 = -\frac{3\eta\mu\kappa\Omega^3}{4\varepsilon^2(\kappa^2 + 9\Omega^4)} = -\frac{0.0164581}{\varepsilon^2}.$$

Rešenje dobijeno metodom harmonijskog balansa je dovoljne tačnosti i odstupanja u odnosu na numeričko rešenje su veoma mala (Slika 3.).

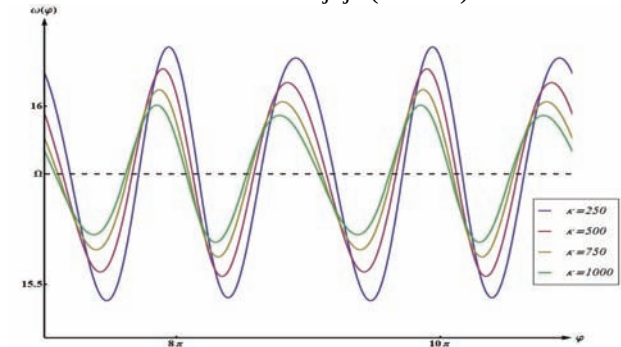


Slika 3. Numeričko i analitičko rešenje u funkciji ugla φ
Koeficijenti a_1, a_2, a_3, b_1, b_2 i b_3 su direktno srazmerni vrednosti koeficijenta η , a obrnuto srazmerni vrednosti koeficijenta κ . Povećanjem koeficijenta η raste amplituda oscilovanja ugaone brzine (Slika 4.).



Slika 4. Promena ugaone brzine ω za različite vrednosti koeficijenta η

Povećanjem koeficijenta κ amplituda oscilovanja ugaone brzine se smanjuje (Slika 5.).



Slika 5. Promena ugaone brzine ω za različite vrednosti koeficijenta κ

2.3. Klipni mehanizam na koji deluje spoljašnja sila

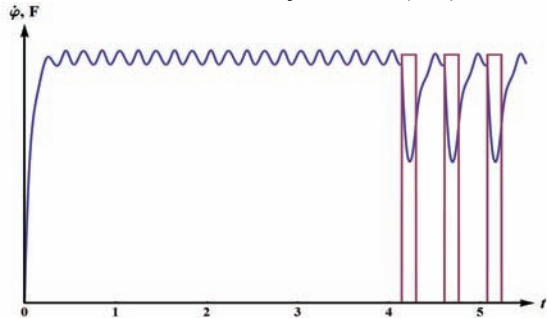
Uvodi se pretpostavka da je uticaj gravitacione sile na sitem zanemarljiv i jednačina kretanja (1) postaje:

$$\ddot{\varphi} \left(1 + \frac{\eta_2}{12} (3h^2(\varphi) + s^2(\varphi)) + \eta f^2(\varphi) \right) + \ddot{\varphi}^2 \left(\frac{\eta_2}{24} \left(3 \frac{d(h^2(\varphi))}{d\varphi} + \frac{d(s^2(\varphi))}{d\varphi} \right) + \frac{\eta}{2} \frac{d(f^2(\varphi))}{d\varphi} \right) = \kappa \left(1 - \frac{\dot{\varphi}}{\Omega} \right) + \kappa_F \bar{F}(\varphi) f(\varphi) \quad (7)$$

Interval i periodičnost delovanja sile su definisani preko bezdimenzionirane funkcije $\bar{F}(\varphi)$ koja se matematički zapisuje kao:

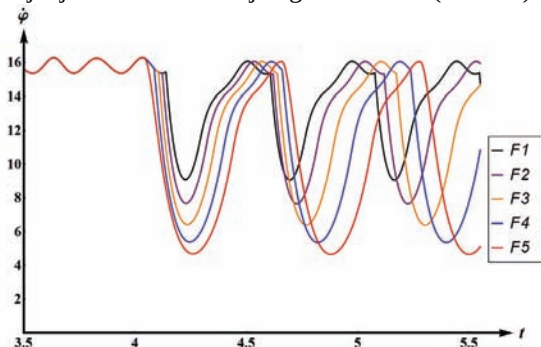
$$\bar{F}(\varphi) = \begin{cases} \bar{F}(\varphi) = 1, x_{Bpoc} \geq x_B \geq x_{Bkraj} \wedge f(\varphi) \leq 0 \wedge \varphi \geq 20\pi \\ \bar{F}(\varphi) = 0, x_{Bpoc} < x_B < x_{Bkraj} \vee f(\varphi) > 0 \vee \varphi < 20\pi \end{cases}$$

gde x_{Bpoc} i x_{Bkraj} predstavljaju položaj klipa na x-osi u početnom i krajnjem trenutku delovanja sile. Periodičnost je definisana preko funkcije $f(\varphi)$ koja ima negativnu vrednost za put klipa od spoljašnje ka unutrašnjoj mrtvoj tački i pozitivnu za put klipa od unutrašnje ka spoljašnjoj mrtvoj tački. Odlaganje koje omogućava da se ugaona brzina ustali iznosi deset obrtaja radilice (20π).



Slika 6. Uporedni prikaz ugaone brzine i sile u funkciji vremena

Analiziran je uticaj koji dužina intervala na kom sila deluje ima na vrednost srednje ugaone brzine. Posmatrano je pet različitih slučajeva gde je intenzitet sile bio isti za sve slučajeve ali se interval postepeno povećavao iz slučaja u slučaj. Interval delovanja sile je u prvom slučaju bio jednak dužini poluprečnika radilice (Slika 6.), a u svakom narednom slučaju se povećavao za četvrtinu te dužine dok nije dostigao vrednost dvostrukog poluprečnika radilice. Povećanjem intervala raste uticaj sile na ugaonu brzinu obrtanja radilice i dolazi do smanjenja vrednosti srednje ugaone brzine (Slika 7.).



Slika 7. Promena ugaone brzine u funkciji vremena za različite vrednosti intervala sile

Odstupanja vrednosti srednje ugaone brzine za ovih pet slučajeva u odnosu na srednju brzinu obrtanja kada na klipni mehanizam ne deluje sila su:

$$\left(\frac{\dot{\varphi}_{sr} - \dot{\varphi}_{srF1}}{\dot{\varphi}_{sr}} \right) = 15.3341\%$$

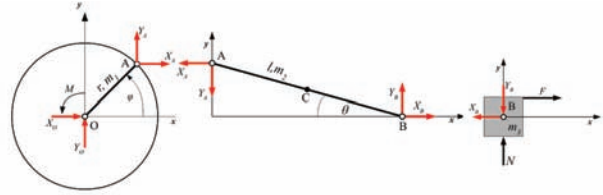
$$\left(\frac{\dot{\varphi}_{sr} - \dot{\varphi}_{srF2}}{\dot{\varphi}_{sr}} \right) = 20.1996\%$$

$$\left(\frac{\dot{\varphi}_{sr} - \dot{\varphi}_{srF3}}{\dot{\varphi}_{sr}} \right) = 25.5564\%$$

$$\left(\frac{\dot{\varphi}_{sr} - \dot{\varphi}_{srF4}}{\dot{\varphi}_{sr}} \right) = 31.0871\%$$

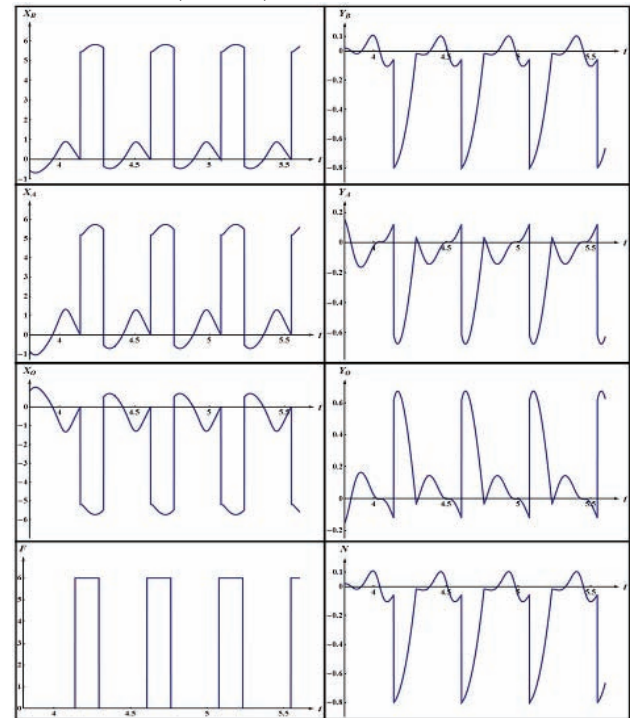
$$\left(\frac{\dot{\varphi}_{sr} - \dot{\varphi}_{srF5}}{\dot{\varphi}_{sr}} \right) = 35.8027\%$$

Nakon analize uticaja intervala delovanja sile na ugaonu brzinu određene su i reakcije veza klipnog mehanizma na koji deluje spoljašnja periodično promenljiva sila. Reakcije veza računane su za silu koja deluje na intervalu za koji klip pređe dužinu poluprečnika radilice i koji se završava dolaskom klipa u unutrašnju mrtvu tačku. Tela su razdvojena i uvedene su reakcije veza u skladu sa aksiomom o vezama i principom akcije i reakcije (Slika 8.).



Slika 8. Reakcije veza

Za svako telo su formirane ravanske jednačine kretanja na osnovu kojih su izračunate reakcije veza: X_O , Y_O , X_A , Y_A , X_B , Y_B i N (Slika 9.).

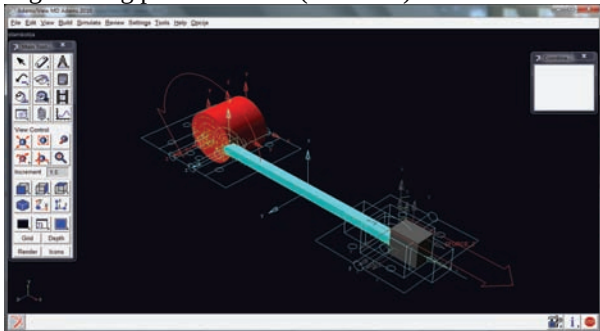


Slika 9. Reakcije veza i spoljašnja sila u funkciji vremena

3. MODELIRANJE KLIPNOG MEHANIZMA U PROGRAMSKOM PAKETU ADAMS

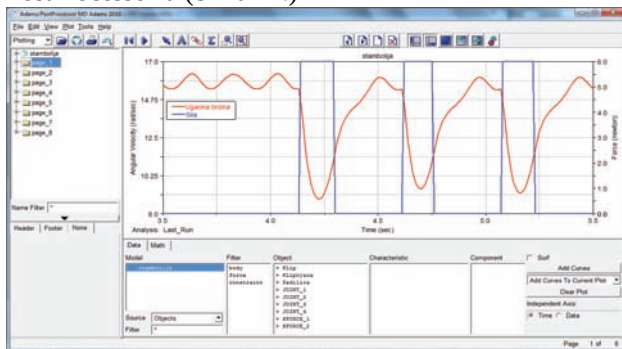
Adams je jedan od najpopularnijih programskih paketa za modeliranje i simulaciju mehaničkih sistema. Adams omogućava pravljenje, simulaciju, analizu i optimizaciju virtuelnih prototipa. Realistične vizuelne i matematičke simulacije kretanja su od velikog značaja prilikom kreiranja novih i testiranja postojećih mehaničkih sistema [3].

Modeliranje i simulacija klipnog mehanizma na koji deluje periodično promenljiva sila rezanja izvršeno je u grafičkom korisničkom okruženju Adams-veiw programskog paketa Adams (Slika 10.).



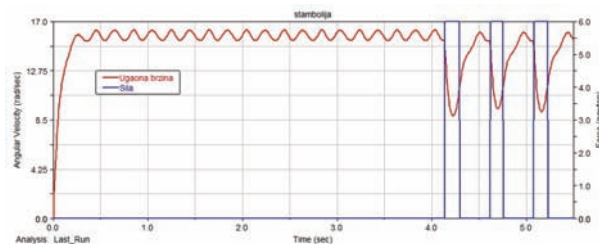
Slika 10. Model klipnog mehanizma u programskom paketu Adams.

Simulacija je izvršena za podatke koji su korišćeni i u prethodnoj glavi prilikom računanja reakcija veza. Analiza rezultata dobijenih simulacijom je urađena pomoću Adams-PostProcessor-a. Adams-PostProcessor je alatka u okviru programskog paketa adams koja omogućava pregled i analizu rezultata simulacije u vidu grafika, izveštaja ili animacija. Prikaz promene parametara sistema je izvršen u vidu grafika u Adams-PostProcessor-u (Slika 11.)



Slika 11. Adams-PostProcessor

Rezultati dobijeni simulacijom u programskom paketu Adams u potpunosti odgovaraju rezultatima dobijenim u prethodnoj sekciji. Uticaj spoljašnje sile na ugaonu brzinu prikazan je na Slici 12. i odgovara rezultatu prikazanom na Slici 6.



Slika 12. Uticaj spoljašnje sile na ugaonu brzinu u funkciji vremena

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu je izvršeno je računarsko modeliranje klipnog mehanizma na koji deluje periodično promenljiva spoljašnja sila. Razmatran je uticaj različitih parametara i spoljašnje sile na dinamiku klipnog mehanizma. Analiziran je uticaj veličine i pozicije intervala delovanja sile na oscilacije ugaone brzine i reakcije veza.

Modeliranje i proračun su izvršeni u programskim paketima Mathematica i Adams. Analiza i modeliranje klipnog mehanizma se na način opisan u ovom radu može vršiti za različite vrednosti obrtnog momenta i spoljašnje sile.

5. LITERATURA

- [1] Jih-Lian Ha, Rong-Fong Fung, Kun-Yung Chen, Shao-Chien Hsien, Dynamic modeling and identification of a slider-crank mechanism, Journal of Sound and Vibration, Volume 289, Issues 4–5, 7 February 2006, 1019-1044
- [2] Ali Hasan Nayfeh; Dean T. Mook. Nonlinear Oscillations Hoboken, NJ: Wiley-VCH, 2008.
- [3] Поляков К.А. Создание виртуальных моделей в пакете прикладных програм ADAMS, Самарский университет, Самара, 2003.

Kratka biografija:



Srđan Stambolija rođen je 20.07.1985. god. u Bihaću. Fakultet tehničkih nauka upisao 2004, a Diplomski-master rad iz oblasti Mašinstva–Dinamika klipnog mehanizma napisao 2012. godine

LEAN KONCEPT I NJEGOVA PRIMENA**LEAN CONCEPT AND ITS IMPLEMENTATION**Milutin Jocić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

Kratak sadržaj – Rad se zasniva na objašnjavanju Lean koncepta, kroz Kaizen, konstantno unapređivanje. Objasnjeni su najčešće korišćeni Lean alati. Objasnjeno je kako se povoljšava efikasnost proizvodnog sistema, primenom: vizuelnog menadžmenta, metode 5S, totalnog produktivnog održavanja (TPO). Posebno poglavlje je posvećeno načinu uvođenja i primeni Lean koncepta i njegovog doprinosa u domaćoj industriji piva.

Abstract – Paper is based on explaining the concept of Lean through Kaizen, continuous improvement. The most common Lean tools and methods are explained. Explain how to improvement efficiency production systems are shown using: visual management, methods 5S and Total productive maintenance (TPM). A special chapter is devoted to implementation of Lean concept and its benefits in the local brewing industry.

Ključne reči: Lean, Kaizen, TPM, 5S, Vizuelni menadžment

1. UVOD

Konkurencija u domaćoj industriji piva je prisutna i postaje sve veća. Ovakve promene samo dodaju “moć” kupcu koji ima sve veće zahteve u pogledu kvaliteta, cene, količine proizvoda. Današnji kupac zahteva i mnogobrojne varijacije istog proizvoda, što zahteva fleksibilnu proizvodnju. Kupci su postali povlašćeni jer proizvodnja i broj proizvođača prevazilaze potrebe kupaca. Proizvođači moraju da ispituju potrebe kupaca, da se bave konstantnim razvojem proizvoda kako bi ostali konkurentni na tržištu. Cilj ovog rada se zasniva na primenjivanju Lean koncepta kao skupu postupaka kojim su se sistemski pronalazile beskorisne aktivnosti u procesima proizvodnje piva na linijama za otakanje, kao i izvori grešaka, s ciljem da se direktno utiče na kvalitet, troškove i vreme proizvodnje piva.

Rad se sastoji iz pet poglavlja. Prvi deo rada će biti posvaćen razumevanju nastajanja Lean ideje, poreklo i tržišni uslovi. U drugom poglavlju će biti reči o ljudima koji su definisali Lean, dali mu ime i tačno odredili metode i tehnike eliminisanja gubitaka u preduzeću. Naredna poglavlja će biti posvaćena objašnjavanju Lean alata, njihovom boljem razumevanju. Poslednje poglavlje će se baviti primenom Lean principa u domaćem preduzeću, prikazivanjem promenjenog stanja.

NAPOMENA:

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

Japan je danas velika ekonomska sila, koja ima treću najjaču ekonomiju na svetu po nominalnom BDP, što nije bio slučaj 60 godina unazad (slika 1).



Slika 1: Rast Japanskog Bruto Domaćeg Proizvoda

Nakon izgubljenog rata Japan ostaje pod okupacijom SAD sve do 1952 godine. Ni u jednom resursu nije bila bogata zemlja, potpuno je zavisila od uvoza. Da bi ostali konkurentni na svetskom tržištu shvatili su da moraju proizvoditi proizvode visokog kvaliteta, kakvi su bili traženi, uz minimalno ulaganje resursa i to u najkraćem roku. Jedino za takve proizvode je kupac spreman da plati čak i više od cene konkurencije. Iz te potrage će se izroditi termin Lean proizvodnja (*Lean production*) ili kako ga još zovu Lean razmišljanje (*Lean thinking*) [2].

2. LEAN KONCEPT

Lean koncept unapređuje celo preduzeće eliminišući gubitke koji nastaju tokom procesa rada. Gubici mogu biti u različitim oblicima, ali se kod Lean preduzeća svi procesi precizno analiziraju kako bi se shvatili i eliminisali nepotrebni elementi i suvišni procesi. Ne postoji konačan cilj kod eliminisanja gubitaka već težnja da preduzeće i svi procesi u njemu budu bolji i efikasniji.

2.1. Istorijat Lean koncepta

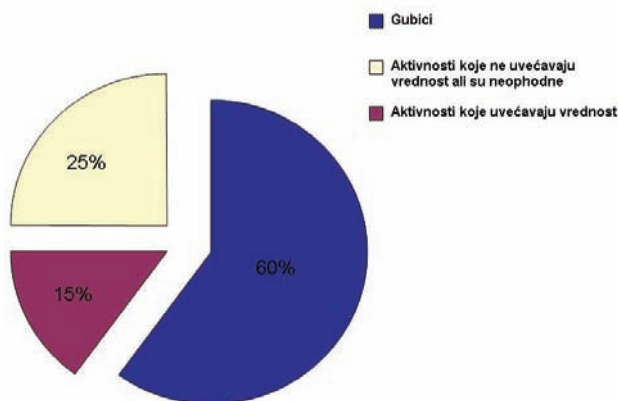
Termin Lean, nastao od grupe akademika, je reč koja potiče iz engleskog jezika. U bukvalnom prevodu znači *vitko, mršavo*. Analogijom Lean označava vitku proizvodnju, koja ima minimalne gubitke u procesima. Termin Lean su definisali dva profesora Džejms Vomak i Daniel Džons izdate 1990 u knjizi „Mašina koja je promenila svet“ (*The Machine that Changed the World*).

2.2 Pull System (Sistem izvlačenja)

Pull sistem se koristi kao mera za sprečavanje jednog od osnovnih gubitaka - prekomerne proizvodnje. Cilj je pružiti kupcu ono što mu treba, kada mu to treba i tačno u količini koja mu treba. Ovakav pristup se bazira na pull principu - umesto da prethodni koraci “guraju” materijal i orijentišu se prema svojoj proizvodnji (push), kod pull sistema naredni koraci “povlače” šta i kada im je potrebno od prethodnog koraka [1].

2.3 Vrste gubitaka u preduzeću

Gubici (eng. WASTE) predstavljaju bilo kakvu aktivnost, u preduzeću, koja ne doprinosi krajnjoj vrednosti proizvoda. Svaka aktivnost u preduzeću troši određene resurse koji se uvek mogu preračunati u novčanu jedinicu. Gubici se lako pamte i objašnjavaju, nisu stalni, a neosetno i lako se stvaraju i stižu (slika 2).



Slika 2: Udeo aktivnosti u ukupnom ciklusu proizvodnje

Vremenom su preduzeća koja praktikuju LEAN koncept sistematizovala 9 vrsta gubitaka.

Prekomerna proizvodnja - predstavlja proizvodnju koja prevazilazi potražnju.

Greške – Greške na samom proizvodu koje direktno poskupljuju cenu proizvoda.

Zalihe - Trošak nastaje kada postoji nepotrebno visok nivo sirovog materijala, nezavršene proizvodnje ili delova.

Transport - Bilo koje kretanje materijala koje ne doprinosi vrednosti proizvoda, kao što je npr. transport između radnih jedinica.

Čekanje - čekanje je prazan hod mašina i radnika, dok se čeka da dođe deo za obradu koji nije tu usled uskih grla u proizvodnji, lošeg takta ili zastoja u transportu.

Korekcija - treba izbegavati bilo kakve greške u proizvodnji koje mogu da dovedu do dorade na predmetima rada, jer one povećavaju cenu.

Kretanje - bilo kakvo nepotrebno šetanje, ili nepotrebni pokreti radnika, koji ga ometaju u obavljanju posla.

Prekomerna obrada - prekomerna obrada završnog proizvoda koje kupac neće prepoznati kao povećan kvalitet.

Nepovezanost znanja - ovo se dešava kada znanje ili informacija nisu dostupni u trenutku kada su potrebni.

3. ALATI LEAN KONCEPTA

3.1 Just in time (JIT) – Tačno na vreme

Direktan cilj ovog alata je da smanji zalihe. Prednosti koje se ostvaruju smanjivanjem zaliha su i mnogo bolja kontrola lanca nabavke i proizvodnja. Zalihe postoje jer su sirovine, delovi naručeni pre nego što su zaista potrebni. Postoje zato što je zastupljena prekomerna proizvodnja i proizvode se proizvodi iako nemaju svog kupca. Princip promoviše prilaz u upravljanju proizvodnim sistemima “pravi deo na pravo mesto u pravo vreme” [2].

3.2 Kanban planiranje

Kanban je japanska reč i u osnovi znači tabla, kartica ili cedulja. Pri JIT proizvodnji radnik iz tekućeg procesa ide da pokupi delove iz prethodnog, ostavljajući kanban, oznaku o isporuci date količine određenih delova. Kanban sistem predstavlja način da svi proizvodni procesi u fabrici rade kontinuirano i da ne ostanu bez predmeta rada (ili da ne proizvedu previše), putem vizuelne signalizacije u fabrici (slika 3).



Slika 3: Primer praznog mesta kao Kanban signala

3.3 5S – Pet S

Organizovanje radnog prostora je bitno za radnike, okolinu, kvalitet proizvoda. Pet S je skup pravila za organizovanje radnog mesta svakog radnika. Cilj je da svako radno mesto bude organizovano tako da bude maksimalno efikasno i ubrza i olakša rad radniku. Pet S je sigurno najprepoznatljivija tehnika LEAN koncepta, jer ju je najlakše primeniti i rezultati bivaju vidljivi gotovo trenutno. 5S se sastoji od pet japanskih reči: Seiri – Poslušnost, Seiton – Urednost, Seiso – Čistoća, Seikatau – Savršenstvo, Shitsuke – Disciplina. Prilagođenih za engleski: Sort, Straighten, Shine, Standardise, Sustian.

3.4 Totalno produktivno održavanje – TPM

TPM nastoji da dovede efikasnost postrojenja do maksimuma uz pomoć sveobuhvatnog sistema preventivnog održavanja, sve dok su postrojenja upotrebljiva. Sveobuhvatno produktivno održavanje ima tri komponente:

Preventivno održavanje se sprovodi redovnim planskim održavanjem celokupne fabričke opreme.

Korektivno održavanje je postupak zamene pojedinih delova opreme novom.

Prevencija u održavanju odnosi se na postupak prilikom kupovine mašine.

3.5 Vizuelni menadžment

Transparentnost eliminiše otpad. Ako se brzo može uočiti šta se dešava, onda se štedi energija, trud i vreme da se na to pravovremeno odgovori. Korišćenjem slika, grafikona, crvenih svetla, ili drugih vizuelnih tehnika da se brzo i lako razumeju informacije kako bi se na njih efektno i na vreme reagovalo.

3.6 Kvalitet na izvoru – Jidoka

Ne može se očekivati ostvarenje kvaliteta proizvoda ili usluga kao rezultat inspekcija na kraju procesa proizvodnje ili prodaje. LEAN insistira na kreiranju kvaliteta proizvoda na svakom koraku toka vrednosti, ili u svakoj fazi poslovnih procesa. Ako dođe do greške, ona se rešava i popravlja u onoj fazi u kojoj je i nastala.

3.7 Kaizen

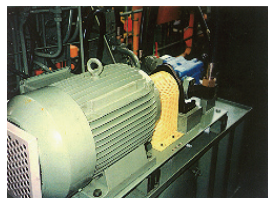
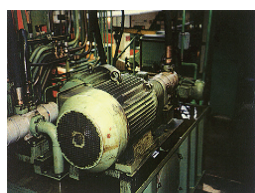
Kaizen je način razmišljanja, inače spoj dve japanske reči- kai, što znači *promena*, i zen, što znači *dobro*. Kaizen je način upravljanja preduzećem usmeren ka kontinuiranom napredovanju filozofija prema kojoj svaki aspekt života treba stalno poboljšavati. Kaizen je mala promena, ali kad se primeni na strategiju, ona je velika strateška promena.

4. PRIMENA LEAN KONCEPTA

4.1. Unapređenje procesa metodom 5S

Uvođenje metode 5S u pivari teklo bi kroz pet koraka:

1. **Sortiranje** - *Sort*,
2. **Uređivanje** - *Set in Order, Stabilize*,
3. **Čišćenje** - *Shine*,
4. **Standardizovanje** - *Standardize*,
5. **Održavanje** - *Sustain*.



Slika 4: 5S

Korišćenjem 5S tehnike se uspešno stvara, a kasnije i održava organizovan i efikasan radni prostor (slika 6). Upešno implementirani koraci sortiranja alata, uređivanja radnog prostora, besprekorno čišćenje radnih mesta, standardizovanje načina održavanja stanja kroz procedure i redovne kontrole izazvale bi koristi koje bi se mogle razvrstati u tri kategorije: bolje radno okruženje, bolji kvalitet, povećana efikasnost. 5 S bi omogućilo:

- Povećanje bezbednosti,
- Olakšavanje prepoznavanja grešaka,
- Smanjenje pripremnog – završnog vremena,
- Povećanje produktivnosti.

4.2. Unapređenje procesa korišćenjem PDCA tabli

PDCA table su deo vizuelnog menadžmenta. Postavljanje tabli, u sektoru za otakanje piva, bi bilo sa ciljem da se u svakom trenutku omogućiti uvid u stanje sistema putem jednostavne signalizacije, crteža, grafikona. PDCA table bi se podelile na tri vrste radi lakšeg traženja podatka:

1. **Tabla za rešavanje problema.** Nove ideje - problemi koji bi dolazili od strane radnika, zapisuju se na tablu. Stanje i napredak ideje – problema se prati vizuelnim putem ili u procentima obeležava na tabli.

2. **Tabla za rešavanje složenih problema.** Na ovu tablu bi se zapisivali problemi čije rešavanje nije jednostavno. Kao i na prethodnoj tabli, sve potrebne informacije vezane sa složen problem (tim zadužen za rešavanje trenutno stanje problema) se zapisuju na ovu tablu.



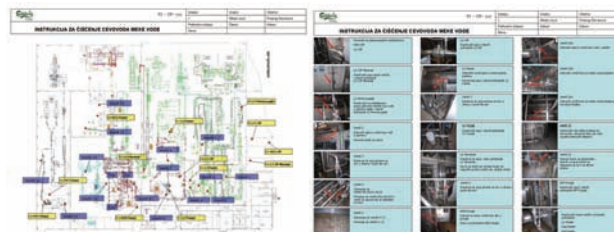
Slika 5: PDCA tabla

3. **KPI tabla (Key Performanse Indicator).** KPI – Ključni pokazatelji procesa. Ova tabla je osmišljena tako da služi za praćenje parametara procesa kao što su: potrošnja energenata, potrošnja sirovine, efikasnosti linija, faktor iskorišćenja, vreme između kvarova itd.

4.3. Totalno produktivno održavanje - TPO

Važan princip u eliminisanju gubitaka je standardizacija rada i aktivnosti. Da bi se svaka aktivnost obavljala na isti način od strane svih operatera bilo bi potrebno izvršiti standardizaciju a zatim i detaljno objasniti i grafički prikazati svaki korak pri korišćenju mašina u cilju njihovog efikasnog održavanja. Aktivnosti koje bi prethodile pravljenju radnih instrukcija mogu se opisati kroz sledeće korake:

1. **Praćenje stanja.** Definisanje jasnog cilja šta se sa instrukcijom želi postići. Zatim bi se pristupilo detaljnom merenju i praćenju trenutnog stanja.
2. **Traženje najboljeg načina za sprovođenje željene aktivnosti.** Do rešenja bi se dolazilo u razgovoru sa operaterima.
3. **Određivanje odgovornih osoba za sprovođenje radnih instrukcija.** Podrazumevalo bi označavanje zona nadležnosti u kojima je odgovoran po jedan ili više operater.
4. **Obuka operatera.** Održavanje sastanka na kome se operaterima detaljno predstavlja radna instrukcija i upućuje na način obavljanja aktivnosti.

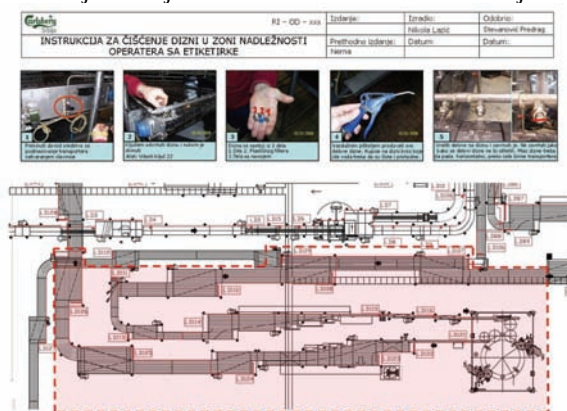


Slika 6: Instrukcija za ispiranje cevovoda meke vode

Na slici je prikazana predložena instrukcija primenjivanja TPO u održavanju i korišćenju cevovoda za meku vodu, razgranatog po celom odeljenju za otakanje piva. Meku vodu koriste sve mašine koje imaju kontakt sa gotovim proizvodom, tj. pivom. Cilj je smanjivanje pripremnog vremena kao i vreme samog ispiranja, koje bi se smanjilo sa nekoliko časova na svega 30 minuta. Proces ispiranja više ne bi zavisio od nekoliko operatera, nego bi ga izvršavao svaki slobodan operater.

Na sledećem primeru je prikazan postupak održavanja dizni za podmazivanje na transporterima. Prateći neprekidan tok, boce koje se pune pivom od svog stavljanja na traku pa do konačnog odlaganja u magacin, kreću se po transporterima.

Transporteri su u suštini metalne pokretne trake koje moraju da se podmazuju da bi boce klizile po njima. Praćenjem problema ustanovljeno je da podmazivanje transporter nije efikasno. Problem razbijanja velikog broja boca na transporterima ima za posledicu pravljenje zastoja, nepotrebno razbijanje flaša. Najveća cena ovog problema je smanjena efikasnost usled čestih zastoja.



Slika 7: : Instrukcija za održavanje dizni

Praćenjem prikazane procedure i postupaka bi se uštedelo skupo vreme bravara sa mašinskog održavanja, potpuno iskorenilo razbijanje flaša na transporterima, povećala odgovornost operatera i usled redovnog čišćenja produžio vek dizni. Ova vrlo jednostavna metoda podržana obukom i procedurom bi napravila veliku uštedu i povećala efikasnost linije usled smanjenja zastoja.

4.4 Unapređenje procesa Kanban sistemom

Pomoću Kanban sistema je predstavljen način da svi proizvodni procesi u pivari rade kontinuirano, i da ne ostanu bez predmeta rada (ili da ne proizvedu previše), putem vizuelne signalizacije. Vizuelna signalizacija značajno bi olakšala upravljanje sistemom, jer menadžeri i supervizori mogu trenutno da vide stanje zaliha u radnim jedinicama.

U odeljenju za otakanje piva, u proizvodnji je primećen problem na mašini koja stavlja etikete na bocu. Često je dolazilo do nepravilnog lepljenja etikete na flašu, što je imalo za posledicu dosta škarta. Zaključak praćenja problema je bio nepravilna kontrola grajfera. Nije tačno definisana kontrolna odgovornost za grajfer od strane operatera, što ima za posledicu da se neispravni grajferi vrte na etiketirku.

Primer metode kontrole pomoću kartica crvene i zelene boje je osmišljen i prikazan na slici (slika 8). Crvena je za neispravan a zelena za ispravan i prekontrolisan grajfer koji je spreman da se stavi na mašinu.

Na obe kartice treba da se nalazi vreme skidanja grajfera kao i operatera zaduženog za njegovu kontrolu.

Ovakvom metodom bi se potpuno eliminisao škart usled nepravilno nalepljenih etiketa koji dostiže cifre i po nekoliko stotina boca, par puta nedeljno.

Kao drugi primer Kanbana je nabavka boca sa potrebnim hemikalijama.

Nabavka bočica je komplikovana zbog toga što se na isporuku čeka mesec dana, jer se naručuju iz inostranstva. Koliko god da se naruči bočica uvek dođe trenutak kad se one potroše, i operateri tek tada zatraže da se naruče nove. Pošto je vreme isporuke dugo, operateri ostaju bez bitnog sredstva koje im služi za kontrolu kvaliteta otpadnih voda.



Slika 8: : Kanban sistem kontrole



Slika 9: : Kanban sistem nabavke

Kad dođe do isporuke, bočice su u zelenoj zoni, čim se potroše i dođu do crvene, to označava trenutak kad treba poručiti nove, a da postojeće zalihe traju do trenutka isporuke. Time bi se rešio problem koji postoji kod naručivanja hemikalija na odeljenju otpadnih voda.

5. ZAKLJUČAK

Lean preduzeće, koje koristi Lean alate, nije Lean ukoliko se način primene tih alata ne menja. Ukoliko preduzeće ne usavršava svoje procese, svoje procedure, svoje razmišljanje, izgubiće suštinu Lean koncepta. Lean nije standard koji se uvodi, Lean je prvenstveno način razmišljanja.

Za vreme uvođenja LEAN koncepta, došlo bi do očekivanih poboljšanja efikasnosti proizvodnog sistema. Ta poboljšanja nakon uvođenja se odnose na: povećanje morala i osećaja pripadnosti kompaniji, standardizuje se rad kroz donete procedure, radni prostor je uredniji zahvaljujući metodi 5S, posredstvom PDCA tabli došlo bi do bolje komunikacije između menadžmenta i radnika, oprema i mašine uvek pouzdane i spremne zahvaljujući totalnom produktivnom održavanju, prelazak sa „Push“ na „Pull“ način proizvodnje.

6. LITERATURA

- [1] James P. Womack, Daniel T. Jones, Lean Thinking, © 1996
- [2] N. Rich, N. Bateman, A. Esain, L. Massey and D. Samuel, Lean Evolution, New York 2006
- [3] www.lean.org
- [4] www.toyota.com
- [5] www.carlsberg.rs

Kratka biografija:



Milutin Jocić je rođen u Novom Sadu, 1984. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka, iz oblasti Industrijsko inženjerstvo i menadžment odbranio je 2012.

Adresa za kontakt autora: milutinjocic@yahoo.com

**UTOVARIVAČ STAJNJAKA SA HIDROSTATIČKIM PRENOSOM SNAGE,
PRIKLJUČEN NA POLJOPRIVREDNI TRAKTOR****HYDRAULIC MANURE LOADER, ATTACHED TO AGRICULTURAL TRACTOR**Milan Đurić, Petar Malešev, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

Kratak sadržaj – Zbog sve većih kapaciteta farmi stvaraju se velike količine stajnjaka koji predstavlja problem u stočarskoj proizvodnji. Zato je utovar stajnjaka nezamisliv bez mašina za utovar stajnjaka. U radu je dat pregled rešenja mašina iz pomenute oblasti, na bazi čega je usvojen prikladan koncept rešenja. Usvojeni koncept je razrađen, a potom je izvršen izbor komponenti hidrosistema i proračun svih karakterističnih režima rada.

Abstract – Because of the farm capacity increase, large quantities of manure are produced, representing a problem in livestock production. It is therefore impossible to load manure without suitable mechanical equipment. In the paper an overview of existing loaders is presented, with the choice of appropriate solution concept. Chosen concept is developed, the components for hydraulic system are chosen and a calculation of the characteristic modes is performed.

Ključne reči: Utovarivač, stajnjak, utovar, hidraulika, proračun

1. UVOD

Fekalna animalna materija osnovni je životinjski, fiziološki nuzproizvod, koji u kruženju organske materije u prirodi od davnina služi za đubrenje ratarskih i povrtarskih kultura. Skladištenje stajnjaka mora biti takvo, da se ne dozvoli da osoka, koja se cedi iz stajnjaka, odlazi u zemlju, kako ne bi došlo do zagađenja podzemnih voda. Transportna sredstva, koja se koriste za prevoz stajnjaka do obradivih površina, su rasturači stajnjaka kao i prikolice koje imaju mogućnost kipovanja. Za utovar stajnjaka na tržištu postoji veliki broj utovarivača, koji se mogu podeliti prema:

- mestu priključenja na: prednje i zadnje,
- mobilnosti na: pokretne i nepokretne pri radu,
- vrsti pogona na: mehaničke i hidraulične.

U daljem tekstu govoriće se samo o utovarivačima koji se montiraju na zadnje poluge traktora, jer je u ovom radu obrađen takav tip utovarivača.

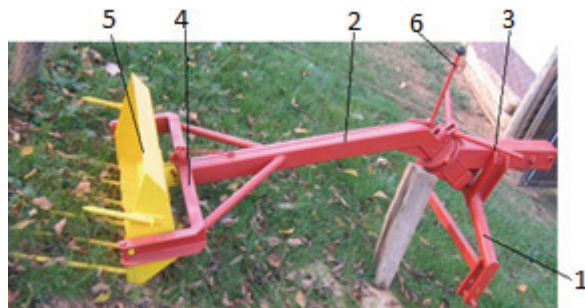
**2. PREGLED POSTOJEĆIH REŠENJA
UTOVARIVAČA ZA STAJNJAK**

Postoji veliki broj proizvođača uređaja ovog tipa, pa će biti razmatrano samo nekoliko različitih koncepcija.

NAPOMENA:

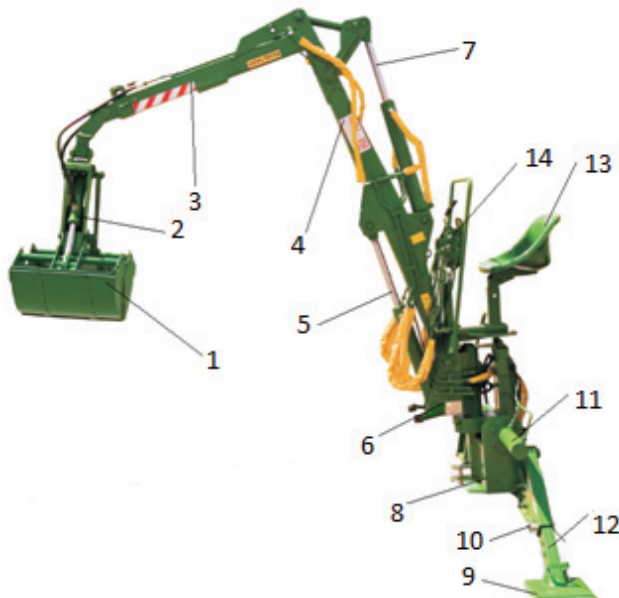
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Petar Malešev, vanr. prof.

Na slici 1. prikazano je jednostavno rešenje naletnog utovarivača proizvođača „IMT“ iz Beograda. Sastoji se od osnovnog rama 1 i glavnog nosača 2, koji se sastoji iz dva dela, koji se jedan u odnosu na drugi obrću za 45° pomoću ručice 3. Držač vila 4 zavaren je za osnovni ram i na njega se montiraju mehaničke vile 5. Podizanje utovarivača izvodi se pomoću hidraulike traktora, a istrešanje stajnjaka se vrši pomoću ručice 6. Dovodjenje utovarivača u radni položaj postiže se manevrisanjem traktora.



Slika 1. Utovarivač proizvođača „IMT“

Na slici 2. prikazan je utovarivač proizvođača „Wafarma“ iz Poljske. On poseduje sopstvenu hidrauliku, čija pumpa dobija pogon preko priključnog vratila traktora. Sastoji se od osnovnog rama 8, koji ujedno predstavlja i rezervoar za ulje. Na osnovnom ramu su pričvršćeni i stabilizatori 12, sa zavarenom oslonom stopom 9, koji se ručno podešavaju i fiksiraju se uz pomoć klina 10. Dalje, na os-



Slika 2. Utovarivač proizvođača „Wafarma“

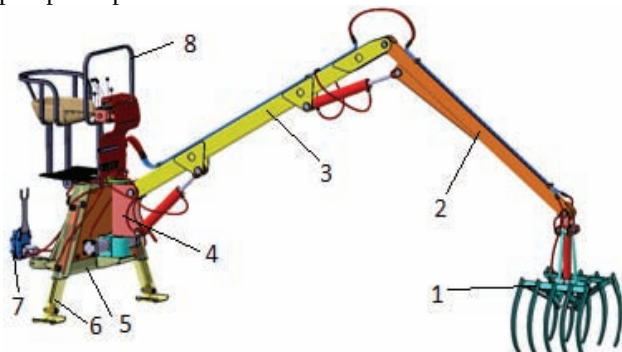
novni ram dolazi nosač strele 6, koji ima mogućnost obrtanja za 180°. Obrtanje se izvodi pomoću zupčanika i zupčaste letve, koja je postavljena na klipnjaču hidrocilindra 11. Strela 4 je izrađena od limova, zavarivanjem, na donjem kraju je spojena sa nosačem strele 6, a na gornjem kraju, na strelu se nadovezuje držač grabilice 3. Podizanje i spuštanje strele izvodi se preko hidrocilindra 5. Držač grabilice 3 napravljen je u vidu kutijastog nosača i dodatnih limova, zavarivanjem. Savijanje i ispravljanje obavlja se preko hidrocilindara 7. Na vrhu držača je postavljena grabilica 1, koja se otvara i zatvara uz pomoć hidrocilindra 2. Pri rukovanju utovarivačem, potrebno je da se rukovalac nalazi na sedištu 13, odakle, preko ručica upravljačkog razvodnika 14, upravlja hidrocilindrima utovarivača. Ovakav utovarivač, zbog svojih stabilizatora, može se upotrebljavati samo na tvrdim i ravnim terenima, jer je podešavanje stabilizatora ručno, pa ne može da se postigne odgovarajuća stabilnost utovarivača pri neravnim i mekim terenima.

3. DEFINISANJE KONCEPTA UTOVARIVAČA

Nakon izvršene analize postojećih rešenja utovarivača, za dalju razradu je odabrano rešenje koje je slično rešenju proizvođača „Wafarma“ iz Poljske.

Usvojeno rešenje utovarivača je namenjeno za utovar stajnjaka, njegov maksimalni dohvat je 6,14 m, dubina zahvatanja je 2,8 m, visina odlaganja stajnjaka 4,7m, a zapremina grabilice 190 dm³. Montira se na zadnji deo traktora čija masa nije ispod 2000 kg i čiji broj obrtaja kardanskog vratila nije manji od 540 min⁻¹.

Na slici 3. prikazano je rešenje projektovanog utovarivača, koji se sastoji od grabilice 1, držača grabilice 2, strele 3, obrtnog stuba 4, osnovnog rama 5, stabilizatora 6, pumpe 7 i platforme za rukovaoca 8.

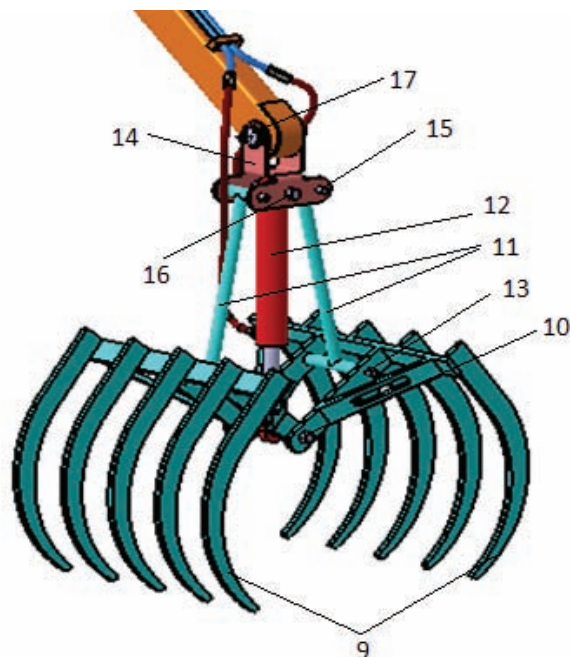


Slika 3. Izgled projektovanog utovarivača stajnjaka

Grabilica je prikazana na slici 4. i sastoji se od mehaničkih vila 9, koje su izrađene zavarivanjem, a postoje dva dela, koji su međusobno spojeni pomoću osovinice 10. Grabilica ima još i poluge 11 koje, zajedno sa hidrocilindrom 12, omogućavaju otvaranje i zatvaranje grabilice.

Poluge 11 su sa jedne strane vezane za mehaničke vile 9 pomoću osovinica 13, a sa druge strane su vezane za nosač 14, pomoću osovinica 15. Hidrocilindar 12 se montira na grabilicu preko osovinice 10 i osovinice 16. Posredstvom nosača 14 se grabilica montira na držač grabilice 2, vezom pomoću osovinice 17.

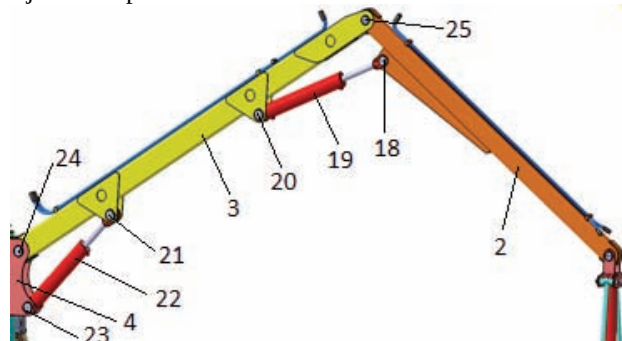
Držač grabilice i strela su prikazani na slici 5. Držač grabilice napravljen je od pravougaone cevi 100x80x7,1 mm,



Slika 4. Grabilica

jer je ovakav oblik najjednostavniji za izradu. Uška, gde se hidrocilindar spaja sa držačem grabilice 2, je tako napravljena, da dodatno ukrućuje konstrukciju i time smanjuje naprezanje držača grabilice. Strela 3 je takođe izrađena od pravougaone cevi, ali nešto većih dimenzija 150x100x7,1 mm. Veza između strele 3 i držača grabilice 2 ostvaruje se pomoću osovinice 25. Peta strele 3 vezuje se za obrtni stub 4 preko osovinice 24. Hidrocilindar 19 se sa jedne strane vezuje za ušku na streli 3, pomoću osovinice 20, a sa druge strane vezuje se za ušku na držaču grabilice 2, pomoću osovinice 18. Pomoću hidrocilindra 19 vrši se zakretanje držača grabilice u odnosu na strelu. Zakretanje strele izvodi se pomoću cilindra 22, koji je pričvršćen za ušku na streli preko osovinice 21, a za obrtni stub 4 preko osovinice 23.

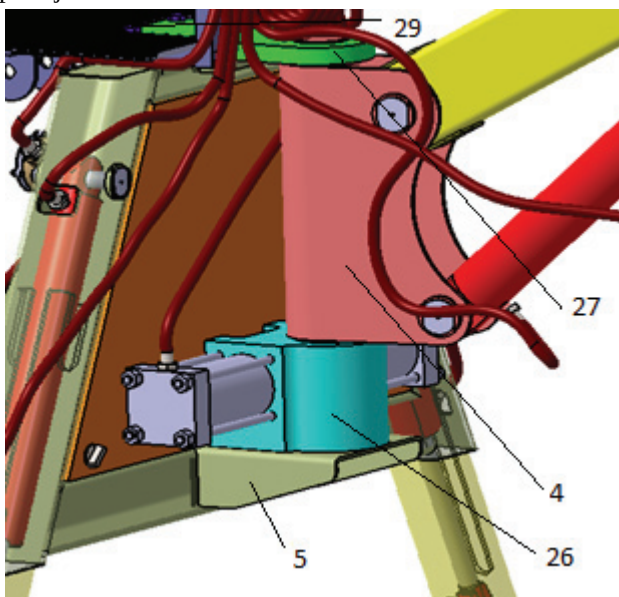
Obrtni stub dat je na slici 6 i on se postavlja na zakretni hidromotor 26, gde je i uležišten. Zakretni hidromotor nalazi se na konzoli osnovnog rama 5, gde se, pomoću četiri vijaka, fiksira za navedeni ram. Obrtni stub je uležišten i sa gornje strane, uz pomoć ploče 27, koja je vijcima 29 pričvršćena za osnovni ram.



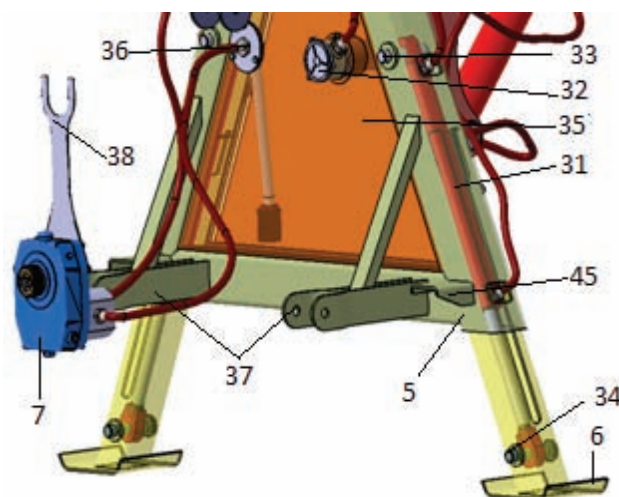
Slika 5. Držač grabilice i strela

Na slici 7 prikazani su osnovni ram, stabilizatori i pumpa. Osnovni ram 5 izrađen je kutijastih cevi, zavarivanjem. Unutar rama smešten je rezervoar za ulje 35 koji, sem što ima funkciju rezervoara, još dodatno ukrućuje osnovni ram. Unutar rezervoara smešten je i filter za usisni vod 36

koji sprečava da čestice prljavštine dospeju do izvršnih organa. Za rezervoar je takođe pričvršćen i filter za povratni vod 32. On ima zadatak da prečisti ulje koje se iz sistema vraća u rezervoar. Na osnovnom ramu 5 su još zavarene uške 37 preko kojih se utovarivač priključuje na poluge traktora. Takođe, na osnovnom ramu su zavareni i nogostupi 45 koji omogućavaju lakše penjanje na utovarivač. Stabilizatori 6 su napravljeni od kutijaste cevi, za koju je zavarena oslonja stopa, i oni su uvučeni u osnovni ram. Hidrocilindar stabilizatora 31 smešten je u samom stabilizatoru, gde je, preko osovinice 34 povezan sa stabilizatorom, a pomoću osovinice 33 ostvauje vezu sa osnovnim ramom. Pumpa, sa multiplikatorom 7, direktno se montira na izlazno vratilo traktora, a uz pomoć viljuške 38, gde se postavlja poteznica, sprečava se obrtanje pumpe zajedno sa izlaznim vratilom traktora.



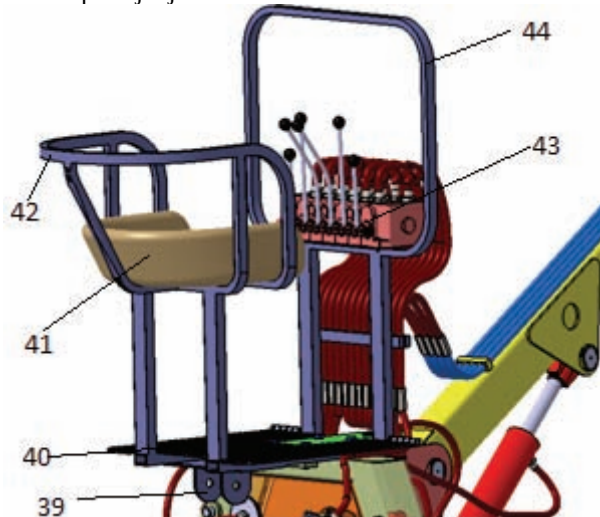
Slika 6. Obrtni stub



Slika 7. Osnovni ram, stabilizatori i pumpa

Slika 8. pokazuje upravljačku platformu, koja je tako napravljena, da rukovalac ima dobru preglednost i bezbednost u toku rada sa utovarivačem. Platforma se sastoji od gazišta 40, a izrađena je od perforiranog lima, kako ne bi došlo do toga da se rukovalac oklizne. Sedište 41 izrađeno je od plastične mase i montirano je na zaštitnu ogradu 42 koja sprečava ispadanje rukovodca sa platforme u slučaju neke nepredvidive nezgode. Razvod-

nik 43 postavljen je na nosač rukohvata 44 i preko njega se vrši upravljanje utovarivačem.



Slika 8. Upravljačka platforma

4. IZBOR KOMPONENTI HIDROSISTEMA

Za pogon je usvojena zupčasta pumpa sa multiplikatorom, koji broj obrtaja traktora, od 540 min^{-1} , povećava na 1663 min^{-1} i time obezbeđuje potreban broj obrtaja za pravilan rad pumpe. Specifična zapremina pumpe je $10,66 \text{ cm}^3$. Za upravljanje je usvojen blok razvodnika sa šest sekcija, kojima su upravlja ručno. U sistemu postoji šest potrošača: dva hidrocilindra za uvlačenje i izvlačenje stabilizatora, hidrocilindar za naginjanje strele, hidrocilindar za pokretanje držača grabilice, hidrocilindar za otvaranje i zatvaranje grabilice i zakretni hidromotor, za obrtanje utovarivača. U vodovima ka hidrocilindrima stabilizatora postavljeni su prigušno nepovratni ventili, u oba voda, koji obezbeđuju da se stabilizatori uvlače i izvlače željenom brzinom. Osim prigušno nepovratnih ventila, postavljeni su i blokirajući ventili, koji sprečavaju curenje ulja kroz razvodnik pri dužem trajanju procesa utovara. Prigušno nepovratni ventili su postavljeni još i u povratnim vodovima kod hidrocilindara strele i držača grabilice, kako bi sprečili pojavu kavitacije prilikom spustanja, usled dejstva težine konstrukcije i težine stajnjaka u grabilici. U sistemu su postavljeni još i filteri za usisni i povratni vod koji imaju zadatak da prečiste ulje od nečistoća koje se nalaze u sistemu.

5. PRORAČUN REŽIMA RADA U OKVIRU (TIPIČNOG) RADNOG CIKLUSA

Na slici 9. dati su položaji grabilice pri uobičajnom radnom ciklusu utovarivača. Na početku radnog ciklusa, grabilica se nalazi u položaju 1. U ovom položaju vrši se zahvatanje stajnjaka, prilikom zatvaranja grabilice. Kada je grabilica napunjena, sledi podizanje strele za ugao $\alpha=40^\circ$, nakon čega se grabilica nalazi u položaju 2. Iz ovog položaja, ona prelazi u položaj 3, podizanjem držača grabilice za ugao $\beta=45^\circ$. Nakon podizanja grabilice u položaj 3, vrši se obrtanje utovarivača za ugao 90° , kako bi se grabilica dovela iznad mesta gde će se izvršiti pražnjenje odnosno istovarivanje stajnjaka. Posle istovara, grabilica se u otvorenom stanju vraća u položaj 3, obrtanjem nosača strele za ugao -90° . Spuštanjem strele za ugao $\alpha=-40^\circ$ grabilica se dovodi u položaj 4 gde se,

nakon spuštanja držača grabilice za ugao $\gamma = -45^\circ$, vraća u prvobitni položaj 1, nakon čega sledi novi radni ciklus.

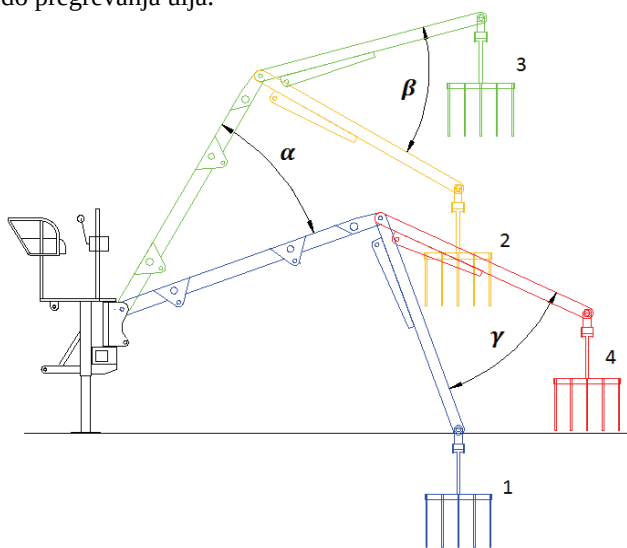
Za ovako opisan srednji (tipični) radni ciklus, izvršen je proračun svih režima rada hidrauličnog sistema, kako bi se dobila snaga gubitaka pojedinih operacija, na osnovu kojih je dobijena srednja snaga gubitaka celog radnog ciklusa koja iznosi:

$$P_{gsr} = 1,19 \text{ kW}$$

Zatim je izračunata snaga hlađenja, koja se dobija opstrujavanjem vazduha oko zidova rezervoara, hidraulične instalacije i izvršnih organa:

$$P_h = 1,41 \text{ kW}$$

Pošto je $P_h > P_{gsr}$, sistem će raditi bez opasnosti da dođe do pregrevanja ulja.



Slika 9. Položaji grabilice pri srednjem radnom ciklusu

7. ZAKLJUČAK

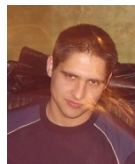
Obzirom na to, da na našim poljoprivrednim gazdinstvima, u proteklih nekoliko godina, dolazi do povećanja broja grla stoke, a manipulacija sa stajnjakom predstavlja jedan od važnih problema u ovoj proizvodnji, postoji dosta prostora za razvoj ovakvih utovarivača.

Rešenje utovarivača, predstavljeno u radu, omogućava utovar stajnjaka na tvrdim i mekim terenima, dohvat u horizontalnom pravcu do 6,14 m, dubinu zahvatanja do 2,8m i istovar stajnjaka na visini do 4,7m. Utovarivač obezbeđuje lako upravljanje i brz rad. Cena je nešto viša u odnosu na druge, jednostavnije uređaje, a, da bi se ispravno ocenila mogućnost njegove primene, potrebna je ekonomska analiza koja nije bila predmet ovog rada.

8. LITERATURA

- [1] P. Malešev, "Hidroprenosnici u mehanizaciji", Novi Sad, Fakultet tehničkih nauka, 2010.
- [2] Ž. Bukurov, M. Bukurov, skripta "Mehanika fluida", Novi Sad, Fakultet tehničkih nauka, 2006
- [3] M. Tešić, M. Veselinov, skripta "Poljoprivredne mašine I", Novi Sad, Fakultet tehničkih nauka, 2006
- [4] D.J. Vitas, M.D. Trbojević, "Mašinski elementi II", Beograd, Naučna knjiga, 1988.
- [5] B. Savić, "Uljna hidraulika I", Zenica, Dom štampe, 1990.

Kratka biografija:



Milan Đurić rođen je u Odžacima 1984. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva – Mehanizacija i konstrukciono mašinstvo odbranio je 2012. godine.

Petar Malešev rođen je u Kaću 1952. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1993. godine. Od 1999. je u zvanju vanrednog profesora. Oblast interesovanja su mu hidroprenosnici i građevinske i komunalne mašine.

BIOGAS POSTROJENJE ZA POLJOPRIVREDNO DOBRO

BIOGAS PLANT FOR AGRICULTURAL FARM

Darko Marki, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – Ruralni ravničarski regioni poseduju svoje osobenosti kako u pogledu energetske potrebe tako i u pogledu raspoloživih resursa. U radu je izložena problematika proizvodnje biogasa na bazi raspoloživih recidiva jedne tipične farme u Vojvodini; takođe je razrađen koncept rešenja postrojenja za produkciju toplotne i električne energije.

Abstract – Rural lowland regions have their own characteristics, both in terms of energy needs and in terms of available resources. The paper presents the problems of biogas production on the basis of available organic residues with a typical farm in Vojvodina, also is developed the concept of solutions for the production of heat and electricity.

Ključne reči: Biogas, poljoprivredna farma, energija.

1. UVOD

Biogas je proizvod prirodnog razgrađivanja koji se dešava pri fermentaciji organskih supstanci. Proizvodnja energije iz biogasa se iskazuje povoljnom sa stanovišta zaštite životne sredine, pošto ne uzrokuje dodatno emitovanje CO₂ (neutralan sa stanovišta emisije CO₂), a takođe smanjuje otpad organskog porekla. Biogas se može skladištiti/akumulirati i tako koristiti sa promenljivim opterećenjima/snagama, što je česta potreba u uslovima prisustva manje tehnologije (mlekara, sušara). Za razliku od drugih obnovljivih izvora energije (vetar, sunce) biogas se može kontinualno proizvoditi bez obzira na klimatske i vremenske uslove. Biomasa je jedini izvor obnovljive energije koji je pogodan za proizvodnju toplote, električne energije, gasa, kao i tečnih goriva.

Vojvodina predstavlja značajnu poljoprivrednu regiju, a samim tim su i potencijali proizvodnje biogasa značajni. Imajući u vidu specifičnosti ruralnih regiona Vojvodine, u ovom članku je za jedno zamišljeno poljoprivredno dobro sa 400 krava muzara i staklenikom za proizvodnju određenih poljoprivrednih kultura, analiziran energetski objekat/izvor na bazi prerade organskih ostataka iz poljoprivredne proizvodnje. Postrojenje je kombinovano a izlazni produkt energetskog izvora je :

- toplotna energija za grejanje staklenika (zima)
- električna energija za prodaju elektrodistibuciji

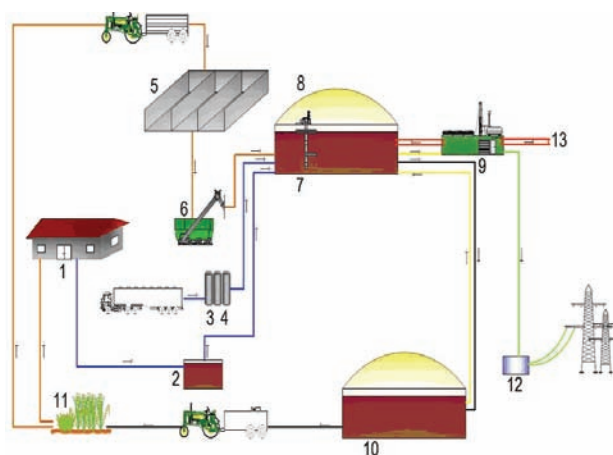
Još jedan veoma bitan izlazni produkt iz biogasnog postrojenja je digestat, koji predstavlja veoma kvalitetno organsko đubrivo.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Ivan Pešenjarski, vanr.prof.

2. POSTROJENJE ZA PROIZVODNJU BIOGASA

Biogasno postrojenje je složen sklop sastavljen iz širokog spektra elemenata. Izgled postrojenja zavisi od vrste i količine sirovina koje će se koristiti za proizvodnju biogasa. Budući da sirovina prikladna za digestiju u biogasnim postrojenjima, dolazi u mnoštvu različitih oblika i različitog je porekla, pa samim tim postoje različite tehnike i tehnologije za preradu pojedinih vrsta sirovina, kao i različiti sistemi radnih procesa. Pored toga zavisno od tipa, veličine i radnih uslova procesa biogasnog postrojenja, moguće je implementirati i različite tehnologije za kondicioniranje, skladištenje i korišćenje biogasa. Rešenje biogasnog postrojenja sa tokovima materije i energije od štale do električne energije prikazano je na slici 1.



- | | |
|-------------------------------|-----------------------------|
| 1. Objekti za uzgoj životinja | 8. Rezervoar za biogas |
| 2. Sabirna jama | 9. Agregat za kogeneraciju |
| 3. Kontejner za biootpad | 10. Skladište za digestat |
| 4. Rezervoar za sanitaciju | 11. Poljoprivredne površine |
| 5. Skladište za silažu | 12. Strujna mreža |
| 6. Sistem za unos sirovine | 13. Toplotna energija |
| 7. Digestor | |

Slika 1. Biogas postrojenje sa tokovima materije i energije.

2.1 Moguća produkcija biogasa

Na poljoprivrednoj farmi postoji 400 grla stoka (krave muzare), maseni udeo organske suve materije u tečnom stajnjaku je 11%, na osnovu ovih podataka možemo odrediti moguću produkciju biogasa :

$$V_{BG} = V_{BG}' \cdot z_{SJ} = 1.41 \cdot 480 = 676.8 \text{ m}^3/\text{dan} \quad (1)$$

gde su :

$V_{BG}' = 1.41 \text{ m}^3/\text{SJ} \cdot \text{dan}$ - prinos biogasa po stočnoj jedinici i danu, prema [1],

$z_{SJ} = 480$ SJ - broj stočnih jedinica, prema [1],

2.2 Snaga biogasnog postrojenja

Snaga biogasnog postrojenja se za konkretan slučaj računa kao :

$$P = H_d \cdot m_{BG} = 30000 \cdot 0.006 = 180 \text{ kW}, \quad (2)$$

gde su :

$H_d = 30000$ kJ/kg - donja toplotna moć biogasa, prema [1],
 $m_{BG} = 0.006$ kg/s - maseni protok biogasa.

3. ELEMENTI BIOGASNOG POSTROJENJA

3.1 Anaerobni digestor

Veličina zapremine digestorske posude zavisi od mnogo elemenata, među kojima su najbitniji sledeći :

- vrsta i količina dnevnog priliva organske materije,
- odabrani tehnološki proces, odnosno vreme zadržavanja supstrata u digestoru,
- očekivani stepen razgradnje,
- da li će se primenjivati metanske bakterije,
- da li su razdvojene faze anaerobnog vrenja.

Potrebna zapremina digestora se za konkretan slučaj računa kao :

$$V_u = k \cdot V_d \cdot n = 1.2 \cdot 21.07 \cdot 17 = 430 \text{ m}^3, \quad (3)$$

gde su :

$k = 1.2$ - faktor uvećanja zapremine,

$n = 17$ dana - vreme zadržavanja supstrata u digestoru,

$V_d = 21.07 \text{ m}^3/\text{dan}$ - dnevni priliv stajnjaka.

3.1.1 Sistem za grejanje digestora

Grejači supstrata mogu biti izvedeni na različite načine, najčešće primenjivane konstrukcije su :

- podni grejač, koji se izrađuje od bakarnih cevi, smešten na dnu digestora, ali ne i u kontaktu sa dnom,
- grejač izveden u plaštu digestora,
- vertikalna izvedba grejača.

U ovom slučaju je korišten podni grejač, smešten na dnu digestora. Toplotna energija za zagrevanje digestora se dobija iz zajedničkog postrojenja koje služi i za zagrevanje staklenika. Do početka produkcije biogasa, postrojenje se snabdeva prirodnim gasom iz mreže, na koju je poljoprivredno dobro priključeno.

Sopstvena dnevna potreba za toplotom digestora se određuje kao :

$$Q = Q_z + Q_G = 22700 + 19887 = 42,577 \text{ kW}, \quad (4)$$

gde su :

$Q_z = 22,7$ kW - potrebna toplota za grejanje supstrata,

$Q_G = 19,887$ kW - gubici toplote digestora.

3.2 Rezervoar za biogas

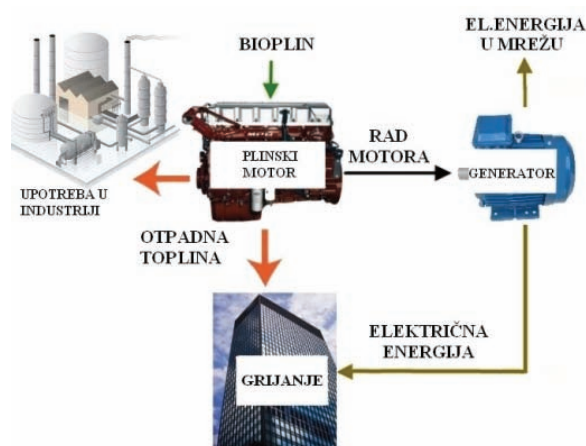
Zapremina rezervoara biogasa se dimenzioniše prema stvarnim potrebama za usklađivanjem proizvodnje i potrošnje biogasa. Uobičajno je da se zapremina rezervoara utvrdi prema veličini dnevne proizvodnje biogasa :

$$V = (0.7 \div 10) \cdot V_{BG} = 1.5 \cdot 676.8 = 1015 \text{ m}^3, \quad (5)$$

V_{BG} - dnevna produkcija biogasa

3.3 Agregat za kogeneraciju

Kogeneracijska proizvodnja toplotne i električne energije smatra se vrlo efikasnim načinom korišćenja biogasa. Pre korišćenja u kogeneracijskim postrojenjima biogas se suši i kondicionira. Kogeneracijska postrojenja na biogas su najčešće termoelektrane blokovskog tipa s motorima na sagorevanje koje su povezani sa generatorom. Motor generatora može biti : gasni oto-motor, gasni dizel-motor ili gasni dizel motor sa pilot paljenjem. Na slici 2. su prikazane mogućnosti upotrebe električne energije i otpadne toplote od gasnog motora na biogas.



Slika 2. Kogeneraciono postrojenje sa gasnim motorom i upotrebom otpadne toplote i električne energije.

Električna energija proizvedena iz biogasa, može se koristiti za rad električnih uređaja kao što su pumpe, kontrolni sistemi ili mešalice. No u mnogo zemalja u kojima je propisana povlašćena cena za otkup električne energije iz obnovljivih izvora (feed-in tarifa), sva električna energija proizvedena u biogasnog postrojenju se prodaje u mrežu, a energija potrebna za rad postrojenja se kupuje ponovo iz mreže od distributera po nižoj ceni.

4. PRIMENA DIGESTATA KAO ĐUBRIVA

Digestat je homogena masa sa poboljšanim odnosom azota i fosfora u odnosu na sirovi stajnjak. Ima deklarirani sastav hranljivih materija za biljke koji omogućava precizno doziranje i integraciju u planove đubrenja i ishrane poljoprivrednih kultura na oranicama. Digestat se može koristiti kao ili vršno đubrivo za useve tokom pune vegetacije. Kod ove primene nije neophodno voditi brigu o gubicima azota kao nitrata u podzemne vode, budući da biljka direktno apsorbira glavni deo hranljivih materija.

5. TOPLOTNA ENERGIJA ZA ZAGREVANJE STAKLENIKA

Potrebe za grejanjem staklenika zavise od područja gde se staklenik nalazi, broja sunčanih dana, vlažnosti vazduha, vetrova koji se javljaju na tom području kao i od potrebne unutrašnje temperature. Od kulture koja se uzgaja zavisi i potreban intenzitet temperature u stakleniku.

Na poljoprivrednom dobru se nalazi staklenik čije dimenzije po dužini, širini i visini iznose: 10x60x7m. U stakleniku se gaje paradajz i paprika, ove kulture tokom zime zahtevaju temperaturu od 25 °C. Što se tiče temperature ona može da varira, biljke oko tri dana mogu da podnesu temperaturu od 10 °C, a par sati biljke mogu podneti i znatno niže temperature bez ikakvog oštećenja. Ovi uslovi moraju biti ispunjeni kako bi se postigla najoptimalnija proizvodnja. Ukupni toplotni gubici staklenika su 196, 7 kW.

Sistem za zagrevanje staklenika je koncipiran tako da se iz njega vrši i zagrevanje digestora u biogasnom postrojenju. Termička snaga gasnog kotla, postrojenja za grejanje, s obzirom na dnevnu potrebu digestora za toplotom i ukupne toplotne gubitke staklenika je 360 kW.

6. SIGURNOST BIOGASNOG POSTROJENJA

Uz izgradnju i vođenje biogasnog postrojenja vezan je niz važnih sigurnosnih pitanja koja, ako se ne uzmu u obzir predstavljaju rizik i opasnost za ljude, životinje i okolinu. Sprovođenje svih mera opreza ima za cilj izbegavanje bilo kakve rizične i opasne situacije, a ujedno doprinosi sigurnosti rada postrojenja.

6.1 Prevencija od eksplozija i požara

Pri određenim uslovima, biogas u kombinaciji sa vazduhom može stvoriti eksplozivnu gasnu mešavinu. Rizik od požara i eksplozije je posebno veliki u blizini digestora i skladišta biogasa. Prema tome, posebne mere moraju biti osigurane tokom izgradnje i rada biogasnog postrojenja. Iako se eksplozije događaju samo pod određenim uslovima, uvek postoji rizik od požara u slučaju otvorenog plamena, iskrenja električnih uređaja ili udara groma.

6.2 Rizik od trovanja i gušenja

Ukoliko se biogas inhalira u velikoj koncentraciji može doći do simptoma trovanja i gušenja pa čak i smrti. U prisutnosti vodoniksulfida u neprečišćenom obliku, biogas može biti izrazito toksičan, čak i pri niskim koncentracijama. Gušenje može biti izazvano zbog zamene vazduha biogasom, što se može desiti u zatvorenim prostorijama na niskim nivoima (npr. podrum, podzemne prostorije i sl.). Biogas je lakši od vazduha, ali ima tendenciju razdvajanja na različite komponente.

Ugljenikdioksid koji je lakši od vazduha, uzdiže se do atmosfere. Zbog toga moraju biti preduzete mere opreza u zatvorenim prostorijama, pa se mora obezbediti nivo odgovarajuće ventilacije. Lična sigurnosna oprema mora se nositi tokom rada u potencijalno opasnim prostorima.

7. ZAKLJUČAK

Proizvodnja i korišćenje biogasa imaju višestruko pozitivne efekte, sa stanovišta zaštite životne sredine korišćenja obnovljivih izvora energije, te podrške nacionalnoj ekonomiji i razvoju ruralnih oblasti. To se naročito odnosi na Vojvodinu, poljoprivrednu regiju, te je veoma značajna proizvodnja biogasa iz poljoprivrednih supstrata. Izgradnjom biogas postrojenja na pomenutom poljoprivrednom dobru, postigla bi se korist kako u zaštiti životne sredine tako i u oblasti energetike. Sprečene su emisije gasova u atmosferu koji su veoma štetne jer doprinose povećanju efekta staklene bašte, a ostvarena je i potpuna energetska nezavisnost farme. Plasman preostale količine energije bi ostvario prihode, u ovom slučaju je to letnji period kada ne zagrevamo staklenik, a visina tih prihoda povećala bi stepen ekonomičnosti rada, a time i povećala isplativost izgradnje biogasnog postrojenja.

8. LITERATURA

- [1] Slavoljub Miljković : Biogas i Biodizel, Tehnička knjiga nova, Beograd, 2010.
- [2] Teodorita Al Seadi : Priručnik za bioplin, BiG East Biogas for Eastern Europe, hrvatski prevod, 2008.

Kratka biografija :



Darko Marki je rođen u Subotici 1984. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva-Energetika i procesna tehnika odbranio je 2012. godine.

**TEHNO-EKONOMSKA ANALIZA POGONSKOG SISTEMA POSTROJENJA ZA
ISPITIVANJE TRAKTORSKIH PNEUMATIKA****TECHNO-ECONOMICAL ANALYSIS OF PROPULSION SYSTEM FOR
TRACTOR TIRES TESTING PLANT**

Danijel Anđelković, Boris Stojić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – Rekonstrukcija postrojenja za ispitivanje pneumatika nalaže usvajanje sopstvenog pogona mernih kolica postrojenja. Sprovedenjem eksperimenta, sa vertikalnim opterećenjem i podmetanjem prepreke određene visine ispred točka, utvrđene su veličine otpora kretanja koja predstavlja osnovu za dimenzionisanje sistema. U daljem toku rada upoređuju se dva tipa pogona- mehanički i hidraulički. Oba pogona su kompletno definisana i elementi proračunati sa pribavljenim cenama komponenti. Utvrđeno je da, uprkos višoj nabavnoj ceni, elektromotorni pogon odgovara aplikaciji na postrojenju, pre svega zahvaljujući upotrebi frekventnog regulatora.

Abstract – Reconstruction of tire testing equipment requires the adoption to self-propelled measuring cart. By carrying out the experiment, the vertical load and a planting obstacles with certain height in front of the wheel, set the size of the movement resistance, which is the basis for the dimensioning of the system. In the further course comparing of the two types of propulsion- mechanical and hydraulic. Both propulsions are fully defined and calculated with the obtained prices of elements. It was found that, despite the higher purchase price, electro-mechanically driven application corresponds to the tyre testing equipment, primarily through the easy of use and performances of frequency converters.

Ključne reči: traktorski točak, ispitivanje, hidrostatički pogon, elektromotorni pogon

1. UVOD

Danas, kada je putna infrastruktura u velikoj meri razvijena i doslovno prolazi pored oranica, pneumatici sve veći deo svog radnog veka provode na tvrdim podlogama i brzinama koje u velikoj meri nadmašuju one prilikom kretanja po mekim podlogama.

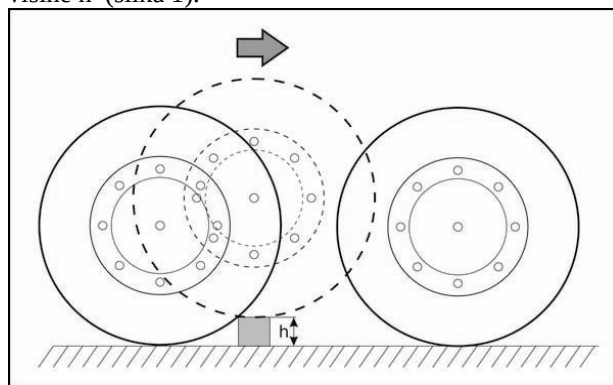
Pneumatik prilikom kretanja ispoljava složeno ponašanje pa su za njegovo proučavanje neophodna eksperimentalna ispitivanja na za to predviđenim postrojenjima. U okviru laboratorije za motore i vozila na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, od ranije postoji postrojenje za teramehanička ispitivanja traktorskih pneumatika. Detaljniji opis postrojenja dat je u [3].

U skladu sa navedenim potrebama za ispitivanjem ponašanja pneumatika na tvrdim podlogama predviđeno je da se izvrši odgovarajuća rekonstrukcija ovog postroje-

nja tako da se omogući i kretanje točka po tvrdoj podlozi. Planom rekonstrukcije predviđeno je da se dosadašnji pogon vuče kolica zameni sopstvenim pogonom kolica i da se oscilatorna pobuda točka saopštava odgovarajućim oblikovanjem mikro profila podloge. Pošto je cilj da se usvoji sopstveni pogon mernih kolica, potrebno je izvršiti eksperimentalno merenje sila otpora prelaska točka preko udarne prepreke. Dobijeni rezultati predstavljaju osnovu podataka za proračun elemenata pogona. Na osnovu ovih rezultata i dimenzionih parametara postrojenja izvršeni su proračuni potrebnih veličina na bazi odgovarajućih inženjerskih disciplina. Prilikom usvajanja komponenti korišćeni su odgovarajući katalozi a vodilo se računa o mogućnosti nabavke komponenti, pri čemu su obavljeni razgovori sa uvoznicima opreme, i odnosu cena/kvalitet, pri čemu je kvalitet imao prednost. Kao moguće varijante pogona nameću se, u praksi najprimenjeniji, hidrostatički i elektromotorni pogon.

**2. EKSPERIMENTALNO ODREĐIVANJE
POTREBNE POGONSKE SILE**

Da bi bilo moguće dimenzionisati pogonski sistem, potrebno je poznavati silu otpora kretanja pneumatika. U datom slučaju, pošto je predviđeno da se pobuda pneumatika na oscilovanje vrši putem mikroprofila u vidu kratkotalasnih odnosno udarnih prepreka, merodavan slučaj za utvrđivanje maksimalne vrednosti otpora kotrljanja koja se može javiti u toku kretanja predstavlja penjanje pneumatika na udarnu neravninu maksimalne visine h (slika 1).



Slika 1. Penjanje pneumatika na udarnu neravninu visine h

Veličina sile otpora zavisi od sledećih parametara:

- vertikalno opterećenje točka
- brzina kretanja
- visina udarne prepreke

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Ferenc Časnji.

- pritisak u pneumatiku

Prema ranije sprovedenim istraživanjima [4] utvrđeno je da vrednost vertikalnog opterećenja treba da iznosi približno 1200 daN.

Uticaj brzine je takav da kinetička energija sistema doprinosi savlađivanju udarne prepreke, odnosno za veću brzinu kretanja sila potrebna za savlađivanje prepreke je manja. Kao merodavan slučaj usvojeno je savlađivanje prepreke iz mirovanja, odnosno maksimalna vrednost sile otpora kretanja za dato opterećenje, pritisak i visinu prepreke.

Visina prepreke i vrednost pritiska predstavljaju promenjive eksperimenta uz napomenu da bi se izbeglo predimenzionisanje pogonskog sistema treba izbeći da i pritisak u pneumatiku i visina prepreka istovremeno primaju svoje ekstremene vrednosti pri kojima na najnepovoljniji način utiču na pojavu otpora kretanja.

2.1 OPIS EKSPERIMENTA

Prvo se postavlja vertikalno opterećenje u vidu tegova, ravnomerno sa obe strane točka. Ukupna težina mernih kolica sa točkom i tegovima iznosi 1200 kg. Pristupa se podešavanju pritiska u pneumatiku na određenu vrednost a zatim ispred točka, bez razmaka, postavlja se prepreka (slika 2).



Slika 2. Postavljena prepreka

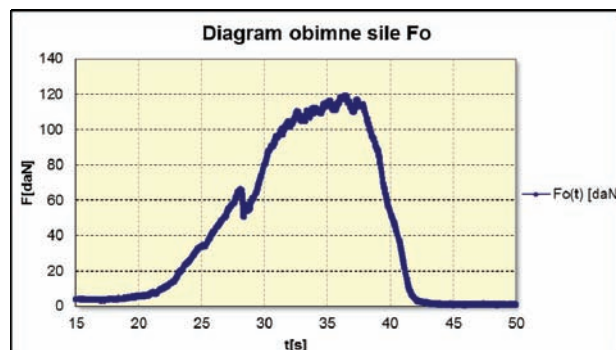
Merenje počinje povlačenjem čeličnog užeta i završava se sve dok točak ne pređe preko prepreke.

Preko softvera LabView na računaru se beleži izlaz senzora ,koji je povezan između kolica i čeličnog užeta, i prikazuje se kao vrednost sile u daN. Kolica se vraćaju u početni položaj i merenje se ponavlja.

2.2 REZULTATI MERENJA

Merenja su za svaku kombinaciju ulaznih parametara sprovedena po 5 puta da bi se kompenzovali uslovi merenja koji nisu mogli isključiti značajne izvore grešaka. Merena je sila u vremenu i podaci su skladišteni na PC računaru, da bi potom iz dijagrama izmerene sile u vremenu bila očitana izmerena vrednost. Pri interpretaciji rezultata merenja treba istaći nemogućnost statičkog zadržavanja sistema u položaju maksimalne sile, kao što je to npr. moguće pri merenju težine; usled toga, a pošto je nemoguće oceniti stvarni uticaj grešaka nastalih usled uticaja inercije i odstupanja ugla užeta u odnosu na horizontalu, na osnovu dijagrama u toku vremena vršena je procena maksimalne merodavne vrednosti sile, umesto da se kod svakog merenja uzme „špic“ vrednosti.

Pri proceni merodavne vrednosti korišćen je pristup osrednjavanja vrednosti na mestima gde izmerena sila u vremenu ima oscilatorni tok, kao i međusobno poređenje rezultata merenja u pojedinim ponavljanjima. Kao primer rezultata merenja prikazan je dijagram toka sile u vremenu (slika 3). Rezultati merenja predstavljeni su u tabeli 1.



Slika 3. Diagram obimne sile F_o u funkciji vremena za prepreku visine $h=3$ cm i pritiska u pneumatiku $p=0.8$ bar

Tabela 1. Rezultati merenja

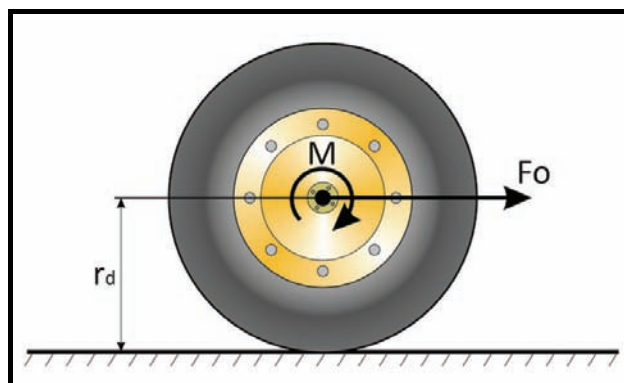
Visina prepreke h [cm]	Pritisak u pneumatiku p [bar]	Prosečna sila F_o [daN]
3	0,8	115
	1,2	175
6	0,8	165
	1,2	200

2.3 PRORAČUN OSNOVNIH PARAMETARA POGONSKOG SISTEMA

2.3.1 Potreban obrtni moment

Na osnovu rezultata merenja sledi da obimna sila F_o (slika 4) koju treba realizovati na točku da bi se pri vertikalnom opterećenju od 12000 N iz mirovanja savladala prepreka visine 6 cm, iznosi 2000 N. Dakle potreban obrtni moment na točku za dati dinamički radijus iznosi :

$$M = F_o * r_d = 2000 * 0.59 = 1180 \text{ [Nm]}$$



Slika 4. Obimna sila

2.3.2 Potreban broj obrtaja točka

Merodavan broj obrtaja točka dobijamo iz potrebnog uslova da se kolica moraju kretati maksimalnom brzinom od $v = 2[m/s]$.

$$n = \frac{O}{v} = \frac{3,7}{2} = 0,54[o/s] = 32,4[\min^{-1}]$$

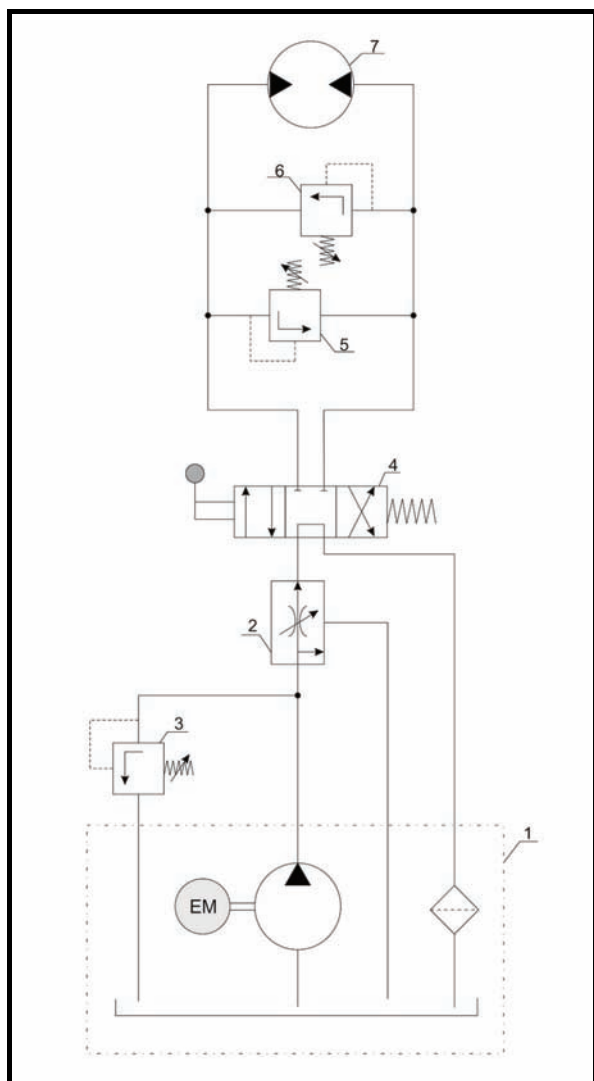
2.3.3 Potrebna snaga

Do potrebne nominalne snage sistema dolazimo preko sledećeg izraza:

$$P_{NS} = \frac{M * n}{9550} = \frac{1180 * 32,4}{9550} = 4[kW]$$

3. HIDROSTATIČKI POGON

Hidraulični sistem projektovan za ovo postrojenje je jednostavan i predstavljen je shemom na slici 5.



Slika 5. Shema hidrostatičkog pogona

Sistem se sastoji od hidro-agregata (1). Hidro-agregat je namenski napravljen sklop koji čine el-motor kao izvor pogona, hidro-pumpa, filtrirajući element i rezervoar sa radnim fluidom-uljem, odgovarajuće zapremine. Iz hidro-agregata izlazni vod pod visokim pritiskom P ide do račve gde se vod spaja sa ventilom sigurnosti (3) i trogranim regulatorom protoka (2). Ventil sigurnosti (3) ima funkciju ograničenja pritiska u vodu P, a cilj je zaštita pumpe od preopterećenja. Trogranim regulatorom protoka (2) se omogućava postizanje nezavisnosti podešene brzine hidro-motora od opterećenja ali i omogućava rad pumpe

uz niži pritisak, bez dejstva ventila sigurnosti što umanjuje gubitke.

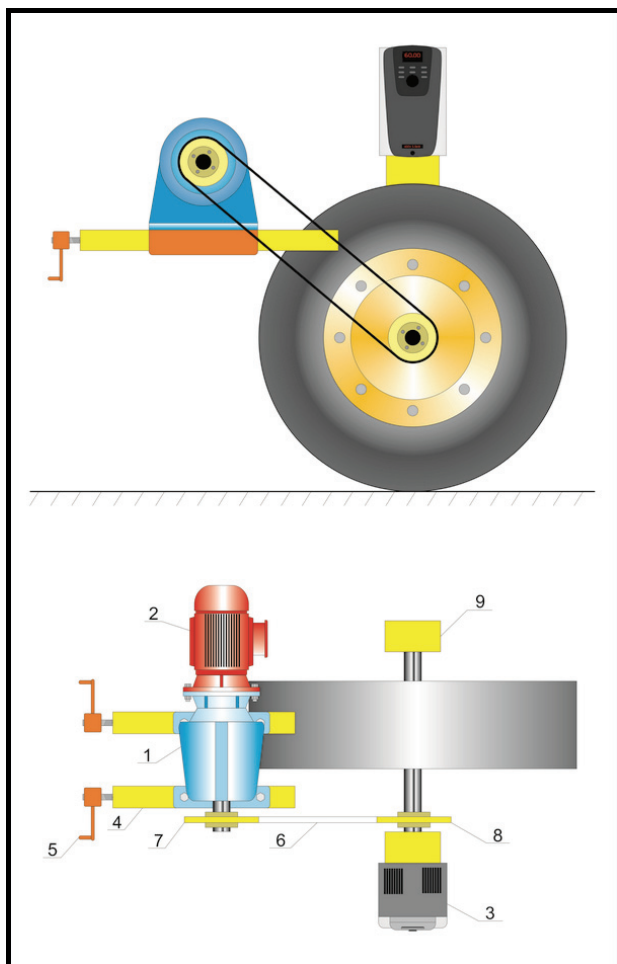
Od račve hidraulični vod dolazi do razvodnika (4). Razvodnik ima oznaku 4/3 što znači 4-priključka i 3-položaja od toga dva radna, za svaki smer kretanja kolica, i neutralni položaj. Razvodnik služi da kada je u srednjem položaju, koji održavaju opruge, prekine dovod ulja u hidro-motor i da se u radnim položajima odabere smer kretanja vratila hidro-motora. Izabran je takav razvodnik koji u srednjem položaju ima povezane priključke P i R. Time se, kada pumpa radi a razvodnik je u srednjem položaju, sprečava nepotrebno zagrevanje ulja prilikom prolaska kroz ventil sigurnosti (3) već ulje prolazi kroz regulator i razvodnik direktno ka rezervoaru. Razvodnik se ručno aktivira u dva smera i u odabranom položaju se blokira.

Kada se ručica razvodnika vrati u neutralan položaj, kolica se kreću i imaju određenu inerciju, tako da bi motor sam po sebi počeo da radi kao pumpa i postojala bi opasnost od rasta pritiska i pucanja crevovoda. Postoji mogućnost da se u razvodniku vodovi A, B i R spoje u neutralnom položaju ali tada se ne bi ostvario efekat kočenja i došlo bi do pražnjenja crevovoda. U tu svrhu je u sistem ubačen sistem od dva ventila sigurnosti (5 i 6), za svaki smer obrtanja motora, koji su po karakteristikama identični ventilu (3) za zaštitu pumpe. Ventili su podešeni na pritisak za par bar-a veći od onog na koji je podešen ventil sigurnosti (3) da bi sistem nesmetano radio u radnim položajima razvodnika. Time je sprečeno da dođe do rasta pritiska u cevovodu, održava se cirkulacija ulja kroz motor i ostvaruje se željeni efekat kočenja prilikom prolaska ulja kroz ventil sigurnosti.

Prilikom proračuna komponenti prvo se usvaja hidro motor na osnovu obrtnog momenta a zatim se na osnovu protoka motora usvaja pumpa i ostale komponente.

4. ELEKTROMOTorni POGON

Mehanički pogon se sastoji od pogonskog motora ,kao izvor momenta, prenosnika koji menja broj obrtaja motora i obrtni moment, i elemenata za prenos snage, u našem slučaju lančanog prenosnika [2]. Elektro-motor (2) se vijcima preko priрубnice vezuje sa reduktorom (1). Vratilo elektro-motora je direktno vezano sa šupljim vratilom reduktora. Reduktor je vijcima vezan za pokretni deo vođica (4) dok su vođice zavarene za konstrukciju mernih kolica (9). Prenos snage između reduktora i točka vrši se lančanim prenosnikom. Postavljeni su lančanici i to pogonski lančanik (7) na izlazno vratilo reduktora i gonjeni lančanik (8) na osovinu točka kolica. Prenos snage se vrši lancem sa valjcima (6). Za primenu lančanog prenosnika potrebno je obezbediti da se lanac zateže. To je omogućeno montiranjem reduktora na vođice. Posredstvom ručica (5) podešava se zategnutost lanca. Napajanje elektro-motora se vrši preko frek. regulatora koji služi za upravljanje brzinom obrtanja motora menjajući mrežni napon i frekvenciju. Korišćenjem frek. regulatora omogućava se potpuna kontrola nad radom pogona postrojenja od same brzine kretanja mernih kolica do parametara kao što su brzina zaleta i startni moment motora. Slika 6. prikazuje skicu elektromotornog pogona.



Slika 6. Skica elektromotornog pogona

Proračun se svodi na odabir reduktora na osnovu nominalnog obrtnog momenta, odabir el. motora na osnovu nominalne snage i odabir frek. regulatora na osnovu ulazne snage el. motora.

5. ZAKLJUČAK

U tabeli 2. izvršeno je upoređivanje dve vrste pogona na osnovu nabavne cene komponenti.

Tabela 2. Upoređivanje pogona na osnovu nabavne cene

Vrsta pogona			
Hidraulični		Elektromotorni	
Komponenta	Cena €	Komponenta	Cena €
Hidro-motor	690	Reduktor	1290
Hidro-agregat	1250	Elektro-motor	
Regulator protoka	105	Frekventni regulator	600
Razvodnik	60	Lanac sa valjcima	140
Ventil sigurnosti	150	Pogonski lančanik	95
Ostali materijal	100	Gonjeni lančanik	110
		Ostali materijal	100
Ukupno	2355	Ukupno	2335

Hidraulični pogon bi, uz ozbiljnije projektovanje sistema i veća finansijska ulaganja, mogao da u laboratoriji, npr. jednog proizvođača pneumatika, omogući veoma širok dijapazon mogućnosti za ispitivanje kao npr. upravljanje recimo nagibom puta, visinom prepreke, kočenjem mernih kolica pa i samim opterećenjem točka.

Kod elektro-motornog pogona veliki udeo u ukupnoj nabavnoj ceni odnosi frekventni regulator. Može se reći i sasvim opravdano jer svojim mogućnostima i opcijama za podešavanje i kontrolu rada elektro-motora čini da celokupan elektromotorni pogon radi u svakom trenutku sa maksimalnom snagom uz minimalne energetske zahteve. Tako se sa minimalnim ulaganjem operateru omogućava da tačno i sa lakoćom odredi parametre rada pogona. Elektro-motorni pogon, iako ne tako modularan u radu omogućava precizan, komforan i siguran rad postrojenja u koji je ugrađen uz održan visokog ukupnog stepena iskorišćenja η pri smanjenim br.obrtaja.

Sa svim što je rečeno zaključuje se da je za rekonstrukciju pogona postrojenja za teramehanička ispitivanja najpovoljnije rešenje, sa aspekta cena/performance, upravo rešenje elektromotornog pogona uz obaveznu upotrebu frekventnog regulatora.

6. LITERATURA

- [1] Malešev P. "Hidroprenosnici u mehanizaciji", Skripta sa predavanja, FTN, Novi Sad 2005.
- [2] Miltenović V. "Mašinski elementi oblici, proračun i primena", Grafika-Galeb, Niš 2006.
- [3] Stojić B, Časnji F, Poznanović N, Ružić D. "Tehničko rešenje: Postrojenje za laboratorijsko ispitivanje dinamičkog ponašanja velikih niskopritisnih pneumatika", FTN Novi Sad 2010
- [4] Popović S. "Ispitivanje oscilatornih karakteristika traktorskog pneumatika", Diplomski-Master rad, FTN, Univerzitet u Novom Sadu 2011.

Kratka biografija:



Danijel Anđelković rođen je u Bečeju 1984. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva mehanizacija i konstrukciono mašinstvo odbranio je 2012.god.



Boris Stojić rođen je u Novom Sadu 1972. godine. Zaposlen na FTN Novi Sad u naučnoj i nastavnoj delatnosti.

КОЊУГОВАНИ ПОЛИМЕРИ И УГЉЕНИЧНЕ НАНОЦЕВИ У ОРГАНСКИМ СОЛАРНИМ ЋЕЛИЈАМА**CONJUGATED POLYMERS AND CARBON NANOTUBES IN ORGANIC SOLAR CELLS**Александар Снегић, *Факултет техничких наука, Нови Сад,***Област – МАШИНСТВО**

Кратак садржај – У овом раду дат је кратак приказ коришћења угљеничних наноцеви у комбинацији са коњугованим полимером и начин раздвајања наелектрисања за такву мешавину у органским соларним ћелијама.

Abstract – This paper will briefly discuss the use of carbon nanotubes in combination with the conjugated polymer and method for the separation of charge in organic solar cells.

Кључне речи: Органске соларне ћелије, коњуговани полимери, угљеничне наноцеви

1. УВОД

Основна јединица силицијумске соларне ћелије, када се осветли сунчевом светлошћу, производи фотонапон између 0,5V до 1,0V и фотострују неколико десетина mA. Овај напон је сувише мали за примену, па се самим тим ћелије везују у серију по модулима. Иако су трошкови производње силицијумских соларних ћелија знатно опали од 1950. од када су почеле да се производе, трошкови су и даље превисоки за неку већу и озбиљнију производњу енергије. Осим тога, производња није нимало лака, ћелије нису флексибилне и постоји велика потражња силицијума због све веће компјутерске индустрије. Ови наводи нису склони промени, тако да морају бити испитана другачија решења.

Полимерне соларне ћелије су једна од могућих замена. Ове соларне ћелије додају неке интересантне особине, као што је рецимо знатно мања цена. Демонстрирано је 2004. године да производња полимерне соларне ћелије, површине може да се произведе по цени од 100 пута мањој него цена израде монокристалне силицијумске соларне ћелије, у смислу трошкова материјала.

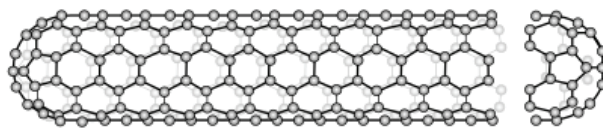
Још једна област у којој полимерна соларна ћелија има предности у односу на силицијумске ћелије је у флексибилности. Силицијум кристал је крут, док је полимерни слој веома флексибилан и даје могућност израде врло флексибилног танког филма соларне ћелије.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији је ментор био др Бранко Шкорић, ред.проф.

2. СОЛАРНЕ ЋЕЛИЈЕ НА ОСНОВУ КОМПОЗИТА ОД ДОНОР КОЊУГОВАНИХ ПОЛИМЕРА И УГЉЕНИЧНИХ НАНОЦЕВИ

Од открића фотоиндукованог трансфера наелектрисања између коњугованог полимера као донора, и фулерена и његових деривата, као акцептора, произведено је неколико ефикасних фотонапонских система на основу донаторско-акцепторских принципа [1]. Овај механизам преноса наелектрисања у полимерној матрици која садржи фулерен пружа мотивацију за истраживање најдуже молекула фулерена, угљеничних наноцеви као материјала за транспорт електрона. Наноцеви се састоје од једног или више листова графита омотаних међусобно у концентричне цилиндри, као што је приказано на слици 1.1. У зависности од усаглашености спирале, могу бити проводни или полупроводни, што их чини идеалним за ојачавајућа пунила у композитним материјалима.



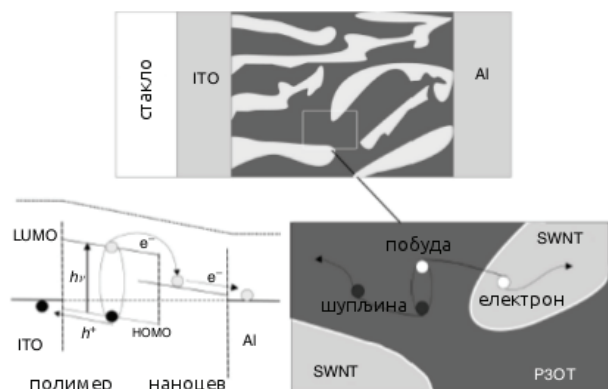
Слика 1.1 Структурална формула угљеничне наноцеви.

2.1. Раздвајање и транспорт наелектрисања

Соларне ћелије засноване на композитним донаторским коњугованим полимерима и угљеничним наноцевима имају поли(3-октилтиофен) (Poly(3-octylthiophene) (P3OT)) који делује као давалац фотопобуђених електрона. P3OT је помешан са једнозидним угљеничним наноцевима (SWNT) које делују као прималац електрона. Ефикасна побуда дисоцијација се очекује на полимер-наноцев споју. Трансфер наелектрисања следи од транспорта електрона кроз дужину наноцеви до контакта са електроном (Al), и транспорта шупљине кроз полимер до контакта са (ITO), који има улогу колектора шупљина. Овај процес је приказан на слици 1.2.

Полимер P3OT има улогу полупроводника П-типа јер је у њему мобилност шупљина много већа него мобилност електрона. Наноцеви се понашају као метал. Када полимер (П-полупроводник) дође у контакт са наноцевима (метал), разлика у електрохемијском потенцијалу полимера и контактне фазе наноцеви доводи до равнотеже наелектрисања на хетероспоју. Раздвајање наелектрисања изазива пораст електричног поља што је од суштинског

значаја за ефикасну дисоцијацију побуђених честица на полимер-наноцев споју.



Слика 1.2 Шематски дијаграм раздвајања и накнадног транспорта побуђених честица у полимер-наноцев мешавини соларне ћелије. На левој страни је дијаграм дисоцијације фотогенерисане побуђене честице на полимеру и трансфер електрона до наноцеви.

Раздвајање и транспорт наелектрисања је врло осетљиво на морфологију мешавине. Раздвајање наелектрисања захтева униформну мешавину. У полимер-наноцев мешавини, концентрација наноцеви је довољна за успешно филтрирање наелектрисања. Идеално би било да наноцеви буду у оквиру дужине дифузије побуђених честица, од било које тачке полимера.

Спољашње поље електрона приказано је једначином:

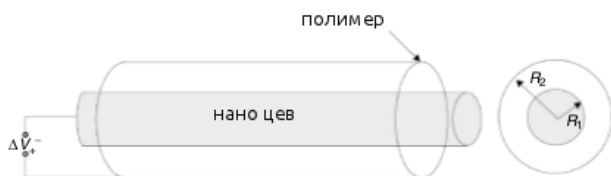
$$E_{\text{поја}} > \frac{E_n}{qV} \quad (1)$$

где је E_n енергија побуде (0.4 eV) за P3OT и радијус побуде $r_{\text{пр}}$ реда величине 10nm.

На полимер-наноцев споју, дисоцијација побуђених честица се јавља у радијусу r удаљености од споја, у којем је

$$E(r) = \frac{qV}{r} = q0.75 \frac{V}{d} > 4 \times 10^5 \text{ V} \quad (2)$$

Дакле, адекватна област за раздвајање наелектрисања ће се проширити 19nm од споја, који је у оквиру границе дифузије побуђене честице. Међутим, наноцеви треба третирати као цилиндричну геометрију, слика 1.3, а не као планарно аранжирану.



Слика 1.3 Шематски приказ споја наноцеви радијуса R_1 која је обложена полимером радијуса R_2

За напон V , електрично поље износи $E(r) = -V/r \ln(R_1/r)$, где су (0.7 nm) и (1.4 nm) радијуси наноцеви и полимера (трансмисиони електронски микроскоп) [2]. Ако се поље појача 1,44 пута, дифузија побуђених честица је око 27nm. Дакле,

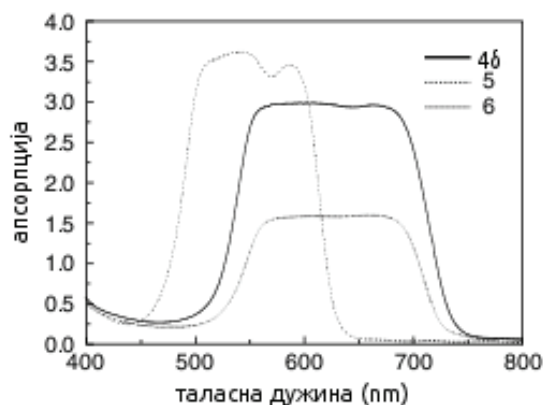
све побуде које су генерисане у радијусу 27nm од споја, могу теоретски бити раздвојене.

2.2. Ефикасност полимерних соларних ћелија

Иако је ефикасност полимерних соларних ћелија значајно повећана од увођења наноцеви, она је и даље далеко од ефикасности коју дају ћелије базиране на фулерену. Ниска фотоструја је углавном узрокована неусклађеношћу оптичке апсорпције полимера и сунчевог спектра, а чињеница је да наноцеви не доприносе фото процесу као што то чини фулерен. Овај проблем се може превазићи уградњом органске боје са високим коефицијентом апсорпције. Овај процес је познат под називом сензибилизација. Избором боја које апсорбују зрачење у великом спектру, област фотопобуде се може проширити изван уобичајеног спектра полимера. Тиме се покрива велики део расположиве соларне енергије и истовремено се уводе фотопроводна својства на наноцеви. Међу органским бојама кључну улогу имају цијанин (cyanine) и полиметин (polymethine) боје. Ове боје се користе у фотографским процесима већ 100 година због тога што ефикасно сензибилишу сребро халид након апсорпције светлости. Апсорпциони спектри цијанин и полиметин боја се могу лако подесити у целом спектру једноставним прилагођавањем њихове структуре. Особине цијанин и полиметин соларних ћелија са осетљивим бојама се побољшавају, где постоје овакве ћелије са степеном искоришћења до чак 7,7% [3].

2.3. Цијанин боје

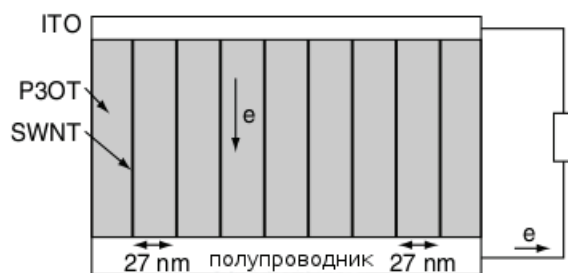
Цијанин боје имају велики коефицијент апсорпције побуђених честица ($\sim 10^5 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$). Флуоросцентни квантни принос цијанина је обично низак и Стоксов померај је врло мали. Због тога се чини да цијанин боје нису погодне за употребу у соларним ћелијама, јер се од материјала очекује да има јаку апсорпцију у читавом спектру како би прикупљао светлост. Али када се цијанин боје нанесу на титанија филм, оне формирају J и X агрегате[4] који проширују спектар апсорпције електроде у видљивом региону. Структура цијанин боја има велики утицај на оптичке и електрохемијске особине нанокристалних титанија соларних ћелија. Када се нанесу на титанија филм, цијанини формирају два апсорпциона пика у спектру. Пикови одговарају X-агрегатима и мономер апсорпцији, што подразумева присуство хетерогене мешавине мономера и агрегата на површини титанија филма. Са друге стране, метил бензојева киселина цијанин боја спречава формирање агрегата и апсорпциони спектар приказује само један пик који одговара црвеном помаку. Спектри пента-метин цијанина приказују претежно пикове плавог помака и мање мономер пикове. Безизражајни пикови агрегата су хетерогени по својој природи и представљају различите врсте X агрегата. Цијанин боје са карбоксилном групом у ароматичним прстеновима могу формирати и X агрегате и мале J агрегате. У овом случају, апсорпциони спектар електроде, слика 1.4. је још шири, што је корисно за прикупљање светлости [5].



Слика 1.4 Апсорпциони спектар *T* електроде.

2.4. Усклађеност наноцев-полимер споја у соларној ћелији

Значајан ограничавајући фактор у изради органских соларних ћелија на бази угљеничних наноцеви је случајна расподела наноцеви у полимер матрици. Као што је раније наведено, да би дошло до раздвајања побуђених честица, оне морају бити у радијусу од 27nm од споја. Дакле, идеална архитектура соларне ћелије је структура у којој су спојеви равномерно распоређени на начин да се спој налази на сваких 27nm.



Слика 1.4 Приказ усклађености наноцев-полимер соларне ћелије

Да би се ово постигло, усклађена конфигурација наноцеви може бити дизајнирана као на слици 1.4. Матрица се састоји од индивидуалних угљеничних наноцеви раздвојених на растојању 27nm једна од друге. На овај начин све побуде генерисане у P3OT могу бити теоријски раздвојене на споју полимер-наноцев.

3. ЗАКЉУЧАК

Органске соларне ћелије већ имају могућност да постану јефтиније од соларних ћелија базираних на силицијуму. Наносоларне особине могу доживети економски успех захваљујући иновацијама у наноструктуралним компонентама, штампањем полупроводницима и електродама, брзом термичком обрадом, јефтиним подлогама танког филма, и брзом монтажом кроз роловану технологију (roll-to-roll processing).

Предвиђања су да ће се у неколико наредних година више силицијума доделити индустрији соларних ћелија него индустрији чипова. Раст индустрије силицијумских соларних ћелија је присутан и захваљујући тежњама да 20% коришћене енергије у Европској Унији долази из соларних ћелија. Земље попут Немачке и Јапана су велики заговорници технологије соларне енергије. У овим државама, као и у САД се снажно субвенционира развој и продаја соларних ћелија. Са друге стране, развој органских соларних ћелија, и технологија штампања танког филма сврстаће органске соларне ћелије у више економичну технологију у блиској будућности

4. ЛИТЕРАТУРА

- [1] J. J. M. Halls, K. Pichler, R. H. Friend, S. C. Moratti, and A. B. Holmes, Exciton diffusion and dissociation in poly(p-phenylene vinylene)/C60 heterojunction photovoltaic cell, Appl. Phys. Lett. 68, (1996).
- [2] E. Kymakis, I. Alexandrou, and G. A. J. Amaratunga, High open-circuit voltage photo-voltaic devices based on polymer-nanotube composites, J. Appl. Phys. 93, (2003).
- [3] K. Hara, M. Kurashige, Y. Dan-oh, C. Kasada, A. Shinpo, S. Suga, K. Sayama, and H. Arakawa, Design of new coumarin dyes having thiophene moieties for highly efficient organic dye-sensitized solar cells, New J. Chem, 27, (2003).
- [4] A. Mishra, R. K. Behera, P. K. Behera, B. K. Mishra, and G. B. Behera, Cyanines during the 1990s: a review, Chem. Rev. 100, (2000).
- [5] From F. S. Meng, Y. J. Ren, E. Q. Gao, S. M. Cai, K. C. Chen, H. Tian, Proc. SPIE, Vol. 4465 Organic Photovoltaic II, Z. Kafafi, ed., SPIE, San Diego, USA, 2001.

Кратка биографија:



Александар Снегић је рођен у Ваљеву, 1981. године. Дипломски-мастер рад на Факултету техничких наука из области Производног машинства – Технологије обликовања пластике, одбранио је 2012. године.

ANALIZA RAMA KABINE LIFTA PRIMENOM METODE KONAČNIH ELEMENATA

ANALYSIS OF ELEVATOR FRAME USING THE FINITE ELEMENT METHOD

Siniša Lovrić, Jovan Vladić, Radomir Đokić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – U radu su prikazana četiri osnovna vida metoda konačnih elemenata, njihov značaj i primena kod određenih problema. Na jednostavnom primeru konzole numeričkim putem su izračunata pomeranja i naponi, koji su upoređivani sa rešenjima dobijenim variranjem različitih tipova i veličina konačnih elemenata. Na gornjem ramu kabine lifta izračunata su pomeranja i naponi sa različitim veličinama konačnih elemenata.

Abstract – This paper highlights four basic types of finite element methods, and their importance and implementation on certain problems. Displacements and stresses were numerically calculated on a simple example of the console which were then compared with solutions achieved by varying different types and sizes of finite elements. On the upper girder of elevator frame, displacements and stresses were computed using different sizes of finite elements.

Ključne reči: Konačni elementi, konzola, ram kabine lifta

1. UVOD

Klasične metode proračuna bile su sa skromnim mogućnostima, do pojave računara i razvoja softverskih paketa. Primenom računara potpunije se opisuje geometrija, konturni uslovi i drugi spoljašnji uticaji. Linearna analiza lakša je za primenu, ali nelinearna analiza daje tačnija rešenja i često je neophodna u naponsko-deformacijskoj analizi i proračunu realnih konstrukcija [2]. Uspesnost primene softverskih paketa zahteva neophodna praktična i teoretska znanja, jer korisnik može biti doveden u izuzetno delikatnu i potencionalno opasnu situaciju. Mogu se pojaviti četiri slučaja kombinacije dobrog i lošeg poznavanja softverskih paketa i problema. Prvi slučaj je dobro poznavanje softverskog paketa i loše poznavanje osnovne problematike, ovo je najopasnija kombinacija karakteristična za mlade inženjere. Drugi slučaj je loše poznavanje softverskih paketa i dobro poznavanje problematike, dobro rešenje se može naći. Treći slučaj je loše poznavanje softverskih paketa i loše poznavanje problematike. Četvrti slučaj je dobro poznavanje softverskih paketa i problematike [1]. Osnovni zadatak za uspešnu primenu metoda konačnih elemenata je da se izabere model koji najbolje aproksimira odgovarajući granični problem, ali nema kriterijuma koji obezbeđuju izbor odgovarajućeg modela.

Prema načinu na koji se izvode i formulišu osnovne

jednačine metode konačnih elemenata su:

- direktna metoda
- varijaciona metoda
- metoda reziduuma
- metoda energetskih bilansa

Direktna metoda je ograničena na jednostavnije elemente. U ovoj metodi se mogu najbolje uočiti osnovna svojstva metode konačnih elemenata.

Varijaciona metoda može se primeniti na dvodimenzionalne i trodimenzionalne probleme, za razliku od direktne metode.

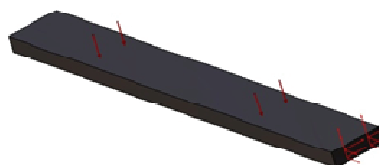
Polazna osnova metode reziduuma su diferencijane jednačine problema, zatim se izvrši podela domena na poddomene, tražene funkcije se aproksimiraju u poddomenima uz vođenje računa o uslovima kontinuiteta na granicama između poddomena. U mehanici čvrstih deformabilnih tela od posebnog značaja su varijaciona metoda i metoda reziduuma koje su u primeni podjednake tačnosti.

Metoda energetskih bilansa retko se koristi.

Pored načina izvođenja i formulisanja funkcija, važan korak je i izbor vrste konačnih elemenata. Opšta podela konačnih elemenata je na pravolinijske i krivolinijske, oni mogu biti jednodimenzionalni, dvodimenzionalni i trodimenzionalni. Konačni elementi sa većim brojem čvorova daju tačnija rešenja i imaju veći broj stepeni slobode [2].

2. ANALIZA NAPREZANJA I DEFORMACIJA NA PRIMERU KONZOLE

Da bi se mogla uporediti odstupanja teoretskog rešenja, od rešenja koja su dobijena u softverskom paketu CATIA, uzima se prosti primer konzole, sl. 2.1, dimenzija $6 \times 20 \times 200$ mm. Materijal konzole je čelik (modul elastičnosti čelika iznosi $2,1 \cdot 10^5$ MPa, gustina čelika je $7,85 \cdot 10^3$ kg/m³). Konzola je sa jedne bočne strane ukleštena, gornja strana konzole opterećena je kontinualnom silom od 250 N i ona deluje u pravcu zemljine teže.



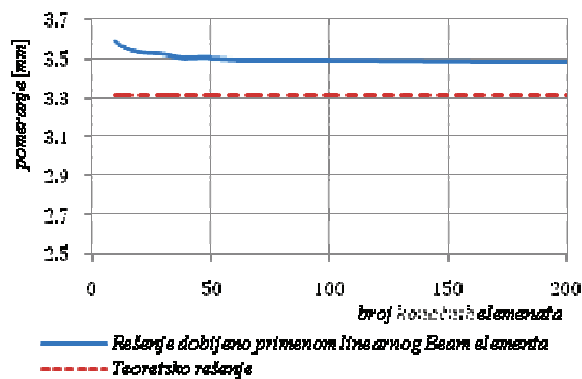
Sl. 2.1 Proračunski model konzole

Primenom jednačina elastične linije teorije otpornosti materijala, dolazi se do maksimalnog pomeranja 3,31 mm. Normalni napon koji se dobija primenom jednačina

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Jovan Vladić, red. prof.

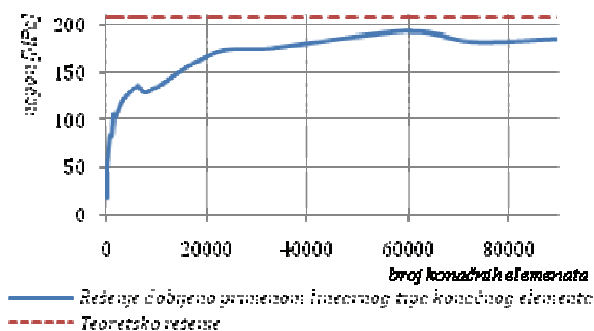
otpornosti materijala iznosi 208,3 MPa (zbog ograničenog prostora deo analitičkog rešenja nije prikazan). Prvi slučaj je upoređivanje teoretskog rešenja sa rešenjima dobijenim metodom konačnih elemenata za slučaj jednodimenzionalnih (Beam) konačnih elemenata. Jednodimenzionalni konačni element je deo prave ili krive linije, sa promenljivim brojem čvorova. Za različite veličine Beam konačnih elemenata dobijaju se približno tačna rešenja. Dobijena rešenja pomeranja prikazana su dijagramom na slici 2.2.



Sl. 2.2 Upoređivanje pomeranja

Greška koja se dobija izborom Beam konačnog elementa iznosi 4,88%, što se može smatrati dovoljno tačnim rešenjem.

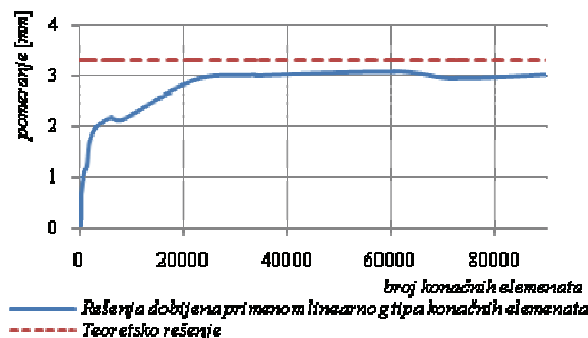
Drugi slučaj je upoređivanje teoretskog rešenja sa rešenjima dobijenim metodom konačnih elemenata za slučaj trodimenzionalnog linearnog tetraedar elementa. Dobijena rešenja prikazana su dijagramom na slici 2.3.



Sl. 2.3 Upoređivanje dobijenih napona

Sa dijagrama prikazanog na slici 2.3 se vidi da do tačnijih rešenja se dolazi primenom velikog broja konačnih elemenata.

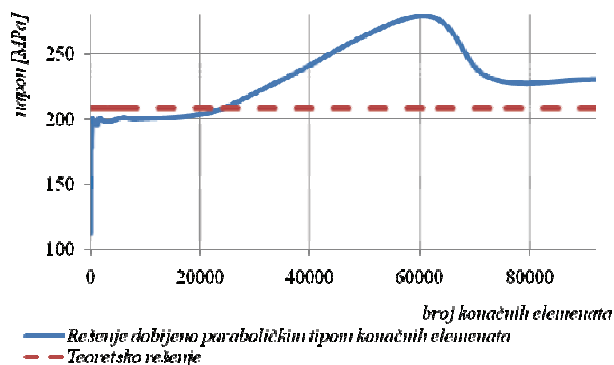
Dobijena pomeranja primenom linearnog tetraedar konačnog elementa prikazana su dijagramom na slici 2.4.



Sl. 2.4 Upoređivanje pomeranja

Sa dijagrama prikazanog na slici 2.4 se vidi da približno tačna rešenja se dobijaju primenom velikog broja konačnih elemenata.

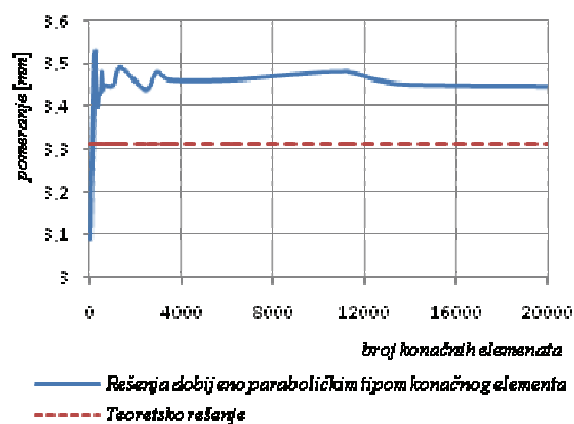
Treći slučaj je upoređivanje teoretskog rešenja sa rešenjima dobijenim metodom konačnih elemenata za slučaj trodimenzionalnog paraboličkog tetraedar elementa. Rešenja napona koja su dobijena primenom ovog tipa konačnog elementa upoređena su sa teoretskim rešenjem koje je prikazano dijagramom na slici 2.5.



Sl. 2.5 Upoređivanje dobijenih napona

Sa dijagrama na slici 2.5 vidi se da primenom manjih vrednosti broja konačnih elemenata (u odnosu na linearni tip konačnih elemenata) može se doći do tačnog rešenja. Parabolički tip konačnog elementa ima veći broj čvorova, sa time ima i veći broj stepeni slobode pa se dobijaju tačnija rešenja.

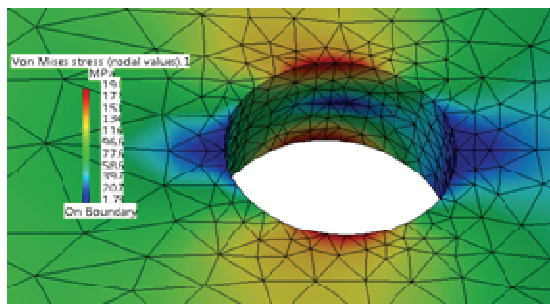
Dobijena pomeranja izborom paraboličkog tipa konačnog elementa prikazana su dijagramom na slici 2.6.



Sl. 2.6 Upoređivanje pomeranja

Sa dijagrama prikazanog na slici 2.6 može se zaključiti da ne utiče značajno povećanje broja konačnih elemenata na tačnost rešenja.

U slučaju kada na konzoli postoji otvor blizu ukleštenja, javlja se koncentracija napona. Što je otvor bliži ukleštenju koncentracija napona je veća, udaljavanjem otvora od ukleštenja opada i koncentracija napona. Na slici 2.7 prikazan je otvor na udaljenosti 50 mm od ukleštenja i raspored napona u okolini otvora.



Sl. 2.7 Primer koncentracije napona

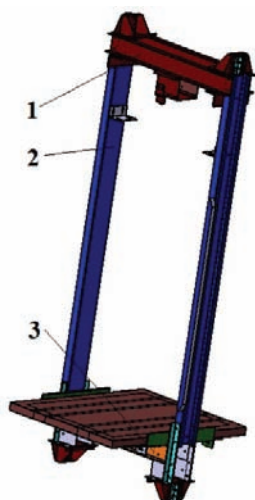
3. RAM KABINE LIFTA

Ram kabine lifta se sastoji od horizontalnih i vertikalnih ramova. U ovom radu razmatra se gornji horizontalni ram kabine lifta. Ovaj ram je najopterećeniji ram, jer se za njega vezuje pogonsko uže. Gornji horizontalni ram je opterećen na savijanje. Profili gornjeg horizontalnog rama se izrađuju od čeličnih valjanih profila, a izrađuju se i savijanjem. Takođe je potrebno voditi računa o hemijskom sastavu čeličnih profila koji imaju osobine:

- otpornost na starenje,
- žilavost,
- otpornost na lom,
- mogućnost zavarivanja.

Veza profila rama kabine može se ostvariti zavarivanjem ili zavrtanjskom vezom. Kod zavarivanja potrebno je voditi računa o sastavu materijala i problemima koji se mogu javiti u toku zavarivanja, kod zavrtanjske veze potrebno je izabrati tip zavrtneve. Kod izbora zavrtanjske veze potrebno je voditi računa o rastojanju otvora, jer nepravilnim izborom mesta otvora dolazi do velike koncentracije napona (prikazano kod primera konzole) [7].

Prikazano konstruktivno rešenje rama kabine lifta na slici 3.1 je postojeće rešenje koje se primenjuje.



Sl. 3.1 Ram kabine lifta; (1) gornji horizontalni nosač rama kabine, (2) vertikalni nosač rama kabine, (3) donji horizontalni nosač kabine

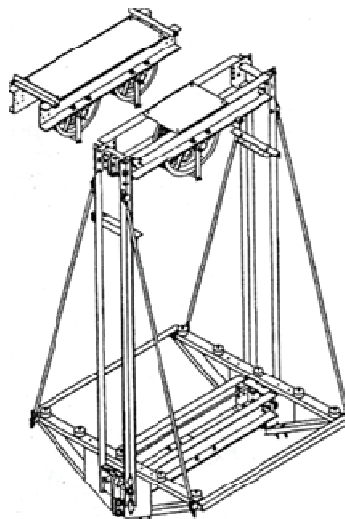
U ovom radu razmatraće se gornji horizontalni ram kabine lifta, on je najopterećeniji deo rama kabine lifta.

Sistem vezivanja užadi za kabinu mora da obezbedi ravnomeran raspored sila u užadima. Veze koje se koriste:

- pomoću pomoćne užetnjače na ramu kabine sl. 3.2
- direktne veze preko balansera i opruga

Na slici 3.2 prikazana su konstruktivna rešenja sa jednom i dve užetnjače. Izbor broja užetnjača zavisi od traženog prenosnog odnosa i opterećenja.

Pošto užad koja se proizvode nisu istih dužina (postoje određena odstupanja u dužini), njihovim direktnim vezivanjem ne bi došlo do ravnomernog opterećenja užadi. Da bi se ovo neravnomerno opterećenje sprečilo primenjuju se i veze pomoću balansera i opruga. Pored neravnomernog opterećenja užeta, dolazi i do neravnomernog opterećenja pogonskog i prenosnih mehanizama.



Sl. 3.2 Sistem vezivanja pomoću užetnjača [4]

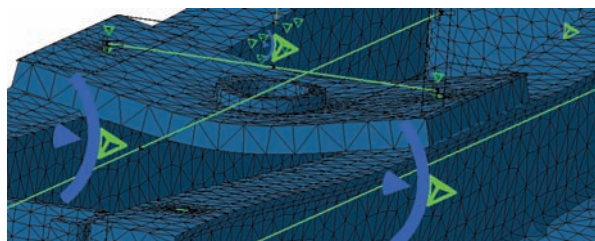
4. ANALIZA RAMA KABINE LIFTA PRIMENOM SOFTVERSKOG PAKETA CATIA V5

Postupak statičke analize gornjih horizontalnih nosača u programskom paketu CATIA V5 je sledeći: proračunski modeli profila rama kabine lifta spajaju se vezama objedinjenim u modulu Generative Structural Analysis, u istom modulu se zadaju opterećenja i granični uslovi. Na početku analize korišćena je tzv. veza *Fastend*. Osobina ove veze je da se spojeni profili ponašaju tako kao da predstavljaju jedan *Part*. Rezultati dobijeni prikazani su u tabeli 4.1.

broj čvorova	broj elemenata	napon [MPa]	pomeranje [mm]
43440	24467	83,1	0,103
49753	27650	65,3	0,104
53620	28481	51,1	0,104

Tabela 4.1 Prikaz dobijenih rešenja vezom *Fastend*

Za različiti broj konačnih elemenata rezultati napona i pomeranja su zadovoljavajući, deformacije su prikazane na slici 4.1.



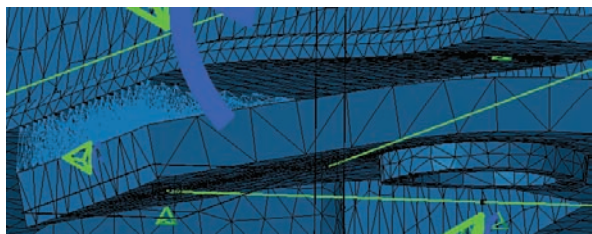
Sl. 4.1 Prikaz deformacija vezom *Fastend*

Sa slike se može zaključiti da se profili i vezna ploča deformišu simetrično u odnosu na osu gornjeg nosača . Sledeći način zadavanja veza među elementima dobijen je upotrebom komande *Pressure Fitting*. Ovaj način zadavanja veza predstavlja simulaciju pritiska kojim jedan element deluje na drugi. Rezultati su prikazani u tabeli 4.2

broj čvorova	broj elemenata	napon [MPa]	pomeranje [mm]
43440	24467	65,1	0,112
49753	27650	82,8	0,132
53620	28481	52,3	0,133

Tabela 4.2 Prikaz dobijenih rešenja vezom *Pressure*

Prikaz deformacija dat je na slici 4.2. Dobijena rešenja su približna rešenjima gde je veza zadavana komandom *Fastend*, ali sa slike 4.2 može se zaključiti da ova veza ne zadovoljava jer se vezna ploča ne deformiše kako je za očekivati.



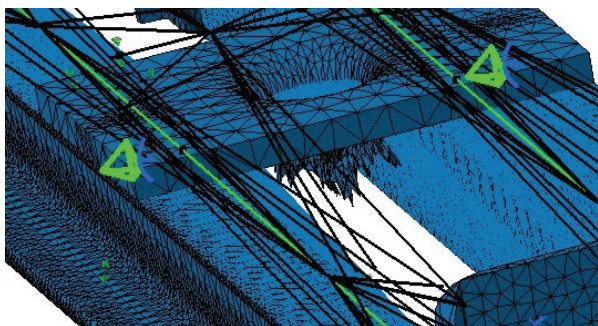
Sl. 4.2 Prikaz deformacija komandom *Pressure Fitting*

Naredna vrsta povezivanja profila je sa komandom *Rigid*. Veza *Rigid* je kruta veza između dva elementa. Deformacije i pomeranja dobijena ovim načinom povezivanja prikazana su u tabeli 4.3 a deformacije na slici 4.3.

broj čvorova	broj elemenata	napon [MPa]	pomeranje [mm]
43440	24467	12,2	0,000982
49753	27650	12,6	0,00108
53620	28481	21	0,00107

Tabela 4.3 Prikaz dobijenih rešenja vezom *Rigid*

Iz tabele 4.3 može se zaključiti da su naponi i pomeranja jako mali.



Sl. 4.3 Prikaz deformacija *Rigid* vezom

Deformacije su se pojavile na mestu zadavanja opterećenja i na mestu zadavanja ograničenja, ovo rešenje nije zadovoljavajuće.

5. ZAKLJUČAK

Pravilnim izborom broja konačnih elemenata, kao i njihovim tipom može se doći do približno tačnih rešenja. Kod izbora broja konačnih elemenata treba voditi računa da broj konačnih elemenata ne bude prevelik, jer izborom velikog broja konačnih elemenata, kao i malog broja konačnih elemenata neće se dobiti zadovoljavajuća rešenja. Da bi se utvrdila tačno osrednjena vrednost, proračun se ponavlja dok rezultati ne budu približno isti. Veoma je bitno da se izabere konačni element sa većim brojem stepeni slobode jer se dobijaju približno tačna rešenja, a treba imati u vidu da se povećanjem broja stepeni slobode povećava složenost proračuna. Dobijene napone potrebno je upoređivati sa materijalom realne konstrukcije, jer osobine zavise i od hemijskog sastava. Takođe je potrebno voditi računa o hemijskom sastavu ukoliko je spajanje profila zavarivanjem, i rastojanju otvora ukoliko se radi o zavrtnjskoj vezi da ne dođe do koncentracije napona. Pored predhodnih parametara potrebno je još voditi računa o mestu i uslovima rada lifta. Takođe, kako se iz izloženog može zaključiti, prilikom ovakvog načina statičke analize neke konstrukcije, treba voditi računa o izboru tipa veze koju nudi program CATIA V5.

6. LITERATURA

- [1] J. Vladić, "Automatizovano projektovanje", Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2006,
- [2] M. Sekulović, "Metod konačnih elemenata", Građevinska knjiga, Beograd, 1984,
- [3] English documentation for CATIA R17,
- [4] S. Tošić, "Liftovi", Mašinski fakultet, Beograd, 2004,
- [5] J. Mandić, "Otpornost materijala", Naučna knjiga, Beograd, 1977,
- [6] N. Babin, N. Brkljač, R. Šostakov, "Metalne konstrukcije", Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2006,
- [7] V. Miltenović, "Mašinski elementi - Oblici, proračun, primena", Mašinski fakultet, Niš, 2006,
- [8] I. Ghionea, "Considerations about the methodology and results for the finite elements analysis of a mechanical assembly", *Proceedings of the 16th Intern. Conf. on Manuf. Systems - ICMaS*, Vol. No 2, pp. 77-80, Nov. 2007, University Politehnica of Bucharest, Romania, ISSN 1842 – 3183.

Kratka biografija:



Siniša Lovrić rođen je u Novom Gradu 1986. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstvo – Automatizovano projektovanje odbranio je 2012.god.



Dr Jovan Vladić je redovni profesor Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu. Oblasti rada su: transportna tehnika, neprekidni i automatizovani transport, projektovanje i konstruisanje putem računara, dinamička analiza mašina i uređaja (liftovi, žičare,...).



Mr Radomir Dokić je asistent na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Oblasti rada su: automatizovano projektovanje mobilnih mašina, transportni sistemi, dinamička analiza mašina i uređaja.

**ANALIZA STATIČKOG PONAŠANJA ELEMENATA NOSEĆE STRUKTURE
UNIVERZALNOG STRUGA****STATIC BEHAVIOR ANALYSIS OF THE UNIVERSAL LATHE SUPPORTING
STRUCTURE ELEMENTS**Bojan Adamović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

Kratak sadržaj – U radu je prikazana analiza statičkog ponašanja elemenata noseće strukture struga primenom programskog sistema za analizu metodom konačnih elemenata. Prvi deo rada sadrži sistem analizu noseće strukture mašina alatki za obradu rezanjem. U drugom delu je prikazan postupak i rezultati analize statičkog ponašanje primenom metode konačnih elemenata kućišta prenosnika za glavno kretanje i postolja univerzalnog struga.

Ključne reči: Metod konačnih elemenata, Statičko ponašanje, Kućište prenosnika, Postolje struga

Abstract – This paper presents a static behavior analysis of the universal lathe supporting structure elements by use of finite element method program system. First part of this paper presents an analysis of the metal cutting machine tools supporting system. In the second part, procedure and results of the static analysis behavior of the universal lathe main drive gear housing and bed calculated by finite element method are presented.

Key words: Finite element method, Static behavior, Gear housing, Lathe bed

1. UVOD

Primena računarskih tehnologija u projektovanju i analizi konstrukcija, sa osvrtom na neke od osobina konstrukcionih materijala prikazana je u radu. Dat je postupak modeliranja elemenata noseće strukture (kućišta i postolja) struga primenom programskog sistema Pro/ENGINEER. Formiranjem „virtuelnog“ modela proizvoda, stvorena je mogućnost da se na njemu simuliraju i procesi opterećenja, zamora materijala i sl. Na osnovu virtuelnog modela noseće strukture, u radu je izvršena analiza statičkog ponašanja elemenata noseće strukture univerzalnog struga primenom programskog sistema baziranog na teoriji metode konačnih elemenata.

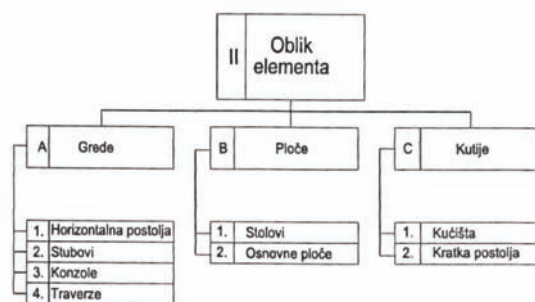
2. NOSEĆA STRUKTURA MAŠINA ALATKI

Elementi mašina alatki koji na sebe primaju opterećenja nastala od masa delova same mašine, radnog predmeta, alata i otpora rezanja zovu se noseći elementi mašina alatki (elementi noseće strukture mašine alatke).

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Milan Zeljković, redovni profesor.

Masa ovih elemenata čini 80 – 85 % mase mašine. Ovi elementi obezbeđuju predviđeni relativni položaj obratka i alata, a pored toga i svih ostalih elemenata mašine alatke. Prema zajedničkim karakteristikama može se izvršiti klasifikacija prema više kriterijuma. Jedna od klasifikacija, koja je najpogodnija sa stanovišta proračuna je prikazana na slici 1.



Slika 1. Klasifikacija elemenata noseće strukture mašina alatki prema „obliku“ [2]

Horizontalna postolja kao elementi noseće strukture mogu biti sa nogama, u obliku greda ili ramne konstrukcije. Njihov oblik se određuje pre svega položajem i dužinom pokretnih elemenata, a time i od toga zavisnih ugradnih elemenata, kao na primer glavnih vretena, klizača, pogona itd.

Osnovne ploče služe za povećanje stabilnosti mašina sa stubovima. Osnovni zahtev koji se postavlja pred ove elemente je krutost.

Stubovi služe za obezbeđenje kretanja konzola, prenosnika ili traverza kod pojedinih mašina alatki. Krutost ovih elemenata najviše zavisi od poprečnog preseka.

Traverze služe za spajanje stubova kod portalnih mašina. Obzirom na podelu prema obliku u nastavku se navodi način opterećenja i proračuna primenom klasičnih metoda ovih elemenata:

- o **grede:** su elementi koji su opterećeni na savijanje u dve međusobno normalne ravni i uvijanje;
- o **ploče:** se proračunavaju kao tanke homogene ploče sa redukovanom debljinom;
- o **kutije:** pri definisanju proračunskog modela ovih elemenata zidovi se smatraju da su konstantne debljine, a uticaj rebara, otvora i sl. se uzima u obzir posredstvom popravnih koeficijenata.

Optimizacija konstrukcije se vrši na osnovu funkcije cilja minimalne mase uz zadovoljavanje uslova ograničenja

potrebne vrednosti statičke krutosti. Da bi se proračun mogao sprovesti potrebno je poznavati mesto i veličinu (intenzitet) opterećenja.

Veličina opterećenja se određuje po metodama teorije obrade rezanjem, a za uslove rada koji odgovaraju merodavnim opterećenjima. Za to treba imati u vidu:

- tačnost i
- namenu mašine

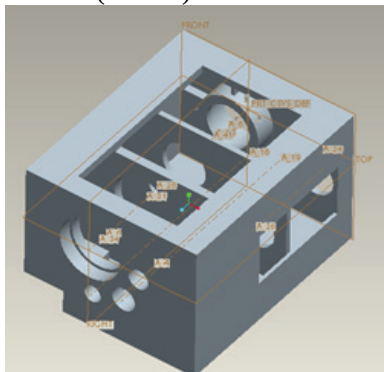
Takođe treba imati u vidu i da li se radi o univerzalnim ili specijalnim mašinama alatkama.

Mesto delovanja opterećenja se određuje na osnovu napadnih tačaka pojedinih otpora rezanja i masa.

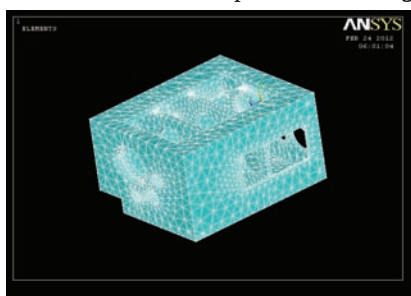
3. ANALIZA STATIČKOG PONAŠANJA KUĆIŠTA PRENOSNIKA STRUGA

3.1 Modeliranje i definisanje proračunskog modela

Model kućišta prenosnika za glavno kretanje univerzalnog struga definisan primenom programskog sistema Pro/ENGINEER prikazan je na slici 2, a na slici 3 diskretizovan model nakon njegovog „trensfera” u programski sistem za analizu metodom konačnih elemenata. Nakon prezimanja modela definiše se modul elastičnosti i Poasonov koeficijent materijala, u ovom slučaju je to sivi liv i vrednosti su $E = 1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$ i $\nu = 0.23$. Zatim je definisan tip konačnog elementa kojim se model diskretizuje (SOLID 92). Model je diskretizovan sa 32018 konačnih elemenata i ima 63201 čvorova. Posle diskretizacije modela definisana su ograničenja i opterećenja kućišta (slika 4).



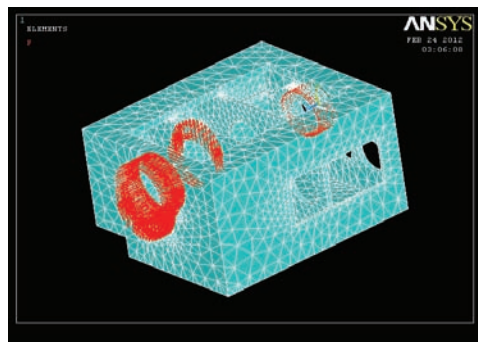
Slika 2. Model kućišta prenosnika struga



Slika 3. Model kućišta prenosnika diskretizovan mrežom konačnih elemenat

Na osnovu definisanog merodavnog opterećenja na vrhu glavnog vretena određena su opterećenja koja deluju u pojedinim tačkama kućišta. Pri analizi kućišta razmatrane su četiri varijante opterećenja. Prva varijanta je horizontalna radijalna sila (3500 N), koja deluje na sva tri otvora u koje su ugrađena ležišta. Drugu varijantu predstavlja opterećenje vertikalnom radijalnom silom

(7000 N), koja deluje na sva tri otvora ležišta. Treća varijanta je opterećenje aksijalnom silom (14800 N), koja deluje u svim tačkama otvora u koja se ugrađuje prednji ležaj. Četvrta varijanta je kombinacija prethodne tri (kombinovano opterećenje). Smer sila je u skladu sa koordinatnim sistemom u kome je modelirano kućište.



Slika 4. Grafički prikaz kombinovanog opterećenja na modelu kućišta prenosnika

3.2 Rezultati i analiza rezultata

Tabelarni prikaz vrednosti pomeraja karakterističnih čvorova kućišta dat je u tabeli 1, izbor čvorova je na osnovu kriterijuma maksimalne vrednosti na određenom delu kućišta, za različite varijante opterećenja.

Tabela 1. Pomeranje karakterističnih čvorova u X, Y i Z pravcu (u μm)

		VARIJANTA	
		HORIZONTALNA RADIJALNA	
		POMERAJ	ČVOR
DŽEP	X	0.999	22
	Y	1.531	22
	Z	0.555	654
PREDNJE LEŽIŠTE	X	3.686	580
	Y	0.621	891
	Z	-0.72	888
SREDNJE LEŽIŠTE	X	-0.907	250
	Y	-0.646	440
	Z	-1.012	203
ZADNJE LEŽIŠTE	X	-0.71	567
	Y	0.162	573
	Z	-0.324	541

Vrednosti napona karakterističnih čvorova kućišta date su u tabeli 2, izbor čvorova je na osnovu kriterijuma maksimalne vrednosti na određenom delu kućišta, za različite varijante opterećenja.

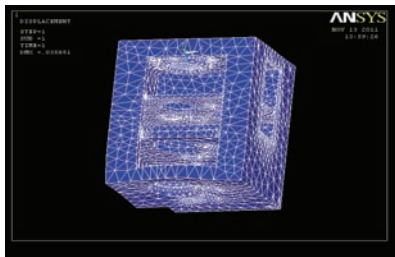
Tabela 2. Napon u karakterističnim čvorovima u (N/mm^2)

	VARIJANTA	
	HORIZONTALNA RADIJALNA	
	NAPON	
DŽEP	1.054	
PREDNJE LEŽIŠTE	1.57	
SREDNJE LEŽIŠTE	0.793	
ZADNJE LEŽIŠTE	0.197	

Izgled deformisanog modela kućišta pod dejstvom kombinovanog opterećenja posle proračuna, prikazan je na slici 5.

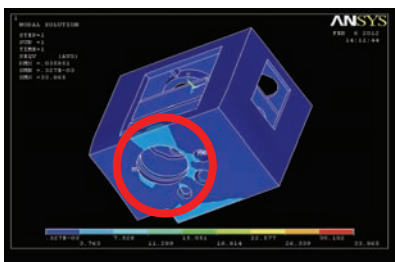
Na osnovu grafičkog prikaza deformacije pod dejstvom kombinovanog opterećenja, uočava se da je najveća

deformacija na prednjem zidu kućišta gde se nalazi otvor za ležaj (ravan XY) i njena vrednost je 35,851 μm .



Slika 5. Izgled deformisanog modela kućišta pod dejstvom kombinovanog opterećenja

Grafički prikaz Von – Missesovih napona na modelu kućišta prenosnika pod dejstvom kombinovanog opterećenja dat je na slici 6. Oblast najvećih napona je posebno istaknuta (zaokružena).



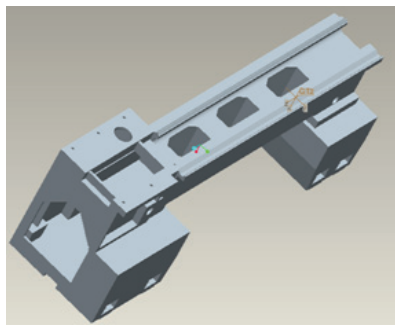
Slika 6. Grafički prikaz Von – Missesovih napona na modelu kućišta pod dejstvom kombinovanog opterećenja

Na osnovu grafičkog prikaza Von – Missesovih napona na modelu pod dejstvom kombinovanog opterećenja (slika 6) uočava se da su najveći naponi oko otvora za ugradnju ležaja na prednjem zidu kućišta. Maksimalna vrednost napona je 33,865 N/mm^2 .

4. ANALIZA STATIČKOG PONAŠANJA POSTOLJA STRUGA

4.1 Modeliranje i definisanje proračunskog modela

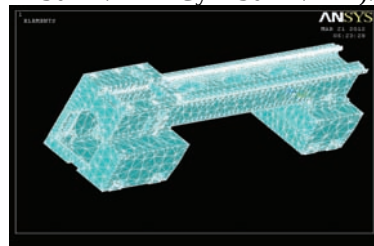
Model postolja struga definisan primenom programskog sistema Pro/ENGINEER prikazan je na slici 7, a na slici 8 je prikazan diskretizovani model nakon “transfera” u programski sistem za analizu konačnim elementima.



Slika 7. Model postolja struga

Nakon toga je definisan modul elastičnosti i Poasonov koeficijent materijala. Postolje je izrađeno od sivog liva SL 25 pa su vrednosti navedenih karakteristika materijala $E=1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$ i $\nu=0.23$. Model je diskretizovan sa 71824 konačnih elemenata (SOLID 92) i ima 138927 čvorova. Posle diskretizacije modela definisana su ograničenja i opterećenje. Na slici 9, prikazana su opterećenja postolja pri obradi na sredini raspona između

šiljaka. Analiza statičkog ponašanja postolja je urađena za tri varijante opterećenja usled obrade: kod stezne glave, na sredini raspona i kod konjica, kao i za tri varijante oslanjanja postolja: kruti oslonci; elastični oslonci sa dve vrednosti krutosti: elastično1 ($C_z=600 \text{ kN/mm}$, $C_x=120 \text{ kN/mm}$ i $C_y=120 \text{ kN/mm}$) i elastično2 ($C_z=1000 \text{ kN/mm}$, $C_x=230 \text{ kN/mm}$ i $C_y=230 \text{ kN/mm}$).



Slika 8. Model postolja struga diskretizovan mrežom konačnih elemenata



Slika 9. Položaj sila na postolju pri obradi na sredini raspona šiljaka

4.2 Rezultati i analiza rezultata

Na osnovu definisanih proračunskih modela i nakon izračunavanja primenom odgovarajućeg programskog sistema dobijene su vrednosti pomeranja čvorova mreže konačnih elemenata. Vrednosti maksimalnih pomeranja čvorova po X, Y i Z osi, za sve slučajeve opterećenja i oslanjanja postolja, su prikazane u tabeli 3.

Tabela 3. Maksimalna pomeranja čvorova po x, y i z osama dati u (μm)

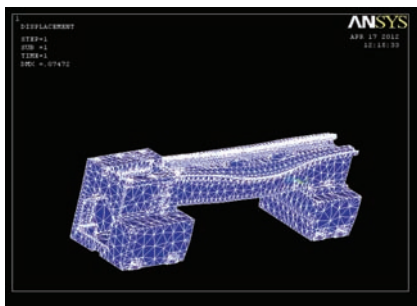
NAČIN OSLANJANJA		VARIJANTE OPTEREĆENJA					
		KOD STEZNE GLAVE		NA SREDINI VODICA		KOD KONJICA	
		POMERAJ	ČVOR	POMERAJ	ČVOR	POMERAJ	ČVOR
KRUTO	X	40.66	1342	53.3	1301	37.61	1264
	Y	32.33	1344	52.36	1300	40.38	1260
	Z	-16.39	647	-14.47	647	-13.38	647
ELASTIČNO	X	-68.29	71111	-64.96	1426	-80.45	11659
	Y	41.72	1344	39.42	19664	-32.34	23680
	Z	-15.87	647	-13.1	647	-12.17	647
ELASTIČNO 1	X	-38.29	71111	-36.96	1426	-47.45	11659
	Y	37.32	1344	44.42	19664	35.82	1264
	Z	-15.87	647	-13.21	647	-12.14	647

Takođe, vrednosti maksimalnih napona, za sve slučajeve opterećenja i oslanjanja postolja, su prikazane u tabeli 4.

Tabela 4. Maksimalna vrednost napona u čvoru data u (N/mm^2)

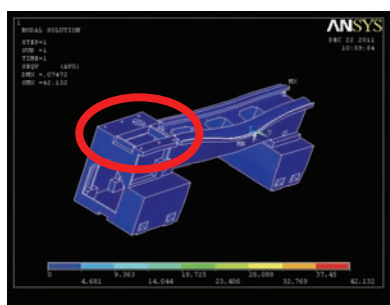
NAČIN OSLANJANJA	KOD	NAČIN	VREDNOST
KRUTO	4		
ELASTIČNO	37		
ELASTIČNO 1	37		

Nakon postprocesiranja rezultata proračuna u nastavku je dat grafički prikaz nekih od rezultata. Izgled deformisanog postolja usled kombinovanog opterećenja pri obradi na sredini raspona i pri krutom oslanjanju je prikazan na slici 10. Na osnovu ovog prikaza može se konstatovati da su najveće deformacije na sredini prednje vođice.



Slika 10. Deformacija postolja pri obradi na sredini vođica - kruto oslanjanje

Grafički prikaz Von-Misesovih napona na postolju usled kombinovanog opterećenja pri obradi na sredini raspona i pri krutom oslanjanju dat je na slici 11. Posebno je istaknuta (zaokružena) oblast vrednosti najvećih napona. Najveći naponi su u otvorima za fiksiranje kućišta prenosnika za postolje, na sredini vođica i na mestu konjica a maksimalna vrednost iznosi 44,56 N/mm².



Slika 11. Raspored napona na postolju pri obradi na sredini vođica - kruto oslanjanje

5. ZAKLJUČAK

Analiza statičkog ponašanja elemenata noseće strukture struga primenom programskog sistema baziranog na metodi konačnih elemenata imala je za cilj da se što verodostojnije predvidi ponašanje navedene mašine u eksploataciji sa stanovišta tačnosti. Analiza rezultata statičkog ponašanja kućišta pokazuje da maksimalno pomeranje čvorova na mestima uležištenja pri dejstvu kombinovanog opterećenja iznosi: u smeru X ose 8,9 μm , u Y 8,55 μm i u Z ose 35,4 μm . Dok je maksimalna vrednost napona na prednjem zidu kućišta 33,865 N/mm². Može se konstatovati da najveći uticaj na eksploatacione karakteristike struga imaju pomeraji kućišta na mestu prednjeg ležaja. Maksimalne vrednosti su pri opterećenju aksijalnom silom. Ovaj pravac opterećenja nema veliki značaj pri eksploataciji struga sa stanovišta tačnosti. Pri opterećenju radialnim silama pomeraji u pravcu X ose su: pri dejstvu samo horizontalne sile 3,7 μm , a pri dejstvu kombinovanog opterećenja 7,9 μm , a pomeraji u vertikalnom parvcu (Y pravac) pri dejstvu vertikalne sile 2,8 μm i pri kombinovanom opterećenju 4,9 μm . Imajući u vidu da se deformacije u horizontalnom pravcu u većem stepenu (skoro direktno) odražavaju na tačnost prečnika obradka isto treba uzeti u razmatranje pri analizi

maksimalne tačnosti koju navedeni strug može da ostvari. Nakon analize statičkog ponašanja postolja struga može se zaključiti da je maksimalna vrednost pomeraja u pravcu (-X) ose i iznosi 80,45 μm , a u pravcu (Y) 52,36 μm i u (-Z) ose 16,39 μm . Maksimalna vrednost napona iznosi 44,56 N/mm². Navedene vrednosti predstavljaju maksimalne na osnovu rezultata sve tri varijante oslanjanja i za sve varijante opterećenja (ispred prenosnika za glavno kretanje, u sredini raspona šiljaka i ispred konjica). Može se zaključiti da se vrednosti maksimalnih napona nalaze u pojedinim otvorima koji služe za pričvršćivanje kućišta prenosnika za postolje struga. Pri razmatranju tačnosti struga treba uzeti u obzir i deformacije postolja (proračun je pokazao da su najveći pomeraji na prednjoj vođici) u pravcu X i Y ose, kako zbog njihovih vrednosti koje nisu zanemarive, tako i zbog njihovog većeg uticaja na tačnost prečnika obradka. Deformacije u pravcu Z ose su znatno manje, a i njihov uticaj na tačnost je manji, jer utiču na odstupanja aksijalnih mera obradka. Na osnovu rezultata analize kućišta i postolja struga konstatuje se da su naponi daleko ispod kritičnih vrednosti za materijal SL 25 od koga su izrađeni navedeni elementi noseće strukture struga.

6. LITERATURA

- [1] Bajkin, J.: Analiza statičkog ponašanja noseće strukture horizontalnog univerzalnog struga, Diplomski rad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1997.
- [2] Borojević, Lj., Zeljković, M.: Projektovanje mašina alatki, Fakultet tehničkih nauka, autorizovani rukopis predavanja, Novi Sad, 2010.
- [3] Kovačević, S.: Razvoj programskog sistema za identifikaciju statičkog i dinamičkog ponašanja prizmatičnih nosećih elemenata mašina alatki za obradu rezanjem i njegova eksperimentalna verifikacija, Magistarski rad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1987.
- [4] Ovuka, S.: Modeliranje, proračun i analiza ponašanja elemenata noseće strukture univerzalnog struga, Diplomski rad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2001.
- [5] Rekecki, J., Janoš, J., Gatalo, R., Brauhler, J., Nađabonji, G., Zeljković, M., Borojević, Lj., Hodolić, J.: Sistem strugova, projekat rađen za potrebe FAMIL „POTISJE” Ada, Fakultet tehničkih nauka, Institut za proizvodno mašinstvo, Novi Sad, 1982.
- [6] Sekulović, M.: Metod konačnih elemenata, Građevinska knjiga, Beograd, 1988.
- [7] Zeljković, M., Bajkin, J., Gatalo, R.: Analiza nosećih struktura mašina alatki, Zbornik radova, 24 JUPITER konferencija, - 20. Simpozijum NU-ROBOTI-FTS, Mašinski fakultet; Beograd, 1998.
- [8] Weck, M.: Werkzeugmaschinen, band 2, VDI verlag, Dusseldorf, 1979.

Kratka biografija:



Bojan Adamović, rođen je u Kikindi 1986. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Računarom podržane tehnologije – Projektovanje mašina alatki odbranio je maja 2012.god.

PREGLED REŠENJA ELEKTRIČNIH BIKIKLA OVERVIEW OF ELECTRICAL BIKES CONSTRUCTIONS

Saša Vidić, Vladimir Katić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je prikazan pregled mogućnosti korišćenja i praktične primene električnog bicikla u urbanim sredinama i kao i njihov doprinos zaštiti životne sredine. Dat je opis pojedinih rešenja električnih bicikla na tržištu, uz opis važnih komponenata sistema, pitanja bezbednosti i same realizacije ovakvih elektro pogonjenih bicikla. Rad analizira zastupljenost elektro-bicikla na tržištu i njihov budući razvoj sa aspekta širenja primene.

Abstract – The paper presents the possibilities of application and practical usage of electric bicycles in urban areas, as well as their contribution to environmental protection. Some solutions of electric bikes present on the market are described, with detailed presentation of some major components of the system, explanation of safety elements and some actual realization of such electrically driven bicycles. The paper analyzes market share and presence of the electric bicycles on the market and their economic development.

Ključne reči: *Electric bicycles, Electric drives, Electric bikes constructions.*

1. UVOD

Krajem XX veka vrtoglavo je počeo tehnički razvoj alternativnih izvora energije, koji doprinose očuvanju zdrave životne sredine i korišćenju obnovljivih prirodnih resursa. U tom smislu, fokus je bio na energiji vetra i sunca, kroz razvoj vetrogeneratora i fotonaponskih elektrana. Istovremeno razvijale su se i aplikacije novih ekoloških vozila, kao što su vozila na električni pogon. Predmet ovog rada su realizacije lakih električnih vozila, odnosno bicikla sa električnim pogonom.

Prvi bicikl je napravljen u Nemačkoj još 1817. godine od strane barona van Drais [1]. Konstruisan je od drveta i služio je samo za vožnju po bašti. Pokretan je nožnim guranjem, jer nije imao pedale. Ovaj bicikl je prikazan na slici 1.

Kako bi vožnja bila udobnija stalno se radilo na razvijanju i poboljšanju bicikla, kako kroz snažniju konstrukciju bicikla, tako i kroz udobniju vožnju. Tako je 1888. godine John Dunlop, veterinar iz Belfasta, izumeo pneumatske gume.

NAPOMENA:

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



Slika 1. Izgled drvenog bicikla [1].

U današnje svetu bicikl ima značajnu ulogu u saobraćaju, a naročito u pojedinim delovima sveta, kao što se u kineskim gradovima, gde se 90% kretanja obavlja biciklima. Slično je u Indiji gde je ovaj udeo takođe visok i iznosi 60%. U tabeli 1 napravljeno je poređenje različitih vidova transporta sa ekološke tačke gledišta, za putovanje koje je svedeno na isti broj putnika po kilometru. Posmatrajući sa aspekta društvene zajednice, ekološki problemi nastali zbog povećanog korišćenja auta su veoma ozbiljni. S druge strane, vidi se da korišćenje bicikala ima niz povoljnih aspekata i da značajno smanjuje zagađenje životne sredine, a posebno u odnosu na emisiju gasova. Naravno, bicikli imaju nultu emisiju ovih gasova, koji izazivaju efekat „staklene bašte“ i time značajno utiču na smanjenje trenda nepovoljnih klimatskih promena, kojima je svet izložen u poslednje vreme.

Tabela 1. Poređenje različitih vidova transporta

						
Zauzetost prostora	100	100	10	8	1	6
Potrošnja goriva	100	100	30	0	405	34
CO2	100	100	29	0	420	30
Nitrogen oksidi	100	15	9	0	290	4
Hidrokarboni	100	15	8	0	140	2
CO	100	15	2	0	93	1
Ukupno zagađenje vazduha	100	15	9	0	250	3
Rizik od nezgode	100	100	9	2	12	3

2. OPIS REŠENJA BIKIKLA NA ELEKTRIČNI POGON

Na slici 2. prikazano je prvo rešenje bicikla na električni pogon, a to je Fordov elektro-bicikl kod koga je u ramu ugrađena litijum-jonska baterija od 340 Wh [2]. Skelet bicikla izgrađen je od aluminijum i karbonskih vlakana pa je zato njegova težina 2,5 kg. Ovde se pojavila jedna

novina, a to je baterija koja pokreće prednji točak koja omogućava radijus kretanja do 85 km.



Slika 2. Fordov elektro koncept [2].

Na slici 3. je prikazano drugo rešenje, Peugeot elektro-bicikl, čime Pežo prednjači u primeni inovacija i očuvanja životne sredine [3]. Kombinujući elegantan dizajn i čvrstinu, ovaj bicikl je opremljen sa prenosivom litijum-jonskom baterijom od 8-10 Ah i električnim motorom od 250W. U zavisnosti od dužine punjenja baterije, omogućava radijus kretanja do 90 km. Postoje tri režima vožnje: eko, regulator i sport. Do aktiviranja elektromotora dolazi pri jačem okretanju pedala.



Slika 3. Peugeot elektro bicikl [3].

Ova rešenja su omogućila da uživanje u vožnji bude maksimalno, dok je korišćenje isto kao i kod običnog bicikla uz daleko manji napor. Do aktiviranja motora dolazi pri jačem okretanju pedala kao i kada vozite uzbrdo ili uz vetar. Pri sporijem okretanju pedala, na ravnom putu ili nizbrdici, rad elektromotora je minimalan ili ga uopšte nema. Sve više se ljudi odlučuje da koristi elektro-bicikle za prelaženje kraćih destinacija.

3. KLJUČNI POGONSKI DELOVI ELEKTRIČNOG BIKIKLA

Pogonski delovi električnog bicikla obuhvataju izvor energije, koji može biti određena vrsta uskladištene električne energije, pogonski deo u vidu električnog motora i sklop za upravljanje i kontrolu brzine kretanja bicikla.

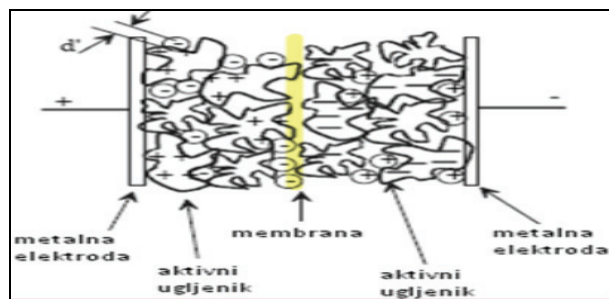
Kao izvor energije najčešće se razmatraju akumulatorske baterije, koje mogu biti raznih vrsta i različitih energetske kapaciteta. Ovi izvori su detaljno opisani u brojnoj literaturi i konstantno su u fokusu istraživanja i razvoja [6]. Zbog ograničenog prostora, ovde se oni neće

razmatrati, nego neke druge moguće varijante, kao što su superkondenzatori i gorivne ćelije.

3.1. Superkondenzator

Superkondenzatori su elektrohemijski kondenzatori, koji imaju neobično veliku kapacitivnost i gustinu energije (slika 4). Superkondenzator se sastoji od dve metalne elektrode na koje je nanoseno puno slojeva aktivnog nanoporoznog ugljenika, a između elektroda se nalazi membrana od elektrolita. Superkondenzatori za veće napone i struje se prave tako što se više manjih superkondenzatora vežu na red i/ili u paralelu.

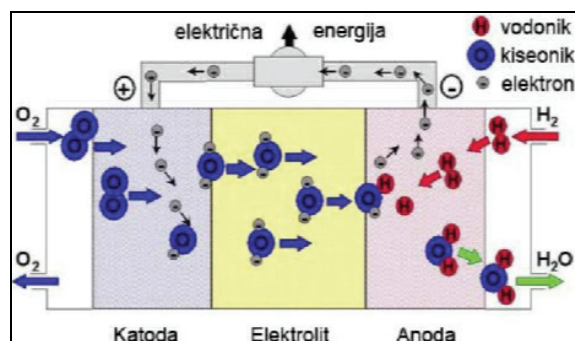
Danas se koriste superkondenzatori do nekoliko hiljada farada. Najčešća primena je u hibridnim i vozilima na električni pogon, gde im je uloga pomoćnog izvora energije u trenucima kada je potrebno u kratkom vremenu generisati veću količinu energije. Iako je postignut napredak, superkondenzatori ipak imaju gustinu energije po jedinici zapremine oko 25 puta manju od klasičnih baterija.



Slika 4. Izgled strukture superkondenzatora

3.2. Gorivne ćelije vodonika

Gorivna ćelija u osnovi ima neke osobine primarnog hemijskog izvora energije, odnosno vrši konverziju hemijske energije u električnu [5]. Najčešće primenjena reakcija koja teče u gorivnoj ćeliji, odvija se između vodonika i kiseonika. Srce gorivne ćelije čine katoda, elektrolit i anoda (slika 5) i razdvojene su jonski-provodljivim elektrolitom na kojem se odigravaju elektrohemijske reakcije. Kiseonik i vodonik se dovode na elektrode u ćeliji, gde se vodonik oksidiše, a kiseonik redukuje, pri čemu nastaje potencijalna razlika, odnosno uspostavlja se električno kolo i generiše se električna energija. Ovaj proces je prikazan na slici 5, gde se vidi da su ulazi u gorivnu ćeliju kiseonik i vodonik, a da je nuz produkt voda (H_2O).



Slika 5. Reakcija koja se dešava u gorivnoj ćeliji

Za mnoge namene, a i za određivanje optimalne konstrukcije i radnih parametara gorivne ćelije, potrebno je imati u vidu zavisnost snage gorivne ćelije od radnog napona. Karakteristike gorivne ćelije zavisne su od primjenjenih radnih parametara (temperature, pritiska, sastava gasa) kao i drugih uticaja - prisutnih nečistoća u gorivu, vreme rada ćelije, zbog čega ove uticaje treba brižljivo optimizovati.

3.3. Motor

Moguća su razna rešenja pogonskog električnog motora. Jednosmerni motor sa stalnim magnetom bez četkica prikazan je na slici 6. Karakteristike motora PERM PMG-132 su odlične za manja električna vozila zbog veće snage, visoke efikasnosti i manje dimenzije, pa je pogodan za motocikle ili bicikle.



Slika 6. DC motor PERM PMG.

4. REALIZACIJA BIKIKLA NA ELEKTRIČNI POGON

U današnje vreme upotreba lakih električnih vozila usvojena je od strane javne strukture da smanji zagađenje i gužve u gradskom saobraćaju i prigradskim područjima [4,5,6]. Posle sprovedene ankete među građanima rezultati su bili više nego pozitivni iz razloga što bicikl sa električnim pogonom, slika 7, pruža pomoć prilikom uspona, prilikom dužeg pedaliranja, omogućava građanima da se kreću sa agilnošću i da lako manevrišu vožnjom kroz park i kroz uske gradske ulice.

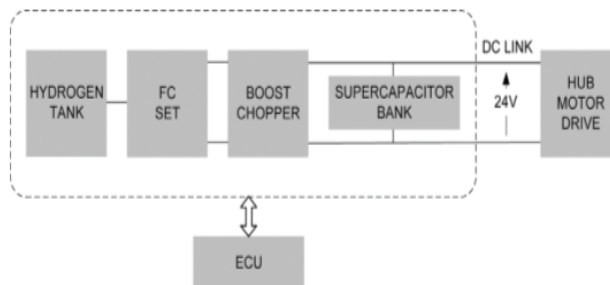
Pogonski sistem se sastoji od (slika 8): DC motora, superkondenzatora, boost choppera, gorive ćelije (FC) kao pogonskog dela i rezervoara vodonika.

FC set sastoji se od 22 ćelije, koje su serijski povezane, dve duvaljke (kroz koje ventilator uduvava kiseonik na jednu stranu, a kroz drugu hladi FC set - slika 9.a) i dva ventila (jedan koji dovodi vodonik u rezervoar slika 9.b, a drugi koji odvodi vodonik).

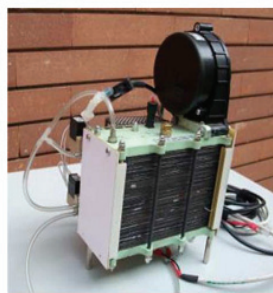
Ostale specifikacije pogonskog sistema su u vezi sa energetsom uslovljenošću koja ima za cilj ograničiti talasnost struje koju isporučuje pogonski sistem kako ne bi skratio životni vek sistema. Pogonski sistem zadovoljava evropsku direktivu, a to je električni motor sa maksimalnom kontinualnom snagom od 250 W, koja na izlazu postepeno opada, čime bicikl dostiže brzinu od 25 km/h, što se vidi na slici 10.



Slika 7. Izgled projektanog bicikla na električni pogon



Slika 8. Pogonski sistem električnog bicikla

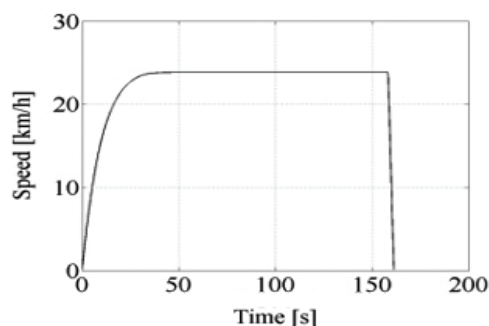


(a)



(b)

Slika 9. a) FC set, b) rezervoar vodonika.



Slika 10. Biciklistički ciklus dužine 1km

5. BEZBEDNOST

Bezbednost podrazumeva čvrst i izdržljiv skelet električnog bicikla, dok se veliki akcenat stavlja na kočnice, koje treba da budu dovoljno jake da zaustave bicikl i pri kretanju pomoću elektromotora. Trenutno najefikasnija kočnica je hidraulična kočnica, koja se sastoji iz 6 klipnih moćnih hidrauličnih kočionih čeljusti, dok se na ramu nalazi poluga, kao što je prikazano na slici 11. Za električne bicikle jako je važno da se kočnice dobro oslanjaju na točkove, jer je kočenje od velikog značaja.



Slika 11. Hidraulična kočnica zvana „borac“

6. ZASTUPLJENOST ELEKTRIČNIH BIKIKLA NA TRŽIŠTU

Kako u Srbiji još uvijek nije zaživela ideja o primeni električnih bicikla, u ostalim državama je to postalo primarno i tu dosta pomaže država kroz subvencije. Dobar primer je industrija električnih bicikla u Holandiji, koja ostvaruje sve veću prodaju uprkos ekonomskoj krizi. Holandski proizvođači se nadaju da će za 5 godina, trećina svih bicikla biti električni (slika 12).



Slika 12. Električni bicikli u Holandiji

Druga analiza vezana je za Kinu. Poslednji podaci pokazuju da je na ulicama nalazi preko 120 miliona električnih bicikla, što predstavlja najčešću alternativu za prigradski transport. Na Evropskom tržištu visoko je kotirana i država Danska, što se vidi u tabeli 2.

Tabela 2. Zastupljenost električnih bicikla po državama

	Automobil	JGPP	Bicikl	Pešice	Drugo
Austrija	39%	13%	9%	31%	8%
Kanada	74%	14%	1%	10%	1%
Danska	42%	14%	20%	21%	3%
Francuska	54%	12%	4%	30%	0%
Nemačka	52%	11%	10%	27%	0%
Holandija	44%	8%	27%	19%	1%
Švedska	36%	11%	10%	39%	4%
Švajcarska	38%	20%	10%	29%	3%
Velika Britanija	62%	14%	8%	12%	4%
SAD	84%	3%	1%	9%	2%

7. ZAKLJUČAK

Ovaj master rad je predstavio tok razvoja električnog bicikla. Bicikl, kao prevozno sredstvo, doprinosi prvenstveno zaštiti životne sredine, jer nema štetnih emisija zagađenja okoline, a podstiče zdrav duh u telu, kondiciju i vitkost. Električni bicikl grabi u budućnost i krči put za nove tehnologije koje će doći, kao što je pogon na solarni vid energije. Razvoj električnih bicikla je odlična investicija za veće gradove, koji treba da naprave više baznih stanica po gradu i omogući građanima da iznajme električne bicikle, čime bi se izbegla gužva u saobraćaju i bio bi čistiji vazduh. Kroz razna ispitivanja, karakteristike prikazane dijagramima i tabelama, vide se rezultati koji su pokazali potpunu efikasnost električnih bicikla.

8. LITERATURA

- [1] „Istorija bicikla“, <http://wikipedia.com/>
- [2] „Fordov električni bicikl“, <http://www.totalcar.rs/elektrici-bicikl-ford-e-bike-concept-2011-09/.pdf>
- [3] „Peugeot elektical bike“, <http://auto.blog.rs/blog/auto/vesti/2011/05/19/peugeot-elektrici-bicikli.pdf>
- [4] www.electricmotorsport.com
- [5] C. M. Ragel, V. R. Fernandes, Y. Slavkov, and L. Bozukov, „Intergrating hydrogen generation and storage in a novel compact electrochemical system based on metal hydrides“, Journal of Power Sources, Vol. 181, No. 2, pp. 382–385, Jul. 2008
- [6] M. Bertoluzzo and G. Buja, “Propulsion systems for light electric vehicles“, Proc. IEEE Int. Symp. Ind. Electron., 2010, pp. 3650–3655.

Kratka biografija



Saša (Stanimir) Vidić, rođen je u Derventi, 22.06.1983. godine. Završio je srednju Elektrotehničku školu u Derventi, smer Energetika, 2002. godine i upisao se na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Osnovne akademske studije na odseku Energetika, elektronika i telekomunikacije, smer Mikroročunarska elektronika završio je 2012. godine.



Vladimir Katić rođen je u Novom Sadu 1954. god. Diplomirao je na FTN u Novom Sadu 1978., a doktorirao na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu 1991. god. Od 2002. god. je redovni profesor Univerziteta u Novom Sadu. Oblasti interesovanja su Energetska elektronika, Obnovljivi izvori električne energije i Kvalitet električne energije.

Jedno rešenje arhitekture audio/video grebera za potrebe automatskog testiranja set top boksova

Miodrag Ćulum, Ivan Rešetar, Dragan Cuca, Zoran Marčeta

Sadržaj — dokument opisuje arhitekturu i kratak princip rada jedne varijante audio/video grebera kao dela sistema za automatsko testiranje prijemnika televizijskog signala. Uvodni deo daje uopštene podatke o TV tehnici i potrebama za automatskim testiranjem. Poglavlje II ukratko govori o prijemnicima TV signala (eng. Set Top Box - STB), i daje polazne korake za dizajn uređaja za testiranje. U poglavljima od III do V opisana je realizacija pomenutog uređaja na osnovu zadatih parametara, kao i njegovo mesto u testnom okruženju.

Cljučne reči — BBT, DSP, FPGA, greber, STB

I. UVOD

BRZAN razvoj televizijske tehnike, a posebno digitalne televizije danas, dovodi do potreba masovne proizvodnje televizijske opreme, između ostalog i prijemnika digitalnog televizijskog signala. Razvoj moderne televizije povlači za sobom i upotrebu veoma složenih TV prijemnika, s obzirom na to da je televizija danas praktično postala "interaktivna". Kako masovna proizvodnja elektronskih uređaja zahteva mali utrošak vremena do izlaska finalnog proizvoda na tržište, neophodno je da i testiranje uređaja traje što je moguće kraće, odnosno da sam proces testiranja bude u što većoj meri automatizovan. Tokom razvoja proizvoda, skoro 40% od ukupnog vremena utrošenog na razvoj odlazi na verifikaciju i testiranje. Kada je testiranje u pitanju, osim samog izvršavanja testnog procesa, veliki značaj imaju i precizno definisani zahtevi, testni plan, automatsko izvršavanje testova i pravilno prikazane greške na svakom od proizvoda [1].

II. SET TOP BOX

Osnovna uloga STB-a je pretvaranje ulaznog, analognog ili digitalnog televizijskog signala u sadržaj prilagođen za prikaz na TV-u. Značajan napredak televizijske tehnike omogućio je prenos televizijskog

Miodrag Ćulum (autor za kontakte), Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija, (telefon 381-21-4801118, email: miodrag.culum@rt-rk.com).

Ivan Rešetar (autor za kontakte), Istraživačko-razvojni institut RT-RK DOO za sisteme zasnovane na računarima, Narodnog fronta 23a, 21000 Novi Sad, Srbija, (telefon 381-21-4801172, email: ivan.resetar@rt-rk.com).

Dragan Cuca, Istraživačko-razvojni institut RT-RK DOO za sisteme zasnovane na računarima, Narodnog fronta 23a, 21000 Novi Sad, Srbija, (email: dragan.cuca@rt-rk.com).

Zoran Marčeta, Istraživačko-razvojni institut RT-RK DOO za sisteme zasnovane na računarima, Narodnog fronta 23a, 21000 Novi Sad, Srbija, (email: zoran.marceta@rt-rk.com).

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije, projekat 32014, od 2011. godine.

sadržaja izuzetno visokog kvaliteta, gde na prijemnoj strani praktično nema gubitaka u odnosu na predajnu. Savremeni prijemnici televizijskog signala, posebno digitalne televizije, bazirani su na računaru i visokog su nivoa kompleksnosti.

STB preko tjunera prima televizijski signal i pretvara ga u multimedijalni sadržaj za prikaz. Ulazni signal može biti zemaljski, satelitski, analogni ili digitalni, a postoje i IPTV prijemnici, odnosno prijemnici TV sadržaja preko interneta. Uglavnom su opremljeni raznovrsnim izlaznim audio i video interfejsima, prikazanim u tabeli 1. Može se primetiti da je broj priključaka praktično utrostručen u odnosu na priključke kod prvobitnih TV prijemnika.

TABELA 1: PRIKLJUČCI NA STB-U

Video	
HDMI	Digitalni
SDI	
Component(Y, Pb, Pr)	Analogni
S-Video	
CVBS(Composite)	
SCART	
Audio	
Coaxial	Digitalni
Optical	
RCA	Analogni
TRS	
SCART	

Za svaki od interfejsa postoje različiti formati i standardi sadržaja koji se prenosi. Za svaki digitalni standard i format može se definisati veličina protoka podataka, što će takođe biti jedan od ulaznih parametara za dizajn grebera.

TABELA 2: FORMATI VIDEO SADRŽAJA

Digitalni video formati	
SD (Standard Definition)	576i50, 480i60
ED (Enhanced Definition)	576p50, 480p60
HD (High Definition)	720p50, 720p60
	1080i50, 1080i60
	1080p25, 1080p30
Analogni video formati	
NTSC	480i60
PAL	576i50

III. OPIS PROJEKTNOG ZADATKA

Prethodno navedeni zahtevi u tabelama 1 i 2 daju

NAPOMENA:

- Ovaj rad proistekao je iz master rada Miodraga Ćuluma. Mentor je bio prof. dr Goran Stojanović.
- Rad je prethodno publikovan na konferenciji TELFOR, Beograd, novembar 2011.

osnovne polazne podatke za projektovanje uređaja za testiranje STB-a. Osim zahteva za testiranje kvaliteta slike i tona, potrebno je i upravljanje pomoću emulatora daljinskog upravljača, merenje nivoa određenih signala na izlazu i dr.

Uređaj za testiranje treba da obezbedi prihvatanje svakog od ulaznih signala iz tabele 1, vrši određene operacije nad njima (skaliranje, kompresija,...), i šalje sadržaj putem LAN interfejsa. Na osnovu sadržaja koji procesuiramo i dodatnih zahteva treba sračunati sve parametre neophodne za dizajn hardvera. Za zadate standarde i formate multimedijalnog sadržaja data je tabela 3, sa navedenim brzinama protoka podataka. Ovo takođe diktira minimalne mogućnosti koje LAN interfejs treba da obezbedi. Za protok grebovanog HD sadržaja neophodan je gigabitni LAN interfejs, što pokazuje kolona MB/s.

TABELA 3: BRZINA PRENOSA NEKOMPRESOVANOG VIDEO

Nekompresovani 8-bitni video			
Standard definition 4:2:2			
Frame size	MB/s	MB/min	GB/h
720x480/29.97fps (NTSC)	22.23	1213.79	71.12
720x576/25fps (PAL)	22.25	1215.00	71.19
High definition 4:2:2			
1280x720p/50fps	90.00	5400.00	316.41
1280x720p/59.94fps	107.89	6473.52	379.31
1920x1080/50i	101.25	6075.00	355.96
1920x1080/59.94i	121.38	7282.71	426.72

Praktično je nemoguće obuhvatiti sve postojeće interfejse i standarde i smestiti ih na jedan uređaj, te se tako i uređaji za testiranje projektuju namenski.

IV. REALIZACIJA

Na osnovu skupa zahteva koje treba realizovati napravljena je specifikacija dizajna, koja detaljno definiše ceo tok izrade. Nakon razjašnjenja problema traži se idejno rešenje, i sagledavaju mogućnosti realizacije takvog rešenja. Kada je u pitanju složen elektronski sklop, razvijanje električne šeme uređaja zasniva se na principu hijerarhije što omogućava dobru orijentaciju i preglednost svih blokova. Na osnovu razrađenih električnih šema dizajnira se štampana ploča ili više njih, u zavisnosti od potreba. Nakon izrade i montaže štampanih ploča pristupa se oživljavanju i funkcionalnom testiranju uređaja.

A. Idejno rešenje

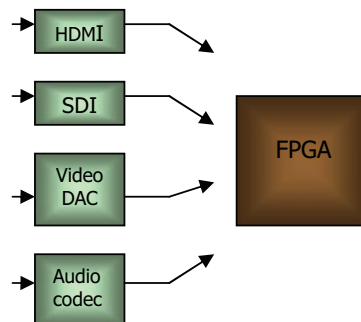
Uopšteno, kada se radi o audio-video sadržaju, postoje u potpunosti razvijene komponente i sistemi koji omogućavaju realizovanje kompleksnih uređaja na fizički malom prostoru. Idejno rešenje jesu dve povezane procesorske platforme, jedna sa DSP (eng. Digital Signal Processor) a druga sa FPGA (eng. Field Programmable Gate Array). DSP je centralna komponenta na uređaju, a FPGA u ovom slučaju treba da vrši multipleksiranje ulaznih signala i predaje sadržaj DSP-u [2], [3].

B. Opis hardverske arhitekture

Ako krenemo od ulaznih segmenata, za svaki audio i video interfejs sa STB-a treba da postoji odgovarajući

prijemni (dekođer) deo na greberu, kao što je prikazano na Sl. 1.

Postoje zasebni blokovi za prijem HDMI i SDI signala, zatim blok za konvertovanje svih analognih video signala u digitalne, i blok za prijem digitalnih i analognih audio signala. Svaki od ova četiri bloka je direktno spregnut sa FPGA, tako da možemo izabrati ulaz sa kojeg grebujemo sadržaj. FPGA priprema sadržaj unutar izlaznog FIFO bafera za čitanje od strane DSP-a. Osim navedena četiri bloka, postoji još i blok za merenje nivoa ulaznih analognih signala, koji je takođe direktno povezan na FPGA.



Sl. 1. Blokovi za prijem audio i video signala

Za grebovanje HDMI signala upotrebljen je dvoulazni prijemnik, koji u dosta jednostavnoj izvedbi omogućava prihvatanje HDMI 1.3 sadržaja u visokoj rezoluciji, do 1080p na 60Hz ili 720p/1080i na 120Hz uz 36-bitnu paletu boja. Takt HDMI prijemnika varira u zavisnosti od moda rada: 13,25MHz za SD, 27MHz za ED i 74,25MHz za HD mod.

SDI prijemnik je baziran na integrisanom deserilajzeru i ima mogućnost prijema signala do 2,97Gb/s. Posедуje GSPI host interfejs, nekoliko modova rada i 10/20 bitnu magistralu podataka. Prijemnik je taktovan u zavisnosti od moda, istim učestanostima kao i kod HDMI.

Za prijem i konvertovanje svih analognih video signala korišćen je 12 kanalni video dekođer sa integrisanim SD (Standard Definition) procesorom. Podržava NTSC/PAL/SECAM video standarde i ima mogućnost konverzije RGB sadržaja rezolucije do 1280x1024 na 75Hz (SXGA). Taktovan je na isti način kao i prethodna dva prijemnika.

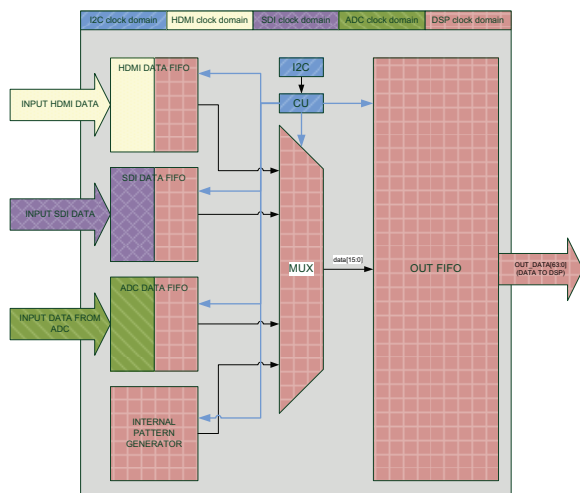
Analogne i digitalne audio interfejse opslužuje kodek, opremljen sa 2 A/D i 6 D/A 24-bitnih delta-sigma konvertora, i sa S/PDIF prijemnikom. Integrisani S/PDIF prijemnik podržava do 8 ulaza i auto detekciju formata. Učestanost semplovanja je do 192KHz.

Merenje signala izvedeno je na klasičan način, korišćenjem A/D konvertora rezolucije 8 bita i 0-2V napona pune skale. Potrebno je meriti nivoe signala za 13 izvora, pa je za ulazni preklopnik korišćen 16 kanalni analogni multiplekser.

C. FPGA

Na Sl. 2. se vidi na koji način je organizovan FPGA. Kroz ceo sistem je provučena I2C komunikacija, a samo 1 od 16 registara I2C komunikacije je implementiran i služi

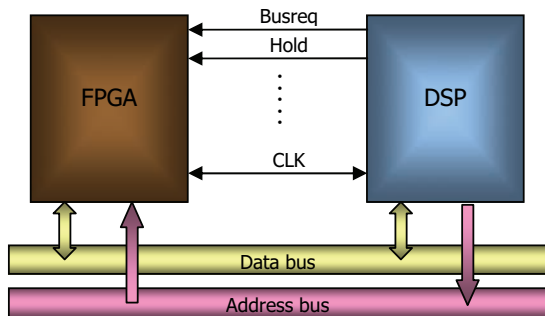
za kontrolu FPGA od strane DSP-a, ujedno i za selektovanje željenog izvora signala. Taktovanje unutar FPGA prikazano je različitim bojama na Sl. 2., gde se vidi da je najveći deo u domenu takta sa DSP-a. Ulazni delovi svakog od malih FIFO bafera taktovani su od strane ulaznih prijemnika. Na ovaj način je omogućeno da je trenutni sadržaj uvek dostupan unutar ulaznih bafera i dovoljno je da na komandu DSP-a multiplexer počne da prosleđuje sadržaj sa odabranog ulaza u izlazni FIFO.



Sl. 2. Arhitektura FPGA

Ulazni stepen na FPGA prikuplja podatke u mali FIFO čiji je upis kontrolisan od strane prijemnika signala. Iz ovog bafera se čitaju podaci kako pristižu, ali kontrolisano od strane DSP, tako da su ove dve faze praktično nezavisne. Dalje multiplexer puni izlazno FIFO sadržajem sa odabranog ulaza, dovoljno za jedan ciklus čitanja od strane DSP-a.

FPGA je dalje povezan na DSP EMIF (eng. External Memory Interface), kao na Sl. 3. DSP pristupa izlaznom FIFO baferu i preuzima po 16K 64-bitnih reči. Ovaj interfejs je taktovan na 75MHz. Na ovaj način DSP preuzima grebovanu nepokretnu sliku ili tekući video sadržaj, što dalje obrađuje i šalje putem LAN-a [4], [5].



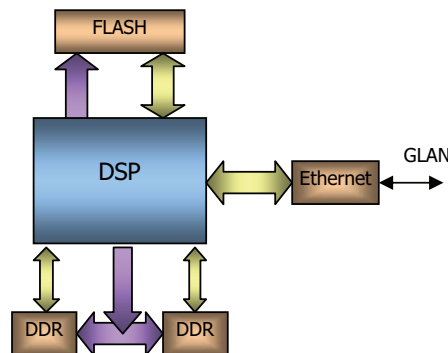
Sl. 3. Sprega FPGA i DSP procesora

D. DSP

Deo na kojem se nalazi DSP, takođe je organizovan u nekoliko blokova. DSP ima ulogu obrade audio i video sadržaja i slanje putem LAN konekcije. Na ovom bloku je

smeštena i FLASH memorija u koju se spušta glavni program (firmver), i iz koje se konfiguriraju i DSP i FPGA.

Na Sl. 4 prikazan je DSP blok, opremljen DDRII RAM memorijom, FLASH platformom i gigabitnim LAN interfejsom. FLASH memorija je po istom principu povezana na EMIF interfejs kao i FPGA. DSP po potrebi može da obavlja kompresiju video sadržaja, kao i skaliranje u realnom vremenu, u svrhu pregleda uživo. Uređaj se povezuje LAN konekcijom direktno na računar ili preko aktivne lokalne mreže.



Sl. 4. DSP blok

Ovaj hardverski deo uz propratni firmver jeste ustvari glavni deo i interfejs prema kontrolnoj stanici (PC računaru) kojom se uz dodatne aplikacije manipuliše procesom testiranja.

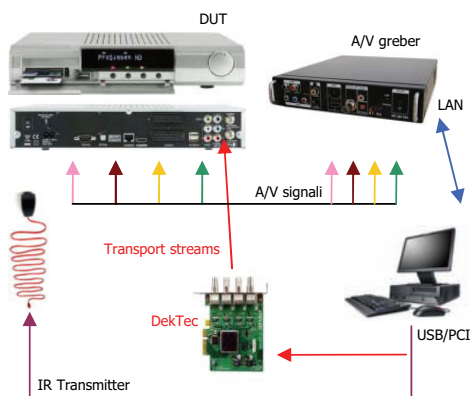
Predviđeno je da se ova dva bloka (DSP i FPGA) realizuju na odvojenim štampanim pločama, radi jednostavnijih budućih izmena i revizija hardvera, a i zbog mogućnosti kombinovanja sa drugim modulima. Na oba bloka je implementiran JTAG interfejs, neophodan za prvobitno konfigurisanje uređaja, pre nego što uređaj počne da radi autonomno. Vezom kroz ovaj interfejs nam je omogućena početna veza sa uređajem, spuštanje firmvera u FLASH memoriju i provera ispravnog funkcionisanja centralnih komponenta (DSP i FPGA). Kada potvrdimo da audio/video greber ispravno funkcioniše, sve naredne komande za obavljanje testnih funkcija uređaj prima preko LAN interfejsa, čak i nadogradnju samog firmvera.

V. BLACK BOX TESTING METODA

Testiranje po principu "crne kutije" (eng. Black Box Testing - BBT) ne zahteva poznavanje internog dizajna uređaja koji testiramo (eng. Device Under Testing - DUT), odnosno, dovoljno je da uređaj koji testiramo posmatramo samo na osnovu njegovih interfejsa. Automatsko testiranje prvenstveno ima za cilj uštedu vremena, ali i eliminisanje uticaja ljudskog faktora (unošenja greške) u procesu testiranja. Uređaj za testiranje treba da obezbedi proveru ispravnosti i kvaliteta sadržaja za svaki od interfejsa. Sam proces testiranja je najčešće baziran na poređenju audio/video sadržaja sa DUT-a sa sadržajem referentnog STB-a [6-8].

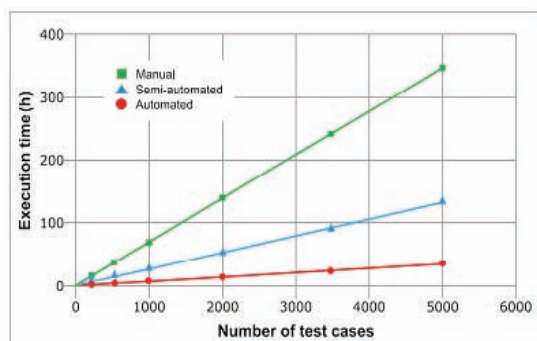
Testno okruženje prikazano na Sl. 5 treba da sadrži sledeće komponente:

- Greber audio/video signala
- PC
- RF modulator (DekTec)
- DVBS2 modulator (DekTec)
- Uređaj koji se testira
- IR transmitter



Sl. 5. Testno okruženje

Na PC računaru se uz korišćenje namenskih aplikacija upravlja testiranjem, omogućava logovanje podataka (rezultata) o testiranju, čuvanje grebovanog sadržaja kao i pregled videa uživo. U PC je ugrađena i DekTec PCI kartica kao izvor ulaznog televizijskog signala za STB. IR transmitter je emuliran daljinski upravljač za dati STB.



Sl. 6. Ukupno vreme testiranja za ručno, polu-automatsko i automatsko testiranje

Na Sl. 6. prikazano je ukupno vreme potrebno za ručno, polu-automatsko i automatsko testiranje, za 50, 200, 500, 1000, 2000, 3500 i 5000 uređaja, gde se vidi značajna razlika u utrošenom vremenu [9-12].

Testiranje svakog STB-a obuhvata približno 300 testova, pa je praktično nezamislivo pristupiti ručnom testiranju, jer i automatsko testiranje samo jednog uređaja zahteva dosta vremena.

VI. ZAKLJUČAK

Rad sažeto opisuje hardverski deo audio/video grebera, uređaja koji je deo BBT sistema za automatsko testiranje

Set Top Boksova. Ciljni deo je na arhitekturi uređaja, odnosno na raspoređivanju ukupnog hardvera na jednostavnije činioce, kako bi se što je moguće bolje prikazalo šta sve mora da sadrži uređaj ovakve namene. Kada je složen dizajn u pitanju, uvek treba uzeti u obzir buduće izmene i dorade.

LITERATURA

- [1] Vukota Peković, Nikola Teslić, Ivan Rešetar, Tarkan Tekcan „Test Management and Test Execution System for Automated Verification of Digital Television Systems“, RT-RK d.o.o., Novi Sad, 2010.
- [2] M. Mehrara, T. Jablin, D. Upton, D. August, K. Hazelwood, S. Mahlke, „Multicore Compilation Strategies and Challenges“, IEEE Signal Processing Magazine, Vol. 26, No. 6, November 2009, pp. 55-63.
- [3] P. Hae-Woo, O. Hyunok, H. Soonhoi, „Multiprocessor SoC Design Methods and Tools“, IEEE Signal Processing Magazine, Vol. 26, No. 6, November 2009, pp. 72-79.
- [4] M. Nikolić, M. Katona, „Navic Project Specification“, MicronasNIT, Novi Sad, 2007.
- [5] I. Rešetar, Z. Pele, V. Peković, „Hardware Design Specification for Black Box Tester v2.0“, MicronasNIT, Novi Sad, 2007.
- [6] Y. J. Liang, J. G. Apostolopoulos, B. Girod, „Analysis of Packet Loss for Compressed Video: Effect of Burst Losses and Correlation Between Error Frames“, IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 18, No. 7, July 2008, pp. 861-874.
- [7] Dušica Marijan, Vladimir Zlokolica, Nikola Teslić, Tarkan Tekcan, and Vukota Peković, „User-Driven Optimized Test Case Design and Modeling for End-User Device Quality Inspection“, IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE), pp. 861-862, March 2011.
- [8] A.N. Rau: „Automated test system for digital TV receivers“, 2000 Digest of Technical Papers International Conference on Consumer Electronics (ICCE), 2000, pp. 228-229.
- [9] Dušica Marijan, Vladimir Zlokolica, Nikola Teslić, Vukota Peković, Tarkan Tecnan, „Automatic Functional TV Set Failure Detection System“, IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol.56, no.1, pp.125-133, March 2010.
- [10] Dušica Marijan, Vladimir Zlokolica, Nikola Teslić, Vukota Peković, Miodrag Temerinac, „Functional and Quality Failure System Detection in TV Sets“, Digest of Technical Papers International Conference on Consumer Electronics (ICCE), pp. 367-368, February 2010.
- [11] Mihajlo Katona, Ivan Kastelan, Vukota Peković, Nikola Teslić, Tarkan Tekcan „Automatic Black Box Testing of Television Systems on the Final Production Line“, IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol.57, no.1, pp. 224-231, February 2011.
- [12] Nikola Teslic, Vladimir Zlokolica, Vukota Pekovic, Tarkan Teckan, Miodrag Temerinac, „Packet-Loss Error Detection System for DTV and Set-Top Box Functional Testing“, IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol.56, no.3, pp. 1311-1319, October 2010.

ABSTRACT

Modern TV technology, especially digital television today is equipped with smart computer based TV signal receivers. This document shortly describes the hardware architecture and base functional principle of audio/video grabber device, used for automated testing of Set Top Boxes. Audio/video grabber is a part of BBT testing environment.

ONE SOLUTION OF AUDIO/VIDEO GRABBER ARCHITECTURE USED FOR AUTOMATIC TESTING OF Set Top Boxes

Procena karakteristika sistema za detekciju zamrzavanja slike u realnom vremenu

Darko Lulić, Zoran Marčeta, Nikola Vranić, Vladimir Zlokolica, Miodrag Temerinac

Sadržaj — Ovaj rad opisuje realizaciju i procenu karakteristika sistema za detekciju efekta zamrzavanja u digitalnom video signalu u realnom vremenu. Zamrzavanje video sadržaja se manifestuje kao zaleđena scena video sekvence na ekranu krajnjeg korisnika i time se značajno smanjuje vizuelni kvalitet. U cilju efikasnog praćenja zamrzavanja slike u multimedijalnim sistemima predložimo sistem koji u realnom vremenu prati ovu pojavu, a baziran je na već razvijenom algoritmu. Za procenu karakteristika razvijen je sistem koji sadrži mrežni uređaj za prikupljanje video okvira (network audio-video capture device-NAVIC) koji komunicira sa računarom preko 1GB LAN komunikacionog priključka i komunikacija je bazirana na UDP protokolu. Predloženi sistem je razvijen za progresivne video sadržaje koje su u SD i HD rezoluciji. Oštećenja u video sadržajima su jednim delom veštački uneta, ponavljanjem okvira, a jednim delom su nastala slabljenjem i oštećenjem signala u sistemu za prenos. Rezultati testiranja karakteristika, u smislu postizanja obrade u realnom vremenu, su pokazali da sekvence u SD i HD rezoluciji mogu da se obrađuju dok u slučaju sekvenci full HD rezolucije mora da se izvrši degradacija videa tako što se smanjimo rezoluciju 4 puta. Testiranje je izvršeno na velikom broju testnih video sadržaja i na realnom TV signalu gde su video okviri dobijani od uređaja za prijem digitalnog TV signala. Rezultati su pokazali visoku tačnost i robustnost (97%) i u detekciji zamrzavanja slike i u detekciji promena scene.

Ključne reči – audio-video prikazivanje u realnom vremenu, sistemi u realnom vremenu, zamrzavanje slike.

I. UVOD

U eri velikog napretka svih vidova tehnologije postoji sve veća potreba za računarskom podrškom na raznim sistemima za kontrolu i upravljanje pa samim tim i razvoj novih, brzih i savremenijih algoritama za samu realizaciju u računskim sistemima. Jedna velika i važna oblast koja je značajno evoluirala u poslednjih nekoliko godina je oblast digitalnih multimedijalnih komunikacija, koja podrazumeva napredan prenos slike, zvuka i podataka [1].

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije, projekat 32029, od 2011. godine.

Darko Lulić, Autor, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija; (e-mail: darko.lulic@rt-rk.com).

Nikola Vranić, Koautor, RT-RK Computer Based Systems, Novi Sad, Srbija (e-mail: nikola.vranic@rt-rk.com).

Vladimir Zlokolica, Koautor, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: vladimir.zlokolica@rt-rk.com).

Miodrag Temerinac, Koautor, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: miodrag.temerinac@rt-rk.com).

Zoran Marčeta, Koautor, RT-RK Computer Based Systems, Novi Sad, Srbija (e-mail: zeljen.trpovski@ktios.net).

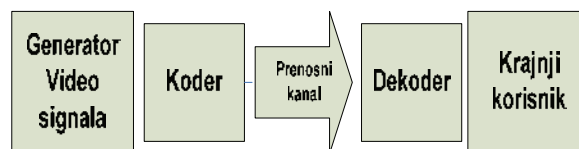
NAPOMENA:

a) Ovaj rad proistekao je iz master rada Darka Lulića. Mentor je bio prof. dr Željen Trpovski.

b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji TELFOR, Beograd, novembar 2011.

Uopšteni sistem za prenos digitalnog signala se sastoji od: generatora video signala, koder, sistema za prenos digitalnog signala, dekoder i krajnjeg korisnika (Slika 1.). Generator video signala može biti bilo koji uređaj koji može da reprodukuje video signal na svoj izlaz (npr. uređaj za reprodukciju DVD-a). Koder koduje taj video signal i na taj način smanjuje količinu informacija koja se prenosi i čini signal znatno otpornijim na smetnje. Kanal za prenos može biti bilo koji medijum za prenos: žičani kablovi, radio veza, optički kablovi, itd.. Na mestu prijema postoji dekoder koji iz primljenog signala izdvaja samo informacioni sadržaj koji se prikazuje na ekranu krajnjeg korisnika.

Video dekoder može da zaustavi prikazivanje video sadržaja [2] sto se manifestuje ili ponavljanjem ili ispuštanjem nekih okvira. Postoje dva razloga za ovakvo ponašanje: (i) dekoder smanji brzinu reprodukcije jer ne može da postigne obradu svih okvira (npr smanji sa 30 na 15 fps i preskače se svaki drugi okvir) i (ii) dekoder odlučuje da zamrzne poslednju dobro prikazanu sliku (zbog gubitka paketa na narednim frejmovima).



Slika 1 Opšti izgled sistema za prenos digitalnih signala.

Zbog problema i smetnji koji se često javljaju u današnjim mrežama potrebno je razviti sistem za kontrolu [3] kvaliteta prenosa signala i/ili uređaje koji na mestu krajnjeg korisnika automatski kontrolišu audio-vizuelni kvalitet primljenog signala.

Vrlo značajan i važan nedostatak digitalnog video signala koji se pojavljuje u današnjim video sistemima je zamrzavanje slike. Postoje dva načina, tj. sistema, koja bi kontrolisala da li se desilo zamrzavanje: referentni, koji upređuje primljeni video sadržaj sa nekim referentnim video sadržajem i (ii) nereferentni koji se bazira samo na video sadržaju koji je primljen.

Predloženi sistem za detekciju zamrzavanja video sadržaja je napravljen tako da podržava video signale sa više različitih uređaja. Ovo je omogućeno zahvaljujući specijalno dizajniranom uređaju za prikupljanje audio-video okvira koji na svom izlazu daje signal u RAW (YUV 4:2:2) formatu. Preko LAN veze se taj izlazni signal šalje u jedinicu za obradu gde se vrše proračuni da li je ili nije bilo zamrzavanja video sadržaja.

Za realizaciju, razvoj i testiranje razvijen je sistem koji je opisan u poglavlju II. Osnovne karakteristike i kratak opis algoritma je u poglavlju III, u poglavlju IV su eksperimentalni rezultati dobijeni na osnovu testiranja testnih video sadržaja i realnog TV signala, i u posljednjem poglavlju V su izvedeni zaključci.

II. GENERALNI OPIS PREDLOŽENOG SISTEMA ZA DETEKCIJU ZAMRZAVANJA SLIKE

Za potrebe razvoja i realizacije samog algoritma razvijen je sistem (Slika 2.) koji u realnom vremenu detektuje zamrzavanje slike. Glavni elementi sistema su NAVIC [4], spoljni video digitalizator na čiji ulaz se dovodi video signal, koji preko LAN veze komunicira sa 1GB LAN karticom koja se nalazi u računaru.



Slika 2. Principijska šema zasnovana na NAVIC greberu i LAN vezi između računara i grebera

U ovom radu je opisan nereferentni algoritam [5] za detekciju zamrzavanja slike. Razlika između ovog rada i rada navedenog kao referenca [5] je ta što je u ovom radu fokus bačen na sam sistem koji je razvijen za verifikaciju i prilagođavanje algoritma iz rada [5] uslovima u realnom okruženju. Proračuni, na osnovu kojih se odlučuje da li je bilo zamrzavanja ili ne, se baziraju na prethodnom i trenutnom okviru i pragu odlučivanja koji se adaptira prema dinamici video sadržaja u realnom vremenu. Implementacija algoritma je urađena tako da on predstavlja odvojenu celinu i ugrađen je u predloženi sistem. Takva realizacija omogućava krajnjem korisniku da prati rezultate na ekranu (u realnom-vremenu) u toku izvršavanja programa, a svi rezultati se dodatno zapisuju u posebnu datoteku zbog potreba kasnijih ispravljanja grešaka. Poslati video okviri od strane NAVIC-a su u YUVU formatu. To nam donosi novu pogodnost jer za obradu okvira nam je potrebna samo polovina od ukupnog broja piksela u svakom frejmu.

Komunikacija između NAVIC-a (koji je poslužitelj) i računara (koji je klijent) se obavlja kroz nekoliko koraka. Klijentska strana prvo postavlja parametre u skladu sa video formatom koji će biti primljen. U narednom koraku klijent šalje zahtev poslužitelju za uspostavljanje UDP veze zbog slanja i primanja paketa, tj. razmene informacija u toku komunikacije. U slučaju da je veza uspešno uspostavljena NAVIC šalje klijentskoj strani potvrdu, i kad klijentska strana prihvati tu potvrdu automatski rezerviše mrežnu utičnicu koja će biti korištena u toku komunikacije. Ako je sve prošlo uspešno NAVIC čeka komande i komunikacija može da počne. Klijentska strana šalje komande kao što su : prikaz, informacije o video sekvenci, itd.. Nakon prijema komande NAVIC počinje da je izvršava i klijentska strana osluškuje mrežnu utičnicu i

čeka da primi odgovor od NAVIC-a na poslatu komandu. U zaglavlju poruke kojom je NAVIC odgovorio nalaze se informacije o tome na koju je komandu odgovorio i onda znamo kako da iskoristimo poslati informacioni sadržaj.

III. ALGORITAM ZA DETEKCIJU ZAMRZAVANJA SLIKE

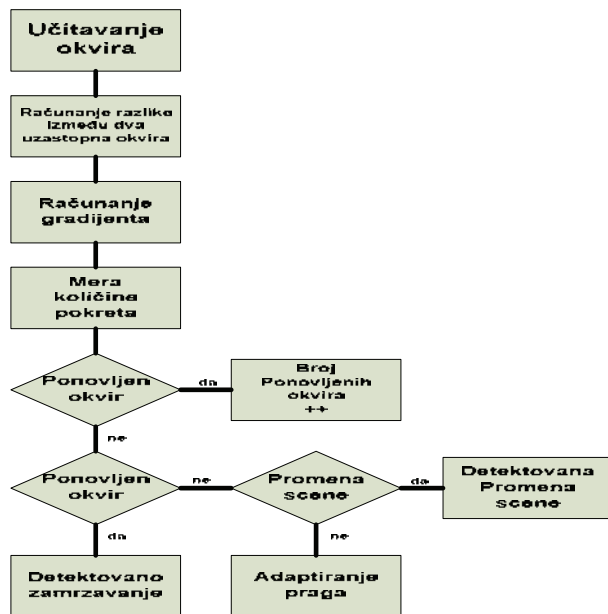
U procesu detekcije zamrzavanja postoje mnogi problemi, a dva glavna su: (i) razlika između statične i zamrznute slike i (ii) razlika između promene scene i kraja zamrznute slike[6][7].

Rešenje problema razlike između statične i zamrznute slike leži u činjenici da je u većini slučajeva jedan video segment koji se nalazi između dva događaja promene scene uglavnom iste dinamike, tj. ima približno istu količinu pokreta po okviru pa se prag adaptira shodno tome. Time smo dobili prag koji je „naučio“ da je taj celi segment statičan i neće ga detektovati kao zamrzavanje jer se detektuje i najmanji pokret. Međutim ukoliko se u toku te iste scene desi neki veliki pomeraj imamo detekciju promene scene jer je prag naučen na malu količinu pokreta. Suprotno tome, u slučaju da scena počinje sa velikom količinom pokreta i onda se ta količina mnogo smanji u toku iste scene, algoritam će detektovati zamrzavanje slike.

I promenu scene i kraj zamrznutog dela karakteriše nagla promena količine pokreta. Rešenje razlikovanja ova dva događaja leži u tome da ukoliko ponavljanje frejmova traje kraće od 8 uzastopnih frejmova nećemo detektovati zamrzavanje i nagle promene ćemo registrovati kao promene scene, a tek za više od 8 frejmova ćemo detektovati da je slika zamrznuta. Do broja 8 se došlo eksperimentalnim ispitivanjima i u testiranju se pokazalo da je to optimalna vrednost. Jedini slučaj kada se dešava da pogrešno detektuje promenu scene umesto zamrzavanja slike je kad se nakon promene scene ili prethodnog zamrzavanja, tj na početku novog segmenta, desi ponovno zamrzavanje slike ali pre nego što prodje 8 frejmova u tom novom segmentu i ukoliko se nastavlja i nakon osmog frejma. Do te greške dolazi zbog toga što se na početku novog segmenta prag počinje pogrešno podučavati da je taj segment statičan i nakon sto prodje zamrznuti deo imaćemo pogrešnu detekciju promene scene umesto detekcije kraja zamrznutog dela. Međutim šansa za ovaj scenario je mala jer se može desiti samo ako se u 0.128. delu sekunde nakon kraja jednog segmenta desi ponovno zamrzavanje slike (8 frejmova po 16ms). Drugi problem je ukoliko u toku jedne scene imamo više statičnih delova i u tom slučaj svaki statični deo detektuje kao zamrzavanje. Pogrešna detekcija promene scene se dešava ukoliko se u toku jedne scene desi jako velika promena osvetljenja (npr. blic fotoaparata).

Osnovni princip rada algoritma je da deli video sekvencu na privremene video segmente koji se nalaze između dva događaja promene scene ili zamrzavanja i promene scene. Količina pokreta se izračunava na osnovu apsolutnih vrednosti razlika piksela između dva uzastopna okvira. Za svaki video segment prag se posebno podučava na osnovu količine pokreta u koja odgovara datom segmentu (tj. u segmentima sa većom količinom pokreta vrednost praga će biti veća, a u segmentima sa manjom količinom pokreta ta vrednost će biti manja). Dakle

ukoliko posle promene scene ili posle zamrzavanja slike imamo segment u kojem je mala količina pokreta prag će se spustiti na nivo koji odgovara tom segmentu. Šema algoritma je predstavljena na Slici 3.



Slika 3. Algoritam za detekciju zamrzavanja slike.

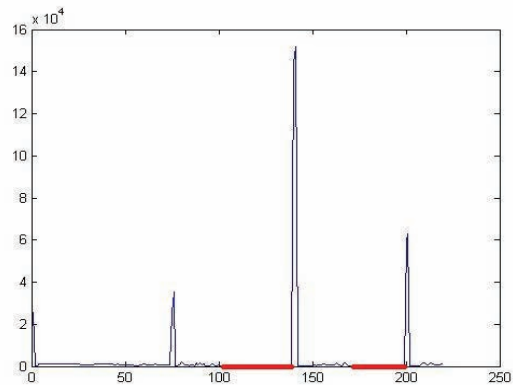
Obrada videa se vrši okvir po okvir. Kada je učitani prvi okvir, algoritam preskače bilo kakve proračune pošto je potrebno upoređivanje dva uzastopna okvira. Nakon učitavanja narednog okvira počinje računanje temporalne vrednosti, tj vrednost razlike između trenutnog i prethodnog okvira. Kada imamo meru razlike između dva okvira izračunavamo gradijent te mere da bismo mogli detektovati i najmanji mogući pokret. Na osnovu detekcije pokreta i na osnovu gradijenta mere pokreta donosimo odluku da li je došlo do ponavljanja ili ne. Ukoliko jeste došlo do ponavljanja povećava se brojač ponovljenih okvira, a ukoliko nije proveravamo da li je taj okvir prvi nakon minimalno 8 ponovljenih okvira i ukoliko jeste imamo detekciju da je slika bila zamrznuta i prag postavljamo na početnu vrednost. Ako nije bilo više od 8 ponovljenih okvira ispitujemo da li je došlo do promene scene. Ukoliko je došlo do promene scene postavljamo vrednost praga na početnu, a ako nije adaptiramo vrednost praga (po zaštićenoj formuli koja je i ključ samog algoritma) u skladu sa poslednjom merom količine pokreta i prethodnom vrednosti praga. Dakle, dok god okvir nije ponovljen i nije bilo promene scene prag se podučava sa svakim okvirom. Dijagram promene količine pokreta između dva uzastopna okvira u okviru jednog testnog video sadržaja prikazan je na Slici 4.

IV. REZULTATI I ANALIZE

Za procenu karakteristika predloženog sistema za detekciju zamrzavanja video sadržaja imali smo dva scenarija : (i) SD i HD video sadržaji gde je zamrzavanje uneto veštački i (ii) video sadržaj koji je dobijen sa uređaja za prijem digitalnog TV signala (STB) [8] gde je na ulaz STB doveden DVB-S signal.

Za prvi scenario su izabrani video sadržaji različite prirode, sa različitim količinom pokreta i različitim

sadržajem. Testirani video sadržaji uključuju vesti, filmove, dokumentarne filmove, reklame, sport, itd.

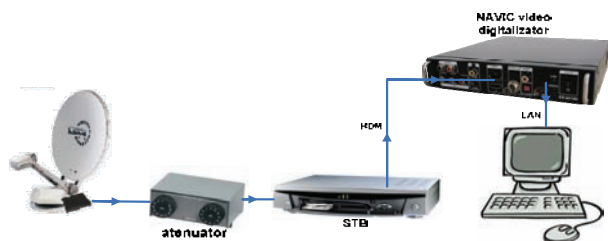


Slika 4. Dijagram pokazuje razliku u količini pokreta između dva uzastopna okvira, crvenom bojom su označeni ponovljeni okviri.

Tabela 1. Rezultati za 5 test sekvenci.

Ime sekvence	Broj frejmova	Broj promena scene	Početak smrzavanja slike	Kraj zamrzavanja slike	Broj detektovanih promena scene	Detektovano zamrzavanje
reklama	220	1	21	50	3	2
			102	150		
			191	201		
Dokumentarni film	220	0	51	100	2	0
			151	170		
vesti	220	0	51	80	0	2
			151	170		
film	220	1	101	140	1	2
			171	200		
film	533	6	21	50	4	6
			101	130		
			201	250		
			401	450		

U Tabeli 1. su nazivi video sadržaja koji generalno opisuju njihov sadržaj. U tim video sadržajima je veštački ubačeno zamrzavanje slike na više mesta, na različitoj poziciji i različite dužine trajanja (Tabela 1.). Svi video sadržaji su reprodukovani preko TVIX [9] uređaja za reprodukciju videa pa preko NAVIC-a su dalje slate na obradu u računar. Pošto u ovom slučaju tačno znamo gde je video sekvenca zamrznuta i gde su promene scene ovaj slučaj je bio odličan za početno testiranje i ispravljanje grešaka. Rezultati testiranja na tim video sadržajima su pokazali da predstavljeni sistem ima tačnost od 95% detektovanih događaja zamrzavanja slike i 98% tačnosti u detekciji promene scene. Pogrešna detekcija zamrzavanja slike je primećena slučaju kada se zamrzavanje pojavilo na drugom okviru novog segmenta (Dokumentarni film iz Tabele 1.) i to je prouzrokovalo detekciju promene scene umesto detekcije zamrzavanja. Pogrešna detekcija se dogodila zbog toga što proces podučavanja praga traje minimalno 8 okvira, a ovde se zamrzavanje desilo na dugom okviru i prag je počeo pogrešno da se podučava da je statičan segment. Na kraju zamrzavanja imamo naglu promenu ali je detektujemo kao promenu scene jer je prag tako adaptiran.



Slika 5. Sistem za nadgledanje realnog DVB-S signala u realnom vremenu

Za drugi scenario osmišljen je poseban sistem koji se sastoji od : uređaja za reprodukciju DVB-S signala, atenuatora (Thrillic [10]), STB-a, NAVIC-a i računara (Slika 5.). Radi simulacije različite dužine zamrzavanja slike ubačen je atenuator između STB i uređaja za reprodukciju DVB-S signala i pomoću njega možemo uneti željeni nivo oštećenja signala u dB. STB demodulira i demultipleksira signal i šalje ga NAVIC-u koji okvire preko LAN-a šalje računaru. Takav test nam omogućava da procenimo predloženi sistem u realnom slučaju. Testiran je veliki broj emitovanih kanala koji su imali različit sadržaj zbog što veće tačnosti rezultata. U ovakvom testiranju takođe postoje još dva scenarija : (i) slučaj bez atenuatora kada merenja vršimo samo na osnovu slabljenja koja su nastala u kanalu za prenos signala i (i) slučaj kad atenuatorom unosimo slabljenje u DVB-S signal. U slučaju detekcije promene scene skoro sve promene scene su pravilno detektovane osim jedne u kojoj je došlo do nagle promene osvetljenja (blic fotoaparata)

Takođe imamo i detekciju zamrzavanja prilikom promene kanala, mada tu i postoji zamrzavanje jer STB pri prebacivanju sa jednog na drugi kanal zamrzne sliku dok novi kanal ne bude spreman za prikaz. Takođe postoji i problem u sekvencama gde u toku jednog segmenta imamo više statičnih delova , npr. prikaz slike, i svaki statični deo se detektuje kao zamrzavanje. Algoritam je testiran i na prenosu fudbalske utakmice i tu se pokazao takođe dobro; sve je detektovano kako je i očekivano, a odlično se pokazao i na usporenim snimcima u toku meča.

U drugom slučaju kad je zamrzavanje uneseno pomoću atenuatora svako zamrzavanje izazvano na taj način je detektovano ukoliko je trajalo duže od 8 okvira ili se nije pojavilo pre 8. okvira u novom segmentu.

V. ZAKLJUČAK

U ovom radu je opisan algoritam za detekciju zamrzavanja slike i multimedijalni sistem za nadgledanje zamrzavanja u realnom vremenu koji je razvijen radi procene karakteristika algoritma. Da bismo testiranje izvršili u realnom scenariju testirali smo predloženi sistem sa realnim DVB-S signalom sa i bez unetog slabljenja. Rezultati testiranja su pokazali da je naš sistem velike tačnosti i da je robusan za različite video formate i različite slučajeve testiranja.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije, projekat 32029, od 2011. godine.

LITERATURA

- [1] K. Rao, Z. Bojkovic, D. Milovanovic "Introduction to Multimedia Communications", Wiley, NJ, USA, 2006. ISBN 13978-0-471-46742-1.
- [2] S. Wolf, "A No reference (NR) and Reduced Reference (RR) Metric for Detecting Dropped Video Frames", 4th International Workshop on Video Processing and Quality, Scottsdale Plaza Resort Scottsdale, Arizona, U.S.A. January 14-16, 2009.
- [3] S. Tao, J. Apostolopoulos, R. Guerin, "Real-Time Monitoring of Video Quality in IP Networks", IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol.16, No. 5, Oct. 2008, pp. 1052 – 1065.
- [4] Network Attached Video Capture device – NAVIC RT-AV100, <http://www.rt-rk.com/audiovideo-capture-devices/navic.html>
- [5] V. Zlokolica, V. Pekovic, N. Teslic, T. Tekcan M. Temerinac, "Video Freezing Detection System for End-user Devices", Consumer Electronics (ICCE), 9-12 Jan. 2011, Las Vegas, NV.
- [6] T. Liu, H. Yang, A. Stein, Y. Wang, "Perceptual quality measurement of video frames affected by both packet losses and coding artifacts", International Workshop on Quality of Multimedia Experience, 2009.
- [7] Ghanbari M with Q Huynh-Thu, "No-reference temporal quality metric video impaired by frame freezing artifacts", IEEE Int. Conf. on Image Processing (ICIP 2009), Cairo, Nov 7-10.2009.
- [8] set-top box (STB), http://en.wikipedia.org/wiki/Set-top_box.
- [9] TVIX M-4100SH multimedia player, <http://www.pjbox.co.uk/TVIX-M-4100SH-Multimedia-Player.htm>
- [10] Trilithic's RSA series rotary attenuator 3510-SMA, <http://www.trilithic.com/RFA%20and%20Microwave%20Components/Products/Rotary%20Step%20Attenuators/Rotary%20Step%20Attenuators.html>.

ABSTRACT

This paper describes implementation and evaluation of real-time system for frame-freezing detection in video signals. Frame freezing effect is manifested in cut scenes in video on end-user display devices, which significantly reduces visual quality. In order to efficiently monitor and detect this effect in multimedia systems we propose a real-time frame-freezing detection system that incorporates previously developed frame-freezing detection algorithm. For the system performance evaluation purpose a real-time system is developed with network audio-video capture (NAVIC) device which communicates with a computer through 1 GB LAN Ethernet based on UDP protocol. The proposed system has been evaluated on progressive video sequences in SD and HD format, which have been partly generated by manually inserting frame dropping and partly by "real case scenario - network transmission errors". The performance results in terms of time execution have shown that for SD sequences the proposed system works in real-time, while in case of full HD video format the video has to be spatially downscaled by factor of 4 for real-time performance. Testing is conducted on wide range of video sequences and on a real television signal via a set-top box. The results have own high accuracy and robustness (97%) of both the frame freezing and scene change detection.

REAL-TIME FRAME-FREEZING DETECTION SYSTEM EVALUATION

Darko Lulic, Zoran Marceta, Nikola Vranic, Vladimir Zlokolica, Miodrag Temerinac

**MIKROPROCESORSKI SISTEM ZA UPRAVLJANJE BUŠENJA I NAMOTAVANJA
TRANSPORTNE TRAKE ZA MIKROKOMPONENTE****MICROPROCESSOR CONTROL SYSTEM FOR DRILING AND WINDING TRANSPORT
TAPE FOR MICROCOMPONENT'S**

Nikola Radaković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu predstavljen je realizacija hardvera, drajvera i aplikativnog softvera uređaja (dodatnog modula) za upravljanje bušenja i namotavanja rolne (trake) u koje se postavljaju mikroelektronske komponente (varistori, tiristori, kondenzatori) radi distribucije do kupaca. Realizovani uređaj baziran je na PIC16F877 mikrokontroleru i predviđen je da radi kao dodatni modul na već postojećoj mašini „UT8000“ proizvedenoj od strane LASER TEK TAIWAN.

Abstract – This paper presents hardware, driver and software realisation of devices (additional modul) for the management of drilling and winding rolls (tape) in which are mounted microelectronic components (varistors, thyristors, capacitors) for distribution to the customers. The realized device is based on PIC16F877 microcontroller, and it's intended to serve as an additional module to an existing machine "UT8000" produced by LASER TEK TAIWAN.

Glavne reči: mikrokontroler PIC16F877, transportna traka, mikrokompone.

1. UVOD

Opšte poznata činjenica današnjice je da pasivne komponente u elektronici imaju ključnu ulogu u svim granama privrede. Ne postoji uređaj, aparat, koji u sebi ne sadrži integrisano kolo sa pasivnim elementima. Iz tog razloga, od kompanija koje proizvode pasivne komponente, zahteva se ispunjavanje ugovorenih obaveza u pogledu kvaliteta i tačnosti dostave traženih proizvoda. Svako kašnjenje ili reklamacija oštro se sankcionišu od strane kupaca, pa kompanija gubi novac, a pored toga gubi i ugled koji se danas teško vraća nazad.

Ovde je reč o komponentama koje spadaju u mikrotehnologiju. Da ne bi došlo do oštećenja prilikom distribucije, komponente se pakuju u kartonsku ili plastičnu traku (u daljem tekstu transportnu traku) tako što se postave u rupu (u daljem tekstu transportnu kućicu) koja je prethodno izbušena na transportnoj traci, a potom se providnom najlonskom tarakom iste širine prelepi transportna traka kako komponente ne bi ispale iz nje. Traka se dalje namotava u kolutove (rolne) i tako se dostavlja kupcu.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Veljko Malbaša, red.prof.

U jednoj rolnoj može da bude i do nekoliko stotina, pa i hiljada komada komponenti. S obzirom da se komponente pakuju u rolne i isporučuju u velikim količinama, veoma je važno da traka bude izbušena na pravilan način i da je pravilno namotana u rolnu. Ako to nije slučaj, kupac prilikom otpakivanja komponenti može da ošteti komponente, jer kako se radi o velikim količinama komponenti po jednoj rolnoj, jasno da je i proces otpakivanja komponenti iz rolne takođe automatizovan, kao i proces pakovanja, i da uređaj koji otpakuje komponente može iste da ošteti (ili da se javi neki drugi problem). Ukoliko takav proizvod (rolna) dođe do kupca, kupac ima pravo na reklamaciju, čime kompanija gubi novac, jer kupcu mora da dostavi novi proizvod (rolnu).

2. IDEJNO REŠENJE

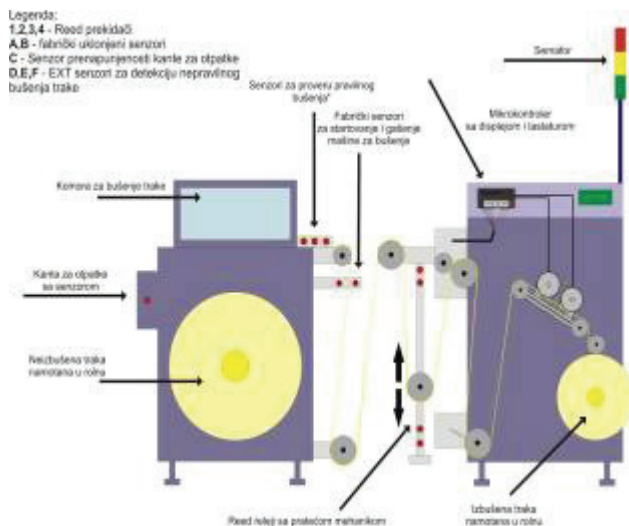
Zadatak mašine „UT8000“ je da buši transportne kućice koje se nalaze na rastojanju jedna od druge 1-2mm gledano od centra jedne kućice do centra sledeće (zavisi za koju vrstu komponente se traka buši) i da istu namotava na kolut. Po ustaljenoj deklaraciji taj razmak ne sme da pređe prag tolerancije, a pravilo glasi:

Ukupan razmak ne sme da bude veći od 5mm na 1000mm transportne trake.

Svako odstupanje smatra se greškom i proizvod se odlaže kao škart, a ukoliko je dostavljen kupcu, dolazi do reklamacija.

Idejno rešenje zasniva se upravo na pragu tolerancije koji ne sme biti narušen. Princip rada zasnovan je na tome da mikrokontroler upoređuje rezultate dobijene iz enkodera i obradom podataka, mikrokontroler će reagovati u skladu s dobijenim rezultatom tj. ukoliko je razmak prešao 2.5mm aktiviraće „warning signal“, a ukoliko su narušene granice praga tolerancije aktiviraće „alert“ signal i zaustavće mašinu za bušenje.

Što se tiče brzine namotavanja, postojeći sistem u sebi sadrži fabrički ugrađene senzore za ubrzavanje i usporavanje namotalice, ali pokazalo se da tako realizovani sistem ne funkcioniše dobro i da ga je potrebno promeniti. Mašina za namotavanje trake ima dva režima rada, brži i sporiji, koji aktiviraju senzori postavljen na mašini za bušenje trake. Na slici 1 vide se senzori za ubrzavanje i usporavanje mašine za namotavanje trake, koji su postavljeni od strane proizvođača. Ovi senzori su uklonjeni i umesto njih postavljen je elektro-mehanički (sa „reed“ relejima) sistem koji se vidi na slici 1.



Slika 1. Gruba skica mikroporocorskog sistema za regulaciju bušenja i namotavanja transportne trake sa predstavjenim fabričkim (sklonjenim) i dodatnim senzorima.

3. REALIZACIJA HARDVERA

Napajanje modula, enkodera i semafora preuzeto je sa mašine za bušenje transportne trake. Jasno je da pre nego što se počne projektovati električno kolo, neophodno je da izaberemo odgovarajući mikrokontroler.

3.1. Mikrokontroler

Za ovaj projekat izabran je mikrokontroler **PIC16F877** od kompanije „**Microchip**“. Električna šema povezivanja mikrokontrolera i ostale prateće elektronike data je na slici 2.

Napajanje mikrokontrolera je 5V. Maksimalno napajanje **PIC16F877** mikrokontrolera, po karakteristikama koje

daje proizvođač iznosi 6V, dok je minimalno 2V. Baš iz tog razloga na ulaz napajanja PIC mikrokontrolera postavljena je dioda koja ga štiti od prenapona. Kondenzator C8 je postavljen da redukuje sve moguće smetnje koje se mogu javiti u izvoru napajanja.

Kao što se može videti sa slike 2 napajanje od 24V dovodi se na naponski regulator LM7805 i prosleđuje dalje. Kondenzatori C1, C2, C3 služe za stabilizaciju napona.

Sa mikrokontrolerom povezan je kristal u vrednosti od 16,384[MHz]. Vrednost od 16,384[MHz] određena je na osnovu USART Baud Rate Generator-a (reč o 8-bitniom Baud Rate Generator-u) PIC mikrokontrolera. Formula za određivanje brzine takta (tj baud rate-a) je:

Manja brzina:

$$\text{baud rate} = \frac{f_{\text{oscilatora}}}{64 (x+1)} \quad (1)$$

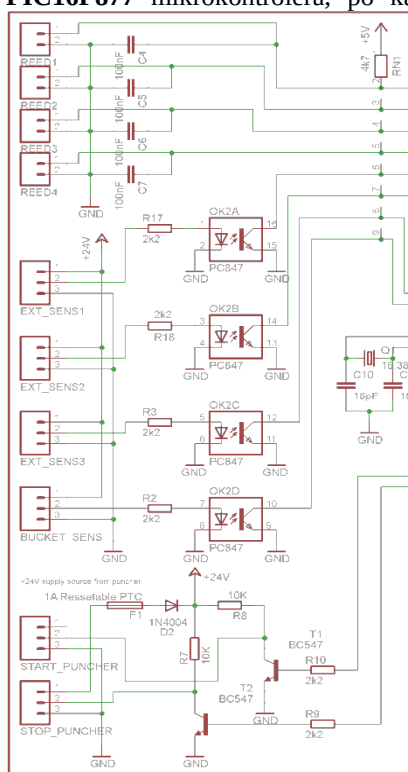
Veća brzina:

$$\text{baud rate} = \frac{f_{\text{oscilatora}}}{16 (x+1)} \quad (2)$$

X je vrednost u SPBRG registru koji može da bude od 0 do 255. Ovde dve brzine se menjaju u zavisnosti od flag-a u BRGH registru.

Paralelno sa njim povezana su 2 kondenzatora (C1 i C2) od 18pF (idealno bi bilo 15pF, ali nisu bili nabavljeni) koji imaju za ulogu smanjenje zalutalih oscilacija koje se mogu javiti u kristalu. Proizvođač je u specifikaciji proizvoda naveo kolika je očekivana „loading capacitance“ tj. učitanja kapacitivnost, ali ova vrednost se ne može direktno koristiti [1].

Formula za određivanje vrednosti C1 i C2 sastoji se od nekoliko varijabli. Prva je CP koja predstavlja parazitne



Slika 2. Električna šema uređaja

kapacitivnosti koja se mogu javljati u kolu (u žicama, utičnicama itd). Druga je ulazna kapacitivnost čipa C_L . Na kraju, dobiće se učitana kapacitivnost koja se označava sa C_L (koja je navedena u specifikaciji proizvođača). S tačke gledišta oscilatora kondenzatori su u seriji. To znači da vrednost koja je potrebna mora biti pomnožena sa 2. Krajnja formula izgleda ovako:

$$C = 2 \times C_L - (C_P + C_I) \quad (3)$$

Uglavnom se može proceniti da $(C_P + C_I)$ bude oko 5pF kao startna vrednost, tako da vrednost C_1 i C_2 se lako mogu odrediti.

3.2. Enkoderi, semafor, optokapleri

Spajanje enkodera ne zahteva veliku složenost. Jedino je bitno na koje pinove se spajaju enkoderi. Sa slike 2 se može videti da su enkoderi direktno vezani na portove na kojima se nalazi tajmer1 i interrupt. Pored toga, kao zaštita od VF smetnji, postavljeno je i RC kolo.

Pokretanje i zaustavljanje mašine za bušenje transportne trake realizovano je preko bipolarnih tranzistora. Naime, prebacivanjem tranzistora iz oblasti zasićenja u oblast zakočenja, postizemo da bipolarni tranzistor radi kao prekidač. Uloga prekidačkih bipolarnih tranzistora ogleda se u veoma malom naponu upravljanja, svega nekoliko volti, dok može da kontroliše napon od čak 24V [3].

U ovom projektu upotrebljena su dva ovakva tranzistora koja služe za zaustavljanje i pokretanje mašine za bušenje transportne trake kao i dva za uključivanje i isključivanje semafora (dioda).

Što se tiče kretanja i upravljanja modulom postavljena je gotova tastatura sa 4 tipke. Kao što se može videti sa slike, pull-up otpornici nisu postavljeni. Razlog tome je što „PIC16F877“ u sebi ima ugrađene otpornike od 10 kΩ na PORTB pinovima. Pored konektora za tastaturu, postavljeni su takođe i konektori za ICSP (*In-Circuit Serial Programming*).

Za izbor displeja nije bilo nekih specijalnih kriterijuma, sem da bude prihvatljive cene. Iz tog razloga uzet je displej „LCD modul 162C SEREIES“. Trimer R6 je postavljen radi regulacije osvetljenja displeja. Ostatak povezivanja displeja sa mikrokontrolerom preuzet je sa internet stranice proizvođača.

Za regulaciju brzine namotavanja, mašina za namotavanje trake u sebi sadrži 2 optička senzora koji služe kao prekidači za regulaciju brzine namotavanja trake. Radi se o laserskim sensorima koji koriste modulirani signal. Dakle, postoji izvor signala kao i prijemnik signala. Sklanjanjem tih senzora, promena brzine je nemoguća bez projektovanja odgovarajućeg kola koje će to omogućiti. Jedno od jednostavnih rešenaj je postaviti optokapler.

S predajne strane (uzmimo npr. LO_SENS, pinovi 1 i 2 na konektoru) dolazi modulirani signal (frekvencije nekoliko desetina Hz) na prvi tranzistor u optokapleru. Prvi tranzistor prosledjuje signal drugom. Ukoliko mikrokontroler uključi drugi tranzistor u optokapleru, drugi tranzistor vraća isti signal na konektor, pinovi 3 i 4. Mikrokontroler u mašini proverava signale i prebacuje mašinu za namotaje na manju brzinu. U zavisnosti od signala, dobijenih od HI_SENS i LO_SENS mašina može da se nađe u sledećim režimima rada:

- HI_SENS i LO_SENS uključeni – mašina za namotaje staje;
- HI_SENS isključen, LO_SENS uključen – namotalica na manju brzinu;
- HI_SENS uključen, LO_SENS isključen – namotalica na veću brzinu.

Brzina namotavanja trake reguliše se pomoću „reed“ releja. „Reed“ releji (ili prekidači) predstavljaju elektromagnetne prekidače kojima upravlja primenje magnetno polje. Sastoje se od para kontakata napravljenih od fero materijala koji su postavljeni u staklenu, hermetički zatvorenu, kutiju (kovertu). Kontakti mogu biti konstantno otvoreni i da se zatvaraju kada se magnetno polje pojavi ili da su konstantno zatvoreni i da se otvore kada se magnetno polje pojavi [1].

Na slici 3.1.13. vide se i „pull-up“ otpornici koji su postavljeni jer na pinovima mikrokontrolera (PORT_A) ne postoje ugrađeni „pull-up“ otpornici. Kondenzatori koji se vide na slici postavljeni su kao zaštita od mogućih oscilacija, gličeva koji mogu da nastanu.

Seriska komunikacija je ostvarena preko MAX485 i RS232 [2]. Sistem komunikacije je „halfduplex“ što znači da je komunikacija u oba smera, ali da prenos ne može da se vrši isto vreme u oba pravca.

4. SOFTVER (DRAJVER)

PIC mikrokontroleri do serije 16FXXX programiraju se u nižem programskom jeziku i to assembleru. Ono što treba napomenuti je da PIC mikrokontroleri imaju skup registara koji funkcionišu kao registri opšte i kao registri specijalne namene. Registri opšte namene služe za čuvanje promenljivih koje se definišu u inicijalizaciji. Registri specijalne namene upravljaju sa operacijama u mikrokontroleru. S obzirom da se radi o izuzetno velikom programskom kodu, sam kod neće biti predstavljen u ovom tekstu, već će se preko algoritama (slika 3.), predstaviti samo tok podprograma „WHEEL MANAGER“.



Slika 3. Tok podprograma „WHEEL MANAGER“

Kada se digne `MEASURE_FUNC_SWITCH_ON_OFF_flag`, merenje je izvršeno, a flag se može dignuti samo ako celo vreme (250 kućica) `WHEEL_STATUS` nije veći od 1 (merenje u redu). Bilo kakva greška uzrokuje postavljanje brojača na inicijalne vrednosti (nulu) i merenje ide iz početka, jer je prethodno nepouzđano.

akle kada se digne `MEASURE_FUNC_SWITCH_ON_OFF_flag`, dešava se sledeće:

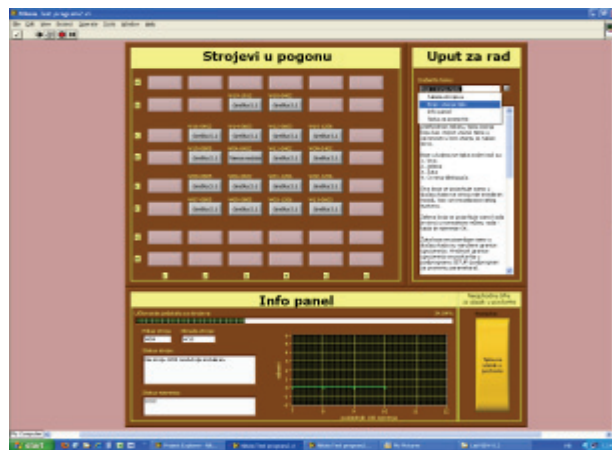
1. Obriši, resetuj brojače `SPROCKET_WHEEL_control`, `TMR1`, `SPROCKET_COUNTER` da bi bili odmah spremni za sledeće merenje;
2. Izračunaj razliku `FRICITION_PAR` i `FRICITION_RESULT` (16-bit) i odredi predznak `RESULT_SIGN` flag (oduzimamo predviđeni broj pulseva od stvarnog, izmerenog broja pulseva. „`RESULT_SIGN`“ određuje da li je dobijeni rezultat „+“ ili „-“. To znači ako je razmak manji od dozvoljenog znak je minus. Ako je razmak veći od dozvoljenog znak je plus);
3. Dobijeni 16-bitni rezultat (`ACCbHI` i `ACCbLO`) se ograničava na 8 bit (255), ako je `ACCbHI` veći od 0 tada se postavlja na 0 a `ACCbLO` se postavlja na 255 (0xFF);
4. Pomnožiti `ACCbLO` sa `FRICITION_1_PULSE` (8 bit). Budući da je `ACCb` ograničen na 8 bit-a dobiva se merni raspon od 0 do 33,9 mm. Ako se uzme u obzir `RESULT_SIGN` bit tada je raspon merenja +/-33,9 mm (33900µm);
5. Spremi izračunati rezultat odstupanja u µm u `MEASURE_HI(LO)_mm` (16 bit);
6. Oduzmi `ALARM_LENGTH_LIMIT_HI(LO)` i `MEASURE_HI(LO)_mm` (16 bit). Provera da li je izmereno odstupanje izvan zadanih `ALARM` limita i ako je postavi `ALARM_LENGTH_flag` koji signalizira alarm;
7. Ako nije alarm onda oduzmi `WARNING_LENGTH_LIMIT_HI(LO)` i `MEASURE_HI(LO)_mm` (16 bit). Provera da li je izmereno odstupanje izvan zadanih `WARNING` limita i ako je postavi `WARNING_LENGTH_flag` koji signalizira upozorenje.

Vrednost iz `MEASURE_HI(LO)_mm` varijable se pretvara u ASCII za prikaz na ekranu. To se naravno radi u podprogramu `DISPLAY_HANDLER`.

5. SOFTVER (APLIKACIJA)

Aplikacija je programirana u programskom paketu „`LabVIEW`“. Na slici 4. vidi se da je korisnički interfejs podeljen na 3 informaciona dela. Blok koji je označen sa „`Strojevi u pogonu`“ služi da predstavi sve mašine (hrvatski naziv „strojevi“) koje se nalaze u pogonu. Svaka mašina predstavljena je dugmetom u obliku pravougaonika iznad kojeg piše oznaka stroja kao i profil trake koja se buši. Stanje mašine opisano je bojom dugmeta kao i tekstom koji se nalazi u njemu. Boja i tekst na dugmetu se menjaju u zavisnosti od režima rada u kom se mašina trenutno nalazi.

Pored bloka „`Strojevi u pogonu`“ s desne strane nalazi se blok „`Uput za rad`“ u kome se nalaze uputstva (na



Slika 4. Korisnički interfejs koji upravlja celim mikroprocesorskim sistemom

hrvatskom „*uputi*“) za rad s programom. U ovom informacionom bliku nalazi se padajući meni pomoću kojeg operater otvara uputstva za rad sa aplikacijom. U padajućem meniju postoje 4 naslova kao što se može videti na slici 4.

Treći informacioni blok je „*Info panel*“ koji služi da pokaže sve karakteristike selektovane mašine. Selektovanje mašine vrši se u informacionom bloku „*Strojevi u pogonu*“ pritiskom na dugme koje predstavlja jednu mašinu u pogonu. Dakle, u ovom bloku imamo informaciju koja se trenutno mašina obrađuje (progres bar), trenutno selektovana mašina koja je, status i merenje selektovane mašine.

6. ZAKLJUČAK

U opisanom sistemu postignuta je potpuna funkcionalnost. Senzorski modul je uspešno realizovan i implementiran kao jedan od modula mašine za bušenje i namotavanje trake. Sistem je testiran u realin uslovima i ponašao se kako je i zamišljeno.

Ideja za daljna unapređenja ima mnogo i dok se jedna grupa ideja odnosi na to kako sistem učiniti robusnijim zbog uslova u kojem se koristi (prašina, izloženost raznim mogućim udarima itd.), druga grupa ideja se razvija u smeru povezivanja ovog sistema u neki veći kao proširenje funkcija postojećeg.

7. LITERATURA

- [1]. „*Handbook of modern senzors – Physics, Designs and Aplications*“, Jacob Fraden, četvrto izdanje. 2010.
- [2]. „*The Art of electronics*“, Paul Horowitz, Winfield Hill, 2002 izdanje.
- [3]. „*Impulsna i digitalna elektronska kola*“, Laslo Nađ, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, 2008 izdanje.

Kratka biografija:

Nikola Radaković rođen je 1985. godine u Kutini, Republika Hrvatska. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Mikroročunarska elektronika odbranio je 2012. Godine.

SOLARNA ENERGIJA KAO ALTERNATIVNI IZVOR ENERGIJE**SOLAR ENERGY AS AN ALTERNATIVE ENERGY SOURCE**

Alen Kašić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – *Zadnjih nekoliko godina čovečanstvo se susreće sa burnim promenama u klimi i nedostacima u fosilnim gorivima. Uočljiv je trend povećanja potrošnje električne energije i permanentno povećanje cena fosilnih goriva. Zbog toga se svi polako okreću alternativnim izvorima energije, koja je kao prvo besplatna, a samim njenim korišćenjem smanjujemo upotrebu drugih energenata koji zagađuju našu okolinu.*

Abstract – *Last few years, humankind is faced with turbulent changes in climate and reduction in the fossil fuels. There has been an increasing trend of electricity consumption and permanent increase in price of fossil fuels. Therefore, everyone is slowly turning to alternative sources of energy, which is free, and therefore its use reduces the use of other energy sources that pollute our environment.*

Ključne reči: *Solarna energija, Solarni paneli, Solarno grejanje, Solarna ćelija*

1. UVOD

U narednim poglavljima govorićemo o solarnoj energiji. Krenućemo od osnovnih pojmova, pričaćemo o sunčevom zračenju, kretanju planete Zemlje, standardima koji su postavljeni, uticaju sunčeve energije na život na ovoj planeti, vremenskim zonama i mernim instrumentima koje koristimo kako bi došli do mnoštva podataka koji su nam potrebni.

U sledećem poglavlju bavimo se solarnom energijom u društvu. Energetska kriza je svakodnevna tema koja puni novinske članke i o kojoj se stalno priča na televiziji. Videćemo kakvi su planovi za budućnost najrazvijenijih zemalja Evrope. A biće govora i o onom što nas kao pojedince najviše i zanima, a to je upotreba solarne energije u domaćinstvu.

Posle toga celo poglavlje posvećujemo solarnim ćelijama, modulima i panelima. Objašnjavamo princip rada, ispitujemo koji su to materijali od kojih se prave ćelije i koji su to tipovi solarnih sistema. A ne smemo zaboraviti ni ostale delove solarnog sistema.

Pored proizvodnje električne energije solarno zračenje možemo koristiti i za zagrevanje vode i grejanje. Ovoj temi je posvećeno posebno poglavlje.

I na samom kraju prođiskutovaćemo rad programa "Solar" koji proračunava broj panela koji možemo instalirati na zadatu površinu i daje još dosta informacija

koje nam pomažu pri odabiru tipa panela koji ćemo instalirati.

2. SOLARNA ENERGIJA**2.1. Analiza sunčevog zračenja**

Na prosečnoj udaljenosti planete Zemlje od Sunca, u zavisnosti od sunčevih aktivnosti, na upravnu površinu u svakoj sekundi pada između 1307 i 1393 W/m². Ovo zračenje se zove ekstraterestrično jer je u pitanju zračenje dostupno izvan zemljinog vazdušnog omotača.

Temperatura Sunca na površini je oko 5778K, pri čemu se izrače talasi od gama do radio spektra. 99% zračenja spada u opseg 0.2-5.6μm, 80% u 0.4-1.5μm a maksimum je na 0.48μm. Zračenje sa Zemlje je 160.000 puta manje po intenzitetu od Sunčevog i spada u oblast infracrvenog zračenja u opsegu 4-25μm sa maksimumom na 9.7μm. Dakle, najveći izvor zračenja za planetu Zemlju jeste Sunce, pri čemu se direktno dolazno zračenje sa Sunca na površinu Zemlje zove direktna solarna iradijacija. Zračenje koje dolazi do spoljnih ivica atmosfere zove se ekstraterestrično zračenje. Ekstraterestrično zračenje može kada dođe na površinu atmosfere da apsorbuje, odbije ili transmituje kroz atmosferu. Šta će se desiti zavisi od fizičkih parametara medijuma kao i njihove raspodele, od talasne dužine incidentne-dolazne svetlosti, ugla pod kojim pada na površinu. Transmisijom se menja brzina i talasna dužina talasa ali frekvencija ne. [1]

2.2. Iradijacija i insolacija

Iradijacija i insolacija se često smatraju terminima istog pojma, direktno u funkciji energije Sunca, ali ipak postoji razlika. Ona proizilazi iz uopštenosti iradijacije u odnosu na insolaciju.

Totalna iradijacija se definiše kao količina dolazne zračene energije od strane bilo kog izvora i bilo kojih talasnih dužina, ne samo vidljive svetlosti (vidljiva svetlost predstavlja samo deo spektra elektromagnetnog zračenja), koja u jedinici vremena padne normalno na jedinicu površine. Kada se odnosi na zračenje Sunca zove se solarna iradijacija ili insolacija.

Ovo zračenje u lokalnom vremenskom domenu je skoro konstantno, varirajući u hiljaditom delu tj. za nekoliko vati, po danu. Kada dospe do spoljašnje granice atmosfere Zemlje, iradijacija se definiše kao solarna konstanta (1367W/m²). Ranije ova veličina solarne energije se nazivala „flux zračenja“ na obodu atmosfere. Meri se uređajima pozicioniranim na satelitima (videti stranu Merni instrumenti zračenja Sunca i Zemlje). Dakle, iradijacija je opštiji pojam od insolacije. Međutim, postoje dve veličine "Irradiance" i "Irradiation" koje se prevode isto: Iradijacija. Njihova razlika je u fizičkoj jedinici: Prva predstavlja snagu po jedinici površine W/m², dok druga

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Velimir Čongradac, docent.

energiju po jedinici površine J/m^2 . Danju, kada se analizira intenzitet vidljivog dela spektra, analogna iradijaciji za dati opseg talasnih dužina, definiše se pomoćna veličina iluminacija („Illuminance“- osvetljenost) sa jedinicom mere lm/m^2 (lumen po kvadratnom metru) ili lx (lux).

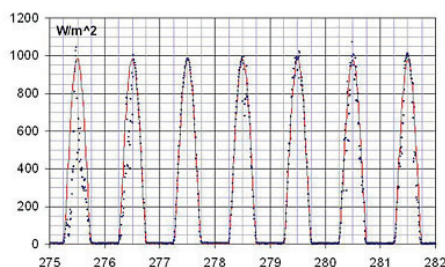
Snaga zračenja Sunca $\approx 3.84 \cdot 10^{26} W$,

$$E \cdot (4 \cdot \pi \cdot R^2) = 3.84 \cdot 10^{26} W$$

$$I = E \cdot (4 \cdot \pi \cdot R^2) / (4 \cdot \pi \cdot r^2) = E \cdot (R/r)^2 \quad (1)$$

pri čemu je E intenzitet zračenja na Suncu, R poluprečnik Sunca ($2R = 1.319 \cdot 10^6 km$), r rastojanje od centra Sunca gde se posmatra iradijacija.

Količina solarne energije koja prođe atmosferu i dospe na površinu planete zavisi od geografske širine, godišnjeg doba, doba dana, vremenskih uslova, zagađenja atmosfere. Takvo zračenje se naziva insolacija („INcoming SOLar radiation“) ili incidentno Sunčevo zračenje. Na slici 1 je dat primer snimljene karakteristike insolacije (globalno Sunčevo zračenje) za 8 dana u godini, od 275-og do 282-og dana, energija dospela na površinu u jedinici vremena na jedinicu površine.



Slika 1. Primer promene insolacije u toku nekoliko dana

3. SOLARNI PANELI

3.1. Solarna ćelija, solarni modul

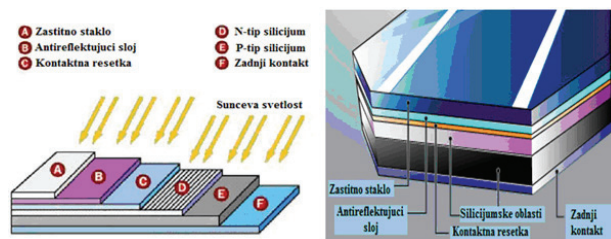
Solarna ćelija je poluprovodnički uređaj koji pretvara solarnu energiju direktno u električnu pomoću fotoelektričnog efekta (emisija elektrona iz metala pod dejstvom svetlosti). Sama solarna ćelija jeste sastavljena od većeg broja dioda, pn spojeva, koje rade u četvrtom kvadrantu I-V izlazne karakteristike. Fotonaponska konverzija generiše par elektron-šupljina pod dejstvom upadne svetlosti, energija fotona je dovoljna za prelazak elektrona iz valentne zone u provodnu. [2],[3]

Solarne ćelije se mogu povezati redno, paralelno, ili kombinovano, sve zavisi od projektovane snage ćelije. Napon koji se dobija na izlazu zavisi od tipa ćelije i može biti 0.3-0.7V, uz gustinu struje od oko nekoliko desetina mA/cm² zavisno od snage sunčevog zračenja, ali i o spektru zračenja.

Materijali koji se koriste za izradu solarnih ćelija su: silicijum (Si), germanijum (Ge), galijum-arsenid (GaAs), galijum-fosfid (GaP), kadmijum-sulfid (CdS), kadmijum-telurid (CdTe), kadmijum-selenid (CdSe), indijum-fosfid (InP), aluminijum-antimonid (AlSb) i drugi.

Poprečni presek jedne tipične solarne ćelije, ma kog tipa bila prikazan je na slici 2 (uzeta je silicijumska solarna ćelija za primer). Prvi sloj je zaštitno staklo tj. SiO₂, koje štiti ćeliju od spoljašnjih uticaja. Ispod je antireflektni sloj

koji smanjuje refleksiju svetlosti i obezbeđuje da što više energije dospe do poluprovodnika (povećava se iskorišćenje ćelije). Zatim se nalazi sistem transparentnih elektroda, TCO. On kontaktira poluprovodnik sa pn spojem u kome se vrši zahvatanje fotona Sunčeve svetlosti. Sa donje strane je metalizacija-zadnji kontakt.



Slika 2. Poprečni presek solarne ćelije

Fotonaponska ćelija se sastoji od materijala poluprovodnika kao što je silicijum, koji se dopuje fosforom u prvom N-silicijum sloju za negativno naelektrisanje i borom P-silicijum u drugom za pozitivno naelektrisanje. Silicijum se koristi jer je najobilniji element nađen u prirodi (u pesku) i ima specijalne hemijske karakteristike, gde atom silicijuma sadrži 14 elektrona koji su podeljeni u tri orbitale, odnosno prstena. Unutrašnja dva prstena su potpuno puna, ali treći prsten je polu pun i sadrži 4 elektrona od mogućih 8 mesta. Kada se dva atoma silicijuma spoje, kreira se čvrsta veza i nema slobodnih elektrona koji mogu da prenose električni tok. Zbog ovih čvrstih veza se u silicijum dodaju „nečistoće“ kao što je fosfor i bor. Atom fosfora ima 5 elektrona u spoljašnjem prstenu, a veza između silicijuma i fosfora ostavlja jedan slobodan elektron. Kada sunce reaguje na ove atome, uz malo energije se peti, slobodni elektron fosfora, oslobađa. Ovi elektroni slobodno putuju kroz kristalnu mrežu, tražeći slobodno mesto da se povežu i tako se stvara strujni tok. [4]

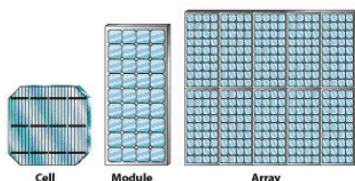
Drugi deo je dopovan borom, koji ima samo tri elektrona u svom spoljašnjem prstenu i naziva se P-tipom silicijuma, zbog pozitivnog naelektrisanja. Ovakva struktura nema slobodne elektrone, ali ima jedno prazno mesto koje može da prihvati slobodan elektron koji „šeta“ po strukturi i tako stvara električni tok, odnosno struju.

3.2. Solarni panel

Maksimalni izlazni napon individualne solarne ćelije iznosi oko 600-700mV, pa se ćelije serijski povezuju kako bi se dobio željeni napon. Najčešće se oko 36 ćelija serijski povezuje stvarajući module nominalnog napona od 12V. [5] Snaga koju proizvodi jedna fotonaponska ćelija je relativno mala pa se u praksi više ćelija povezuje u grupu čime se formira fotonaponski modul. Prema projektovanoj snazi moduli se spajaju redno i/ili paralelno, čime se formira fotonaponski panel koji proizvodi struju, napon i snagu znatno većeg intenziteta, slika 3. Kada se integrišu više panela dobija se polje solarnih panela ili solarna elektrana. Danas se instaliraju solarne elektrane velikih snaga od 1MW pa čak 790MW („Diablo Canyon“). Pored solarnih elektrana danas se sve više koriste solarni sistemi u domaćinstvima, trgovačkim molovima, ispitnim stanicama, itd. Tako se obezbeđuje delimična ili potpuna autonomnost napajanja. Razlikujemo dva načina povezivanja: in-grid i on-grid. In-grid

obežbeđuje potpunu samostalnost, dok on-grid razmenjuje energiju sa distributivnom mrežom.

Paralelnim vezivanjem panela povećava se struja celokupnog sistema, a rednim vezivanjem dobija se veći napon.



Slika 3. Solarna ćelija, modul, panel

4. SOLARNO GREJANJE I KOLEKTORI

Solarno grejanje je proces zagrevanja prostora, vode ili vazduha pomoću konvertovane sunčeve energije. [6] Sunčeva energija zračenja se pretvara u toplotnu energiju uz pomoć toplotnih prijemnika sunčeve energije koji se obično zovu solarni kolektori. Energija može biti korišćena za grejanje prostora za boravak ljudi, tople vode za bazene ili vazduha za staklene bašte. Bilo koja površina izložena sunčevom zračenju može biti prijemnik toplote. Nekoliko jednostavnih pravila određuju oblik, vrstu i izgled solarnih prijemnika. Tamne površine više upijaju zračenja nego svetle, ukoliko je površina normalna na pravac zračenja dovoljna je manja površina prijemnika, ukoliko je prijemnik od metala tada se lakše prenosi toplota na radni fluid a izolacija prijemne ploče od okolnog prostora povećava efikasnost pretvaranja toplote. Za solarno grejanje u domaćinstvima se najčešće koriste ravni solarni sistemi mada je u Kini, zbog jeftinih kolektora, popularan tip sa vakumiranim cevima. Sastavni deo instalacije za solarno grejanje su redovno rezervoari a često i izmenjivači toplote. Ovako dobijena voda se koristi obično za sanitarne svrhe ali i za grejanje prostorija. Zbog niže temperature vode u cevima, obično se uz solarne panele preporučuje podno grejanje.

Komponente solarnog sistema su: solarni kolektori, spremnici toplote - bojleri, solarna regulacija, ekspanzioni sud i solarni medijum. [7],[8]

5. ANALIZA PROGRAMA „SOLAR“

Program “Solar” je napravljen da nam pomogne pri instalaciji solarnih panela na “pametnu zgradu”. Program ima samo jedan ulazni parametar, a to je površina na koju će biti postavljeni solarni paneli. U našem primeru proračun će biti izvršen za dve vrste panela, zbog toga što ostali paneli ili nisu adekvatni za ovu površinu ili su štetni po ljudsko zdravlje ili su tek u razvoju. [9]

Glavni program poziva posebne funkcije koje se nalaze u posebnim M-datotekama BrojPanelaMonokristalni.m i BrojPanelaPolikristalni.m koje kako im i samo ime kaže vraćaju maksimalan broj panela određenog tipa koji je moguće instalirati na zadatoj površini. One će nam takođe dati podatke i o ukupnoj električnoj energiji koju ćemo dobiti od ugrađenih panela za jedan dan, mesec i godinu.

U našem primeru imamo poslovnu zgradu sa ravnim krovom raspoložive površine 500m². Korišćeni su modeli proizvođača SolarOne. Izabrana su dva modela poslednje generacije, monokristalni snage 300Wp i polikristalni

snage 280Wp, čije su cene 529,20 € i 480 € respektivno. Dobijeni rezultati su navedeni u tabelama 1 i 2.

Tabela 1. Monokristalni paneli

BROJ PANELA	DNEVNA ENERGIJA [kWh]	MESEČNA ENERGIJA [kWh]	GODIŠNJA ENERGIJA [kWh]
256	330,62	9.918,70	120.680

Tabela 2. Polikristalni paneli

BROJ PANELA	DNEVNA ENERGIJA [kWh]	MESEČNA ENERGIJA [kWh]	GODIŠNJA ENERGIJA [kWh]
258	310,99	9.329,80	113.510

Kao što možemo da vidimo iz tabela, na istoj površini možemo da instaliramo manji broj monokristalnih panela, što je posledica njegove veće površine, koja gledajući pojedinačno panel izgleda mala dok do izražaja dolazi pri povećanju površine na koju se paneli instaliraju. U tabelama 3 i 4 ćemo navesti osnovne podatke o korišćenim panelima.

Tabela 3. Monokristalni paneli

SNAGA [Wp]	CENA [€]	DIMENZIJE [mm]	POVRŠINA [m ²]
300	529,20	1956x996x50	1,9482

Tabela 4. Polikristalni paneli

SNAGA [Wp]	CENA [€]	DIMENZIJE [mm]	POVRŠINA [m ²]
280	480,00	1960x986x50	1,93256

Iz tabele vidimo da zbog razlike u površini pojedinačnih panela od 0,02 m², kasnije imamo dva polikristalna panela više. Monokristalni paneli koje koristimo su skuplji od polikristalnih, ali to kompenzuju većom snagom.

Cena monokristalnih panela je veća za 11.640,00 €, pa je logično da se odlučimo za ugradnju drugih. Greška! Program takođe izračunava isplativost. Računajući po subvencionisanoj ceni koju plaća EPS nama, imamo 1.648,00 € godišnje ako izaberemo sistem sa monokristalnim panelima. Na kraju, Solar nam izračunava

da će već posle sedam godina monokristalni sistem biti isplativiji.

6. ZAKLJUČAK

Mada korišćenje solarne energije deluje na prvi pogled kao skupa investicija videli smo da se ona itekako isplati na duži period. Nakon početnog ulaganja, obezbeđujemo delimičnu, polovičnu ili potpunu samostalnu proizvodnju električne energije. Prva prednost ovog vida energije koju ćemo osetiti je povećanje kućnog budžeta, koji sada neće biti opterećen računima za električnu energiju.

Svi smo čuli parolu „Misli globalno, deluj lokalno“. Svi mi kao pojedinci treba da krenemo da razmišljamo o upotrebi alternativnih izvora energije.

7. LITERATURA

- [1] Hu, C. and White, R.M., “*Solar Cells: From Basic to Advanced Systems*”, McGraw-Hill, New York, 1983
- [2] http://sr.wikipedia.org/wiki/Solarna_fotonaponska_energija
- [3] http://sr.wikipedia.org/sr-el/Фотоелектрични_ефе-кам
- [4] <http://ecoist.rs/>
- [5] http://en.wikipedia.org/wiki/Photovoltaic_cell
- [6] <http://unissgrejanje.com/solarni-kolektori.php>
- [7] <http://mcsolar.hr/suncevi-kolektori.php>
- [8] <http://www.mastersolar.rs/>
- [9] <http://www.solarna-tehnologija.com/sunceva-energija/>

Kratka biografija:



Alen Kašić je rođen 17. marta 1982. godine u Šibeniku. Osnovno obrazovanje je stekao u osnovnim školama „Mate Bujas“ u Šibeniku, „Dušan Jerković“ u Rumi i „Jovan Popović“ u Indiji. Odmah nakon završene osnovne škole upisuje Gimnaziju „Đorđe Natošević“ u Indiji prirodno-matematički smer. Po završetku srednje škole dolazi u Novi Sad gde se upisuje na Fakultet tehničkih nauka, odsek Elektrotehnika i računarstvo, smer Računarstvo i automatika. Nakon završene treće godine studija opredeljuje se za usmerenje “Automatika i upravljanje sistemima”.

PRENOS PODATAKA U SATELITSKIM KOMUNIKACIJAMA

DATA TRANSMISSION IN SATELLITE COMMUNICATIONS

Vladimir Rađenović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu opisan je prenos podataka u satelitskim komunikacijama kao i frekvencijski opsezi koji se najčešće koriste.

Opisano je kako se uspostavlja satelitski link i u kojim načinima prenosa se najčešće koristi. Analiziran je uticaj šuma na satelitsku vezu i vrste merenja.

Abstract – In this paper, data transmission in satellite communications is described, as well as band's usage. Satellite links are described and modes of transmission which are mostly used. The noise influence on satellite link and measurements are described.

Ključne reči: Satelitski prenos podataka, VSAT sistemi, ograničenja i problemi, uticaji šuma.

1. UVOD

Ovaj master rad ima za cilj upoznavanje osnovnog koncepta satelitskih veza i prenosa podataka u satelitskim komunikacijama. Glavni zadatak rada je da izloži koncept satelitskog prenosa u VSAT tehnologijama, sa opisom određenih problema i merenjima šuma/smetnji. Kao takav podeljen je nekoliko logičkih celina u kojima su opisani: Uopšteni delovi o satelitima. Oblasti pokrivanja satelitskog sistema, i u kojim opsezima se koriste. Kolika se površina zemlje pokriva sa određenim opsezima.

Digitalizacija analognog signala. Prenos audio signala i kodovanje govornog signala koji komprimuju audio signal. Frame relay, paketski prenos "back to back" putem satelitskog linka. Kod satelitskih komunikacija prenosni kanali su veoma širokog propusnog opsega, a prenos podataka se ostvaruje pri velikim brzinama.

Prenos satelitskog linka i njegova ograničenja i problemi. Da bi se obezbedio satelitski link moramo imati predajnik, prijemnik i komunikacioni satelit. Antenski sistem u obezbeđivanju satelitskog linka se sastoji od spoljašnje i unutrašnje opreme. Delovi jedinica ili elektronskih uređaja moraju da se programiraju i daljinski navode. Satelitski prenos u VSAT tehnologijama se vrši u SCPC prenosu a počinje da prevladava takođe i TDMA prenos.

Na kraju je opisan uticaj šuma/smetnje u satelitskim komunikacijama. Reagovanja digitalnih i analognih signala na šum i merenje signala/šuma analizatorom spektra.

2. OPŠTI DEO O SATELITIMA

Satelitske komunikacije se danas koriste uglavnom u tri orbite GEO, MEO i LEO, od kojih je trenutno GEO orbita najdominantnija.

NAPOMENA:

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

LEO (*Low Earth orbit*) sateliti se nalazi između 160 i 2000 km iznad zemlje i pokrivaju samo određene delove zemljine površine. Maksimalna pokrivenost ovih satelita je u prečniku od 1000km i koriste se najčešće za urgentne SOS komunikacije [1].

MEO (*Medium Earth orbit*) sateliti se nalaze na eliptičkoj orbiti iznad severnog i južnog pola ili u ekvatorijalnoj orbiti. Najčešće se koriste za geostacionarno pozicioniranje.

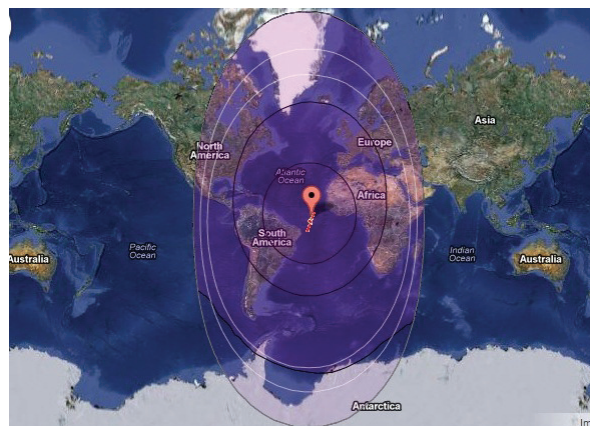
GEO (*Geostationary orbit*) - GEOstacionarna orbita se nalazi na oko 36000km iznad zemlje i koristimo je u raznim vrstama servisa kao što su mobilne satelitske komunikacije, radio komunikacije, vojne svrhe, telefonska satelitska komunikacija, satelitska televizija, itd.

2.1. Geostacionarni sateliti

Tipovi geostacionarnih satelita u kojima se pružaju komercijalne usluge u VSAT tehnologijama su najčešće C i Ku band. Na slici 1. predstavljeni je C band opseg.

C band downlink zauzima opseg: 3.7GHz – 4.2GHz, dok je uplink u opsegu 5.9GHz – 6.2GHz. C band opseg globalno pokriva celu zemlju. Sa nekoliko satelita pokriva Atlantski Okean, Indijski Okean i Pacifik.

Ku band opseg pokriva parcijalno celu zemlju u različitim hemisferama, opsezi su mu za downlink najčešće 11.7GHz – 12.2GHz, dok je za uplink od 14.0GHz – 14.5GHz [2].



Slika 1. Pokrivenost satelita u C band opsegu, IS-801

Prednosti GEO orbita su sledeće: S obzirom da je pozicija satelita, relativno u odnosu na Zemlju, stacionarna, ne postoje problemi sa *Doppler*-ovim efektom.

Praćenje satelita sa zemaljske stanice je pojednostavljeno. na visini od 36.853 km satelit može da komunicira sa četvrtinom zemaljske kugle, a sa tri satelita, razdvojenih za 120 stepeni moguće je komunicirati sa celom Zemljom, isključujući severni i južni pol.

3. DIGITALIZACIJA ANALOGNOG SIGNALA

Analogni signal je signal koji se neprekidno prenosi, ovaj tip prenosa je veoma neefikasan. Obično se vrši digitalizacija i digitalni prenos signala. Zbog toga je neophodno definisati brzinu odabiranja kojom će se vršiti uzorkovanje analognog signala.

Kako bi se izbegla izobličenja prema teoremi Shannon-Nyquist moramo da imamo brzinu odabiranja koja je bar dva puta veća od najveće frekvencije u frekvencijskom opsegu govora što znači:

$2 \times 4 \text{ kHz} = 8 \text{ kHz}$, svaki odabirak se digitalizuje sa 8 bita što rezultuje digitalnim protokom glasa od $8 \times 8 = 64 \text{ kbps}$.

Paralelno sa 44,1 kHz u upotrebu je uvedena i frekvencija odabiranja 48 kHz. Vremenom su, sa razvojem tehnologije A/D i D/A konvertora, uvedene u upotrebu i više frekvencije, ali uvek kao multipl osnovne vrednosti 48 kHz. Tako se danas standardno koriste frekvencije odabiranja 96 kHz i 192 kHz [3].

3.1. Digitalni kanali

Većina automatskih telefonskih centrala sada koristi digitalno prespajanje umesto mehaničkog ili analognog prespajanja. Vodovi kojima su centrale povezane takođe su digitalni i nazivaju se kolima ili kanalima. Za prenos tipičnog telefonskog poziva, analogni audio signal se digitalizuje po učestanosti od 8 kHz po uzorku, uz upotrebu 8-bitne impulsne kodne modulacije (PCM).

U okviru pristupne mreže, definisano je nekoliko referentnih tačaka. Većina njih je od interesa uglavnom za ISDN, ali jedna - V referentna tačka - ima opštiji značaj. To je referentna tačka između primarnog multipleksa i centrale. Protokoli na toj referentnoj tački su standardizovani u ETSI područjima kao V5 interfejs.

PSTN je uzajamno povezana sa mrežom preko SS7 switch-a (prespojnika) E1 veza.

3.2. G kodeci

Postoje tri grupe govornih kodeka:

- waveform kodeci
- vokoderi
- hibridni kodeci

Waveform kodeci se zasnivaju na kodovanju talasnih oblika.

Vokoderi se zasnivaju na entropijskom kodovanju (source coding). Baziraju se na matematičkim modelima vokalnog trakta.

Hibridni kodeci predstavljaju kombinaciju prethodna dva tipa. Daju dobar odnos između zahtevanog propusnog opsega i kvaliteta govora.

Preporuke G.7xx se odnose na govor.

G.711 predstavlja običan PCM sa sledećim karakteristikama:

- odabiranje svakih 125μs (8kHz)
- kvantizacija (uniformno sa 12 nivoa)
- kompresija (A zakon - μ zakon)
- protok 64 kb/s

Hibridni kodeci, ABS (Analysis by Synthesis) G.728 - LD-CELP (Low Delay - Code Excited Linear Predictive).

G.723.1 je audio kodek za govor koji treba da komprimuje glas, odnosno audio u okvire od 30 ms. Algoritmički

"lookahead" trajanja 7,5 ms znači da ukupno algoritamsko kašnjenje iznosi 37,5 ms. Njegov zvanični naziv je dvobrzinski koder govora za multimedijske komunikacije sa prenosom po 5,3 i 6,3 kbit/s [4].

Postoje dve brzine protoka po kojima G.723.1 može da radi:

- 6,3 kbit/s (koji koristi okvire od 24 bajta) i koristi MPC-MLQ algoritam (MOS 3.9)
- 5,3 kbit/s (koji koristi okvire od 20 bajta) i koji koristi ACELP algoritam (MOS 3.62)

G.729 ima protok od 8 kbit/s, Mos = 4.0, kašnjenje 15 ms (10 ms baferovanje + 5 ms look-ahead). Veoma je procesorski zahtevan.

G.729.B je uveo potiskivanje tišine.

G.729.D ima protok od 6.4 kbit/s i MOS = 3.8.

G.729.E ima protok od 11.8 kbit/s, veoma je kompleksan i robusan (može da podnese razne oblike šuma i gubitke paketa).

Postoji više faktora koji utiču na izbor kodeka:

- MOS
- kašnjenje
- zahtevani propusni opseg
- opterećenje procesora
- robustnost

3.3. Frame Relay

Govorni signali protoka 6.4kbps se prenose kroz 'back-to-back' Frame Relay preko satelitskog linka do multipleksa korisnika i obrnuto. Brzina protoka govora sa premašajem u FR se povećava sa 6.4kbps na približno 8kbps.

Enkapsuliranje Frame Relay-a je kao svaka jedinica informacije protokola (PDU - *protocol data unit*) i sastoji se od sledećih polja:

1. Polje za zastavicu

Zastavica se koristi za sinhronizaciju veze podataka visokog nivoa, koja označava početak i kraj bloka podataka jedinstvenim šablonom 01111110. Da bi se obezbedilo da se šablon 01111110 ne pojavi negde drugde u okviru, koristi se postupak ubacivanja i izbacivanja bitova.

2. Polje za adresu

Svako polje za adresu može da zauzme ili oktete (reči dužine osam bitova) 2 do 3, oktete 2 do 4, ili oktet 2 do 5, u zavisnosti od obima adrese koja se koristi. Dvo-oktetno polje za adresu sadrži EA=ADDRESS FIELD EXTENSION bit i /R=COMMAND/RESPONSE bit.

DLCI – bitovi za identifikator konekcije veze podataka.

Bitovi FECN, BECN, DE. Ovi bitovi prijavljuju zagušenje

3. Polje za informaciju

Sistemske parametar definiše maksimalan broj bajtova podataka koje računar-domaćin može da spakuje u blok odnosno paket.

4. Polje za proveru redosleda okvira (FCS, *frame check sequence*)

Mehanizam za detekciju grešaka u Frame Relay koristi cikličnu proveru redundanse (CRC, cyclic redundancy check) kao osnovu.

4. PRENOS I PRIJEM SIGNALA U VSAT SATELITSKIM KOMUNIKACIJAMA

Najčešći opsezi koji se koriste u VSAT satelitskim komunikacijama za komercijalne svrhe su C - band i KU - band.

Satelitska veza od korisnika do zemaljske stanice preko satelita mora ići odgovarajućim transponderima, slika 2.

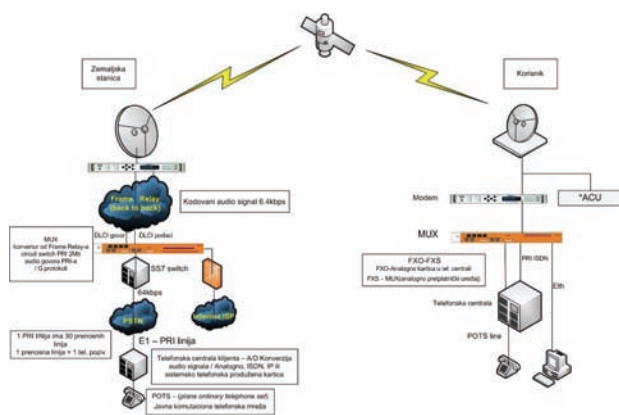
Oprema na korisničkom delu deli se na spoljašnju i unutrašnju opremu [5].

Spoljašnja oprema:

- Parabol Antena sa svim delovima, BUC, LNB, primopredajnik, FSK modemi, RF kablovi.

Unutrašnja oprema:

- ACU – *antenna control unit* - antenska kontrolna jedinica
- Satelitski modem
- MUX – multiplexer
- Ethernet, Voip i LAN ruteri i telefonski kablovi.



Slika 2. Satelitski link

U zavisnosti koji opseg koristimo, postoje različiti delovi opreme kao što su uređaji za IF ili L-band frekvencije koji služe za uspostavljanje satelitskog linka.

Ako se signal konveruje u L band-u oko 1GHz, radio frekvencija koju prima antena preko LNB (*low noise block-downconverter*) konvertuje frekvenciju C opsega ili KU-band opsega u L-band frekvenciju.

Q-PLL LNB imaju 4 različita opsega u LO frekvencijama, 9750, 10000, 10750, 11300, koje biramo koristeći različito napajanje (13V ili 18V) i različit takt (0kHz ili 22kHz).

Isto tako se L-band frekvencija konvertuje preko BUC (*block up converter*) u RF frekvenciju.

Ovo se radi preko LO (*local oscillator*) frekvencija koje se razlikuju u zavisnosti od opsega takođe.

Ako je u pitanju IF frekvencija koja se prima ili šalje, onda mora da se koristi radio - primopredajnik, koji uz pomoć programiranih LO frekvencija (U/C i D/C) konvertuje IF frekvenciju u RF frekvenciju određenog opsega i obrnuto.

RF infrastruktura – preko prijemnog koaksijalnog kabla vršimo komunikaciju unutrašnje opreme sa spoljašnjom opremom, gde komunikacioni signali deluju na različitim frekvencijama i ne ometaju prijemni signal satelitskog linka.

FSK modem koji služi takođe kao multiplexer i demultiplexer, vrši pristup određenim uređajima u anteni, i

takođe propušta neometano prijemni signal do antenske kontrolne jedinice i modema.

4.1. ACU i satelitski modem, osnove i princip

ACU – *antenna control unit* – antenska kontrolna jedinica je povezana sa modemom i (PCU) kontrolnom jedinicom postolja antene [6]. Preko ACU šaljem komande u PCU i tako koordiniramo antenom.

Osnovne karakteristike ACU su:

Inicijalizacija antene – Provera rada antene se izvršava na stabilizacionom sistemu.

Stabilizacija antene – nakon što se završi inicijalizacija, stabilizacija antene u realnom vremenu je automatska funkcija PCU. Antena se stabilizuje u tri ose kretanja.

Prijemnik za identifikaciju satelita – smešten je u ACU i koristi se da se dobije, identifikuje i prati određeni satelit pomoću jedinstvenog mrežnog ID koda (NID).

Traženje signala – bitno nam je da podesimo prag – *threshold* – koji odlučuje dokle će antena da traži satelit i kad će početi da ga prati i obrnuto.

Prag može da bude manualno podešen SCPC nosioci ili automatski što je slučaj kod TDMA. Podešen je najčešće oko 80 do 100 vrednosti ispod AGC-a - *automatic gain control*.

Operacija praćenja – Najčešći režim praćenja koji se koristi kod antene je varijacija Connical Scanning koji se naziva DishScan. Praćenjem se komanduje sa ACU.

Najčešći signali za praćenje su SCPC i NBIF.

SCPC signal, filterski opseg je oko 300kHz, on se najčešće koristi za korisnike koji imaju instaliranu L-band opremu i frekvencija za praćenje satelita je između 1-2MHz, veoma je širokog pojasa.

NBIF signal se koristi za praćenje satelita kod korisnika sa instaliranom IF opremom. Filterski propusni opseg je samo 30KHz. Frekvencijski opseg je otprilike oko 35 KHz, što znači da nam je frekvencija veoma uskog pojasa, stoga dodatno mora da se obrati pažnja na *offset* frekvenciju kako bi signal centralno pratio satelit.

Operacija polarizacije antene – Najčešće KU-band koristi linearnu polarizaciju. Cross pol – horizontalno vertikalna ili obrnuto. Copol horizontalno horizontalna ili vertikalno vertikalna

Neograničeni azimut – Azimutna rotacija antene je neograničena (nema mehaničkih graničnika).

Elevacija – antena se fizički može obrtati na elevaciji od - 15 stepeni do +120 stepeni.

Reflektor antene/Napojni sklop - Sastoji se od Hidroformiranog aluminijumskog reflektora (ogledala) sa cassegrain napojnim sklopom.

4.2. Satelitski Modem

Satelitski modem se koristi da uspostavi prenos podataka koristeći satelitsku komunikaciju.

Modem se povezuje sa antenskom kontrolnom jedinicom i multiplexerom. Preko modema se podešava prijemna i predajna frekvencija prema satelitu, brzina prenosa, način kodovanja koji se koristi, modulacija prenosa, demodulacija prijema, vreme klokovanja [6].

Najčešće modulacije su BPSK, QPSK, QAM, 8QAM, 16QAM.

Najnoviji modemi najčešće koriste TURBO ili LDPC FEC.

Framing – formiranje rama može biti isključeno, ili u najčešćem slučaju uključeno. Ako je uključeno, onda EDMAC (*Embedded Distant – End Monitor And Control*) omogućava daljinski pristup modemu putem RS 232 priključka, uz pomoć dodatnog uređaja.

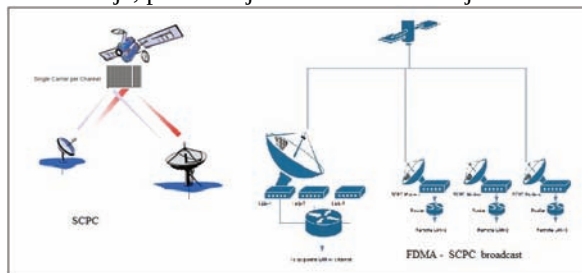
Interfejs povezivanja modema i MUX-a je uglavnom V.35 koji omogućuje protok do 8Mbps.

FEC – *forward error correction* – služi za popravku i zaštitu bitova, podataka u prenosu satelitskog linka. Može da bude 1/2, 3/4, 5/6, 7/8. Najčešći vidovi prenosa u VSAT satelitskim komunikacijama su SCPC i TDMA prenos.

SCPC – *single channel per carrier* – koristi pojedinačan signal za datu frekvenciju i propusni opseg. Svaki signal na KU ili C band-u može manualno da se nakači na satelit, jer je moguće da se vrši uživo monitoring za određeni frekvencijski opseg, i radio link navede ručno na satelit. Monitoring se vrši preko analizatora spektra - *spectrum analyzer* [7].

SCPC carrier se najčešće koristi za stabilnu satelitsku vezu. Velike naftne platforme, bušotine, brodovi kružeri, itd. Na slici 3. prikazani su sistemi SCPC i FDMA.

FDMA (SCPC širokopojasni), – *frequency division multiple access* – nije potrebna nikakva vremenska sinhronizacija, potrebna je samo sinhronizacija nosioca.



Slika 3. SCPC i FDMA prenos.

TDMA – *time division multiple access* – isključivo se koristi u digitalnom prenosu. Ovde je resurs vreme. Jedan vremenski interval se deli na *i* podintervala – slotova, koji se dodeljuju korisnicima. Jedan vremenski interval sa *i* slotova koji se ponavljaju naziva se okvir ili ram [1].

4.3. Ograničenja i problemi satelitskog linka.

S obzirom da se geostacionarni sateliti nalaze oko 36.000 km iznad zemlje, može da dođe do raznih problema sa satelitskim linkom.

Najčešći primeri ograničenja i problema satelitskog linka su:

Blokada – gubitak zbog objekta koji se nađe na putu signala od satelita do antene. $REL = Az - HDG$.

Propagacija signala – najčešće je usled atmosferskih neprilika – slabljenje usled kiše, snega, magle.

Praćenje sunca – solarna interferencija - svake godine u proleće mart/april i jesen septembar/ oktobar dolazi do smetnje praćenja sunca – *sun interference*, slika 5.2. U to doba godine, satelit se nalazi tačno između zemlje i sunca, što prouzrokuje da korisnik dobija mnogo jači signal/veći AGC i antena počinje da prati sunce umesto satelita.

Uticaj radara na antenu - *prilikom planiranja instalacije* antene, važno je proveriti gde se nalazi brodski radar.

Radar od 3cm je kritičan za KU-opseg antenu, a 10cm radar je kritičan za C-opseg antenu.

Satelitsko kašnjenje Totalno kašnjenje u jednom pravcu: $0.13s + 0.13s = 0,26s$, a totalno kašnjenje u oba pravca: $0,26s + 0,26s = 0,52s$.

Da li se HDG vrednost ažurira: Kod upotrebe NMEA-gyro, Gyro signal je priključen na interfejs (J13) kontrolne jedinice antene. Kada je signal pravilno priključen, nije moguće ručno promeniti HDG vrednost na ACU.

4.4. Postupci i uticaji merenja šuma.

Važan izvor šuma predstavljaju sateliti u orbitalnom položaju u blizini aktivnog satelita koji prenosi komunikaciju u datom trenutku. Snop antene okrenute ka satelitu sa zemaljske stanice ili sa satelita ka zemaljskoj stanici, nije savršeno cilindričnog oblika, kao laserski, i ima konusni oblik usmerenja.

Za merenje i pronalaženje šuma koristimo analizator spektra - *Spectrum Analyzer* [7].

Najčešće merimo snagu nosioca, i gledamo da li ima neki neželjeni signal koji ometa nosioca.

5. ZAKLJUČAK

Satelitske mreže su nezavisne i pružaju konstantnu konekciju. Ovaj sistem eliminiše potrebu da se koriste usluge konvencionalnog internet provajdera i telefonske linije što snižava troškove eksploatacije. Sveobuhvatni opseg može biti sačinjen u globalnu mrežu koja obuhvata globalni opseg pokriven sa različitim satelitskim opsezima. Jedna od budućnosti u VSAT tehnologijama jeste Ka opseg . Zbog ekonomičnosti TDMA preuzima vodeću ulogu u satelitskim komunikacijama.

6. LITERATURA

- [1] Satellite Basics, Dostupno na: <http://www.idirect.net/Company/Satellite-Basics/Frequency-Bands.aspx>
- [2] Satellites for every application, Dostupno na: <http://www.astrium.eads.net/node.php?articleid=7462>
- [3] Knjiga Audio Tehnika i Audio uređaji, autor dr Miomir Mijić.
- [4] Real-time Transport Protocol and G codec , Dostupno na: http://en.wikipedia.org/wiki/Real-time_Transport_Protocol
- [5] Cobham Antenna Systems, Dostupno na: <http://www.cobham.com>
- [6] VSATs: *Very small aperture terminals*, by John Everett. Peter Peregrinus, London, 1992.
- [7] Spectrum Analyzer, Dostupno na: <http://www.agilent.com>

Kratka biografija:



Vladimir Rađenović rođen je u Subotici 1981. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Telekomunikacije odbranio je 2012.god. Oženjen je i otac dvoje dece. Trenutno živi u Norveškoj i radi u oblasti satelitskih telekomunikacija.

OSNOVNE OSOBINE MPEG-2 STANDARDA**PROPERTIES OF MPEG-2 STANDARD**

Nikola Vučetić, Željen Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA

Kratak sadržaj – MPEG-2 sistemska specifikacija opisuje kako MPEG komprimuje audio i video podatke zajedno sa ostalim podacima tako da formiraju jedan signal pogodan za digitalni prenos ili skladištenje.

Abstract – The MPEG-2 Systems specification describes how MPEG-compressed video and audio data streams may be multiplexed together with other data to form a single data stream suitable for digital transmission or storage.

Ključne reči: MPEG-2, kompresija video signala.

1. UVOD

Razlikujemo dve vrste multipleksiranja: programski tok koji je usmeren ka skladištenju i ponavljanju pojedinačnog programa iz digitalnog skladišnog uređaja, i transportni tok namenjen za simultano primanje mnogobrojnih programa kroz kanal za prenos sa mogućom pojavom grešaka.

Obe vrste multipleksiranja olakšavaju uključivanje tzv. Programskih Specifičnih Informacija. Takođe koriste sisteme vremenskih oznaka i referentnog sata da osiguraju simultano ponavljanje srodnih elementarnih tokova i ispravno baferovanje pri dekodovanju. Postoji mnogo opcija za ubacivanje privatnih, odnosno korisnički definisanih dodataka.

Sem što opisuje kako se vrši multipleksiranje audio, video i drugih podataka u jedan signal, ovaj rad ima za cilj da nas upozna sa osnovnom i fundamentalnom terminologijom sistemskog sloja MPEG-2.

2. PROGRAMSKI I TRANSPORTNI TOKOVI

MPEG-2 sistemska specifikacija definiše dve mogućnosti multipleksiranja. Jedna se zove programski tok a druga transportni tok [2]. Svaka od njih je optimizovana za drugačije vrste aplikacija.

2.1. Programski tok

Multipleksiranje je zasnovano na već postojećem MPEG-1 multipleksiranju. Kao i kod MPEG-1 multipleksera, može da se smesti samo jedan program i namenjeno je za smeštanje i povratak programskog materijala iz digitalnog medijuma za skladištenje.

Programski tok je namenjen za korišćenje u okruženju bez grešaka jer je više osetljiv na greške.

2.2. Transportni tok

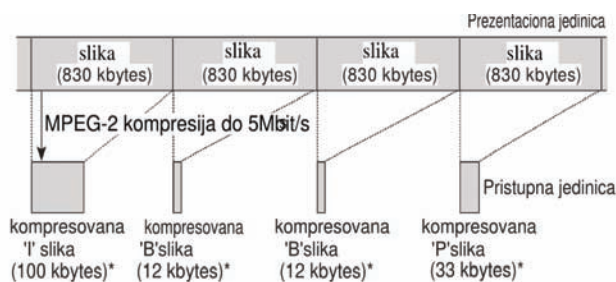
Multipleksiranje je predviđeno za višeprogramske aplikacije kao što je emitovanje kablovskih distributera,

tako da se u jedan transportni tok može smestiti više nezavisnih programa. To multipleksiranje obuhvata pakete veličine 188 bajtova u nizu i naziva se transportni paket. Korišćenje malih paketa fiksne dužine znači da transportni tok nije toliko osetljiv na greške kao programski tok.

Na prvi pogled se čini da je transportni tok bolji od programskog toka jer je otporniji na greške i može da nosi istovremeno više programa. Ipak, transportni tok je mnogo sofisticiraniji u odnosu na programski tok i mnogo ga je teže kreirati i demultipleksirati.

3. PREZENTACIONA JEDINICA I PRISTUPNA JEDINICA

Slika 1 prikazuje nekomprimovanu digitalnu video sekvencu koja će biti MPEG kodirana sa brzinom kompresije od 5Mbit/s. Svaka slika (koja može da se predstavi sa ramom ili poljem) u nekomprimovanom obliku, naziva se prezentaciona jedinica.



Slika 1. Komprimovanje prezentacione jedinice

Rezultat MPEG kodiranja video sekvence jeste niz video pristupnih jedinica. Taj niz pristupnih jedinica obuhvaćen je sa video elementarnim tokom.

4. ZAPAKOVANI ELEMENTARNI TOKOVI

Sledeći korak MPEG-2 multipleksiranja jeste konverzija svakog elementarnog toka u Zapakovani Elementarni Tok (ZET).

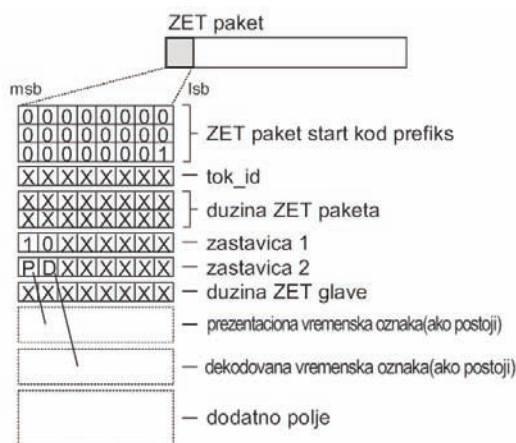
ZET paket se sastoji od glave paketa i korisnog dela paketa. Korisni deo paketa se sastoji od bajtova podataka koji su redom uzeti od originalnog elementarnog toka. ZET paketi mogu biti promenljive dužine ali maksimalno 64 kilobajta.

4.1. ZET glava paketa

Slika 2 pokazuje polja koja obuhvataju glavu ZET paketa. Prva četiri polja obuhvataju startni kod ZET paketa. Ta kombinacija 32 bita garantuje da početak ZET paketa bude baš tu.

NAPOMENA:

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



Slika 2. Glava ZET paketa

4.2. Tok id_bajt

Tok id_bajt međusobno razlikuje ZET pakete koji pripadaju datom elementarnom toku u okviru istog programa. MPEG specificira dozvoljene vrednosti za to polje, uključujući dozvoljena 32 za audio elementarni tok i 16 za video elementarni tok.

4.3. Zastavice

Zastavica 1 i zastavica 2 su bitski indikatori koji pokazuju postojanje ili odsustvo različitih opcionih polja koja mogu biti uključena u glavi ZET paketa [4]. Ta dodatna polja sadrže dodatne informacije o zapakovanom elementarnom toku kao što su: da li je skremblovan ili nije, relativni prioritet, informacije o autorskim pravima i opciono polje za proveru greške paketa.

4.4. Vremenske oznake

Od posebnog značaja su dva najznačajnija bita zastavice 2 označeni kao P i D na Slici 6.2. Kada su setovani, to označava postojanje polja Prezentaciona Vremenska Oznaka (PVO) i polja Dekodirana Vremenska Oznaka (DVO) respektivno, unutar glave ZET paketa. Vremenska oznaka je mehanizam obezbeđen od strane MPEG-2 sistemskog sloja i služi da osigura ispravnu sinhronizaciju između povezanih elementarnih tokova pri dekodovanju.

4.5. Polje dužine podataka

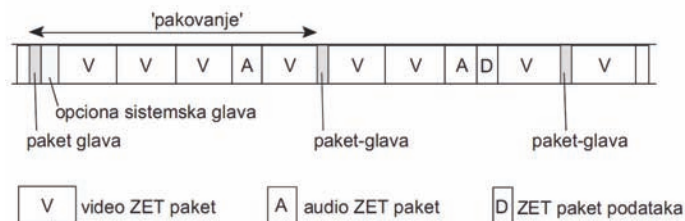
Polje dužine podataka, koje se nalazi u glavi ZET paketa, je poslednji obavezan bajt ZET glave. Ta vrednost sadrži broj bajtova podataka opcione ZET paketske glave predstavljene u ZET paketskoj glavi pre nego što prvi bajt korisnog dela ZET paketa stigne. Postoji 25 opcionih polja ZET paketske glave što ukupno predstavlja približno 200 bajtova dodatnih podataka.

5. PROGRAMSKI MULTIPLEKSIRANI TOK

U programskom toku, ZET paketi dobijeni iz elementarnog toka organizovani su u takozvana „pakovanja“ (Slika 3).

Pakovanje obuhvata „paket-glavu“ i opcionu „sistem-glavu“ i neodređen broj ZET paketa uzet od bilo kojeg datog elementarnog toka, u neodređenom redosledu. Nema ograničenja dužine „pakovanja“ sem što paket-glava mora da se pojavljuje (osvežava) unutar programskog toka najmanje svakih 0.7 sekundi jer paket-glava sadrži važne vremenske informacije (sitemski

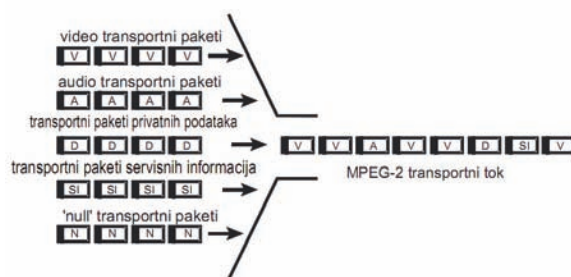
referentni sat). Sistemska glava sadrži kratak pregled karakteristika programskog toka, kao što su: maksimalna brzina prenosa, broj datih audio i video elementarnih tokova, dodatne vremenske informacije.



Slika 3. Struktura MPEG-2 programskog multipleksiranog toka

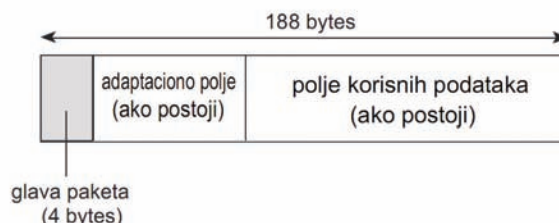
6. TRANSPORTNI MULTIPLEKSIRANI TOK

Transportni multipleksirani tok se sastoji od kratkih transportnih paketa fiksne dužine (Slika 4).



Slika 4. Transportni paketi

Transportni paket (Slika 5) je uvek dužine od 188 bajtova. Transportni paket obuhvata četvorobajtnu glavu iza koji sledi adaptaciono polje ili korisni deo podataka ili oboje.



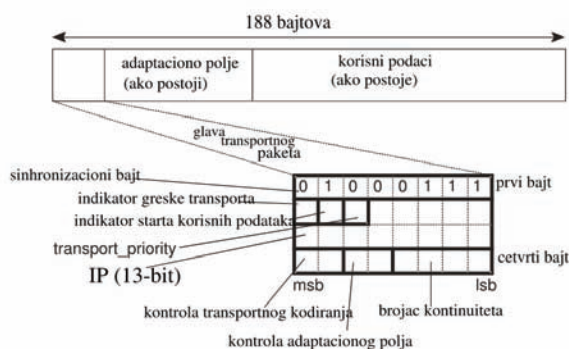
Slika 5. Struktura transportnog paketa

U transportnom toku, svaki od ZET paketa različitih elementarnih tokava podeljen je na delove koji predstavljaju korisni deo podataka i čine mnogobrojne transportne pakete.

Transportni paketi se zatim šalju u nizu da bi obrazovali MPEG-2 transportni tok. Transportni paketi sadrže servisne informacije i „null“ transportne pakete koji služe da popune kapacitet multipleksera ako je to potrebno. Nema ograničenja kojim redosledom transportni paketi pristižu u multiplekser sem što mora biti očuvan hronološki red pripadnosti paketa određenom elementarnom toku.

5.1. Glava transportnog paketa

Transportni paket počinje sa četvorobajtnom glavom. Struktura transportne glave prikazana je na Slici 6.



Slika 6. Struktura glave transportnog paketa

Od svih polja od kojih se sastoji, četiri su od posebnog značaja.

Prvi bajt glave paketa je sinhronizacioni bajt i ima vrednost 47 (hex). Činjenica da se sinhronizacioni bajt ponavlja svakih 188 bajtova u okviru transportnog toka dozvoljava pogodno dizajniranje dekodera da zapamti to ponavljanje i identifikuje početak svakog novog transportnog paketa.

Trinaesti bit je Identifikator Paketa i služi za razlikovanje transportnog paketa koji nosi podatke jednog elementarnog toka, od drugih transportnih paketa koji nose podatke drugih elementarnih tokova. Na multipleksu je odgovornost da osigura da svakom elementarnom toku bude dodeljen jedinstvena IP vrednost.

Indikator starta korisnih podataka se postavlja da nam kaže da je prvi bajt korisnih podataka transportnog toka specijalan. Na primer, taj bit je setovan (postavljen) ako je prvi bajt korisnih podataka ujedno i prvi bajt ZET paketa. Brojač kontinuiteta se inkrementira (uvećava za 1) između uzastopnih transportnih paketa koji pripadaju istom elementarnom toku. To omogućava dekodera da detektuje gubitak transportnog paketa i prikrije greške koje mogu nastati usled tog gubitka.

5.2 Posebne programske informacije

U transportnom toku, svaki transportni paket je označen sa odgovarajućom IP vrednošću koja govori kojem elementarnom toku pripadaju. Kako dekodier određuje koji elementarni tok pripada kojem programu? Odgovor je u uključivanju dodatne informacije u okvir transportnog toka koja će eksplicitno iskazati odnos između dostupnih programa i IP vrednosti komponenata elementarnog toka. Ta informacija se zove Posebna Programska Informacija (PPS) i mora postojati u svakom transportnom toku [3].

Za MPEG-2 sistemski sloj, Posebne Programske Informacije obuhvataju četiri tipa tabela: Programska Map Tabela (PMT), Programska Asocijativna Tabela (PAT), Mrežna Informativna Tabela (MIT) i Tabela Uslovnog Pristupa (TUP). Treba napomenuti da svaka od ovih tabela može biti nošena kao korisni podaci jednog ili više transportnog paketa, odnosno mogu biti smeštene u transportni tok.

5.2.1 Programska MAP tabela

Svaki program koji se prenosi transportnim tokom ima pridruženu Programsku Map Tabelu. Ta tabela sadrži detalje o programu i elementarnom toku koji ga obuhvata.

5.2.2. Programska asocijativna tabela

Kompletna lista svih dostupnih programa se nalazi u Programskoj Asocijativnoj Tabeli. Ta tabela se lako pronalazi jer ona uvek ima IP vrednost nula. Svaki program je naveden zajedno sa IP vrednošću transportnih paketa koji sadrže njegovu Programsku Map Tabelu.

5.2.3. Mrežna informativna tabela

U okviru Programske Asocijativne Tabele, program broj nula ima specijalno značenje. Koristi se kao pokazivač na Mrežnu Asocijativnu Tabelu. Ova tabela je opcionalna i njen sadržaj je privatna. Definisana je od strane distributera signala ili korisnika a ne od strane MPEG-a.

5.2.4. Tabela uslovnog pristupa

Ako je neki elementarni tok u okviru transportnog toka skremblovan, onda mora da postoji Tabela Uslovnog Pristupa. Tabela pruža detalje skremblovanog sistema koji se koristi i takođe pruža IP vrednosti transportnih paketa koji sadrže informacije o menadžmentu i pravu uslovnog pristupa.

5.3. Dodatne posebne programske informacije

Posebne Programske Informacije su takođe definisane za korišćenje u programskom multipleks toku. Pošto programski tok može nositi samo jedan program, svi elementarni tokovi koji postoje u multipleksu moraju pripadati istom programu. Tabela koja se zove Programska Tok Mapa je definisana za korišćenje u programskom toku i iskazuje tip (audio, video ili drugo) informacija koje se prenose u svakom elementarnom toku.

6. VIDEO KODER I DEKODER BAFERI

Video enkoder generiše promenljivi broj bita po slici. Ova promenljiva brzina bita po jedinici vremena se generalno „izglančava“ na konstantnu korišćenjem First-In-First-Out (FIFO) memorije koja se zove koder bafer [1].

Tipično, koder bafer ima kapacitet od 229376 bajtova. Memorijske lokacije se mogu posmatrati kao da su uređene oko obima satnog brojačnika. „Sat“ ima dve ruke koje se zovu pokazivač upisa i pokazivač čitanja. Pokazivač upisa se ne kreće oko sata konstantnom ugaonom brzinom nego skače u serijama nejednakih koraka. Svaki korak je rezultat upisa kompletne pristupne jedinice u bafer tako da veličina svakog koraka odgovara veličini pristupne jedinice. Nešto malo iza pokazivača upisa se nalazi pokazivač čitanja. Pokazivač čitanja se kreće konstantnom ugaonom brzinom pošto se podaci iz bafera čitaju konstantnom brzinom bita po jedinici vremena. Povratne informacije u koderu osiguravaju da je pokazivač upisa uvek ispred pokazivača čitanja ali ne previše ispred jer postoji opasnost od preticanja ili međusobnog preklapanja.

Sada se izglančani video elementarni tok prenosi preko MPEG-2 multipleks transportnog toka u video dekodier. Dekoder takođe ima bafer, dekodier bafer. Koder bafer i dekodier bafer teoretski imaju isti kapacitet. U dekodier bafere pokazivač upisa se kreće konstantnom ugaonom brzinom jer upisuje nadolazeći elementarni tok konstantnom brzinom bita po jedinici vremena u dekodier bafer. Nešto malo iza se nalazi pokazivač čitanja koji se kreće u nepravilnim koracima, zavisno od veličine pristupne jedinice, praveći po jedan korak za svako kompletno

uklanjanje pristupne jedinice iz dekodek bafera koja se zatim dekoduje i prikazuje (na ekranu).

Dekoder premešta kompletne pristupne jedinice iz dekodek bafera i u sledećem koraku one se dekoduju i prikazuju ram po ram.

Neophodno je napomenuti nekoliko stvari:

- Oblik dijagrama koder upisivanja adrese i dekodek čitanja adrese su indentični;
- Postoji konstantno kašnjenje između upisa pristupne jedinice u koder bafer i njenog uklanjanja iz dekodek bafera. To kašnjenje se naziva kašnjenje bafera i jednako je veličini bafera u bajtovima podeljeno sa konstantnom brzinom kojom se podaci premeštaju iz koder bafera u dekodek bafer (B/s);

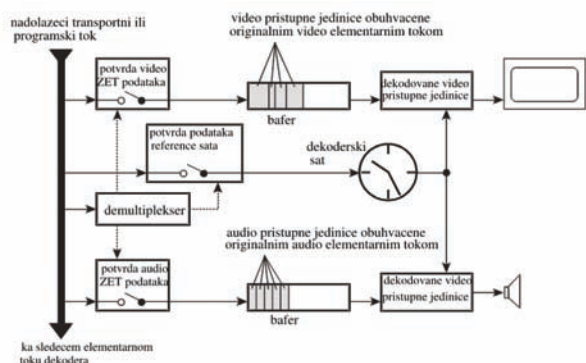
Od suštinskog je značaja da dekodek premešta pristupne jedinice iz dekodek bafera u pravom trenutku.

Ako to uradi prerano, doći će do underflow-a (prekoračenje u negativnom smislu) a ako to uradi prekasno, dolazi do overflow-a (klasično prekoračenje).

U stvarnosti, MPEG-2 definiše sistem vremenskih oznaka i referentnog sata koji omogućavaju dekodeku da odredi precizne trenutke u kojima će pristupne jedinice biti uklonjene iz dekodek bafera.

7. VREMENSKE OZNAKE I REFERENTNI SAT

Slika 7 pokazuje jednostavnu sposobnost dekodeka da odpakiva i ponavlja video i audio deo iz programskog ili transportnog toka.



Slika 7. *Mogući izgled dekodeka*

Prekidači se kontrolišu tako da se identifikuju transportni paketi iz transportnog toka (ili ZET paketi iz programskog toka) koji sadrže podatke traženog video ili audio elementarnog toka. Prekidač dozvoljava da samo bajtovi podataka traženog elementarnog toka pređu u bafer. Kada dobije instrukcije, video dekodek uzima kompletnu video pristupnu jedinicu iz bafera, dekoduje je i zatim dekodovanu sliku prikazuje na ekranu.

8. ZAKLJUČAK

MPEG-2 se ponekad predstavlja kao skup alata koji daje punu specifikaciju video i audio algoritma kompresije i obimnu sintaksu multipleksa. Samo ograničen deo sistema se zahteva za većinu aplikacija. Na primer, samo se programski tok koristi za skladištenje i pronalaženje sistema.

Programski tok ima specifikaciju koja je u suštini ista kao specifikacija za MPEG-2, tako da je kompatibilnost između ova dva sistema održiva. Dizajner može da konstruiše koder na bilo koji isplativ način. Takođe dekodek mora biti kreiran striktno po MPEG-2 specifikaciji da bi mogao ispravno da dekoduje zapakovane/multipleksirane podatke.

MPEG-2 je najčešće korišteni kodek za emitovanje HDTV sadržaja. Neke TV kuće planiraju korišćenje MPEG-2 standarda za kompresiju, dok isti standard zajedno sa DVB-S2 neke nemačke stanice već koriste (ProSieben, Sat1, Premiere). Već postoje prijemnici za ovakav signal, dok su proizvođači najavili i PCI kartice. Iako se MPEG-2 trenutno češće koristi, moguće je korišćenje MPEG-4 u zemljama gde još uvek nije zaživela digitalna televizija, kao što su Irska i Norveška koje razmatraju korišćenje ovog standarda za SD Digital, kao i za zemaljsko emitovanje HDTV.

9. LITERATURA

- [1] www.bbc.co.uk/rd/pubs/reports/1996-02.pdf;
- [2] ISO/IEC, 1994. Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio: Systems, (MPEG-2 Systems Specification), November, ISO/IEC 13818-1;
- [3] ELY, S.R., 1996. MPEG VIDEO CODING: A basic tutorial introduction. BBC Research & Development Department Report No. 1996/3;
- [4] STOLL, G. and GILCHRIST, N.H.C., 1996 ISO/IEC MPEG-2 AUDIO: Bit-rate-reduced coding for two channel and multichannel sound. BBC Research & Development Department Report No. 1996/4;

Kratka biografija:



Nikola Vučetić rođen je Somboru 1982. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Telekomunikacije – Elektrotehnika, mikroročunarska elektronika, odbranio je 2012.god.



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

AUTOMATIZACIJA MAŠINE ZA ČIŠĆENJE ODLIVAKA AUTOMATION OF THE SHOT BLASTING MACHINE

Dalibor Manjulov, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U okviru ovog rada prikazano je rešenje za automatizaciju mašine za čišćenje odlivaka kojom se, trenutno, u fabrici Livnica „Kikinda“, upravlja ručno. Za kreiranje PLC programa i simulaciju sekvencijalnog sistema kontrole korišten je STEP 7 softverski paket.

Abstract – This paper presents the solution for the automation of the shot blasting machine which is, at the moment, operated manually at the factory Livnica „Kikinda“. STEP 7 software package was used for the creation of a PLC program and simulation of sequential control system.

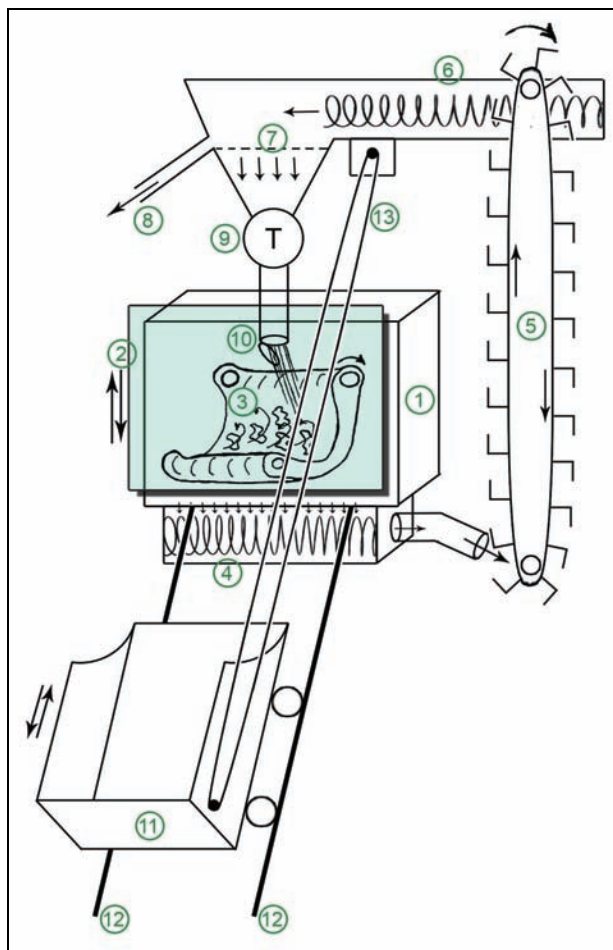
Cljučne reči: Automatizacija, Mašina za čišćenje odlivaka, PLC, SCADA, STEP 7, Sekvencijalno upravljanje

1. UVOD

Tehnološki postupak livenja sastoji se iz više operacija. Ukratko, može se reći da se rastopljeni čelik uliva u pešćane forme (maske), a u zavisnosti od konfiguracije maske dobijaju se odliveni grozdovi. Nakon topljenja – pripreme liva, proizvodnje jezgara (maski) i livenja, kao četvrti korak sledi istresanje odlivaka iz jezgara i sačmarenje istih uz pomoć mašine za čišćenje odlivaka.

Mašina za čišćenje odlivenih komada (slika 1) se sastoji od komore (1), u kojoj dolazi do tretiranja odlivenih komada sačmom, zatim vrata (2), koja se podižu ili spuštaju uz pomoć motora radi unosa sirovih, odnosno izbacivanja obrađenih komada. Vrata se u toku obrade, kao i kada mašina ne radi, zaključavaju hidrauličnim klipovima. U komori postoji kružna pokretna traka na elektromotorni pogon (3) na koju se ubacuju odlivci, i koja može da se okreće u dva smera, zavisno od toga da li se komadi obrađuju ili se izbacuju obrađeni komadi. Kolica (11) koja unose sirove, odnosno iznose obrađene komade iz komore postavljena su na šine (12) i uz pomoć motora i lanaca (13) se podižu odnosno spuštaju. Na vrhu komore postavljena je turbina (9) koja uduvava metalnu sačmu u komoru, a otvor kroz koji sačma prodire u komoru otvara se i zatvara uz pomoć klapne (10). Sačma, zajedno sa peskom, propada kroz rešetkasto dno komore u rezervoar (4) u kome se nalazi puž koji gura tu sačmu na elevator (5) koji je dalje podiže do gornjeg puža (6). Pre ulaska sačme u turbinu, postoji sito (7) koje uz pomoć motora trese mešavinu sačme i peska i razdvaja ih tako da

se u turbinu propušta samo metalna sačma, dok se pesak odstranjuje (8).



Slika 1. Skica mašine za čišćenje odlivenih komada

2. PLAN ZA AUTOMATIZACIJU MAŠINE ZA ČIŠĆENJE ODLIVENIH KOMADA

Za kreiranje programa i simulaciju sekvencijalnog sistema kontrole za automatizaciju mašine za čišćenje odlivaka potreban je uređaj za programiranje, odnosno personalni računar sa instaliranim sledećim softverom:

- STEP 7 standardni paket,
- S7-GRAPH opcioni paket i
- Programabilni logički kontroler (PLC) ili PLC Simulation S7 opcioni paket.

Korišćenjem softvera STEP 7, moguće je napraviti S7 program unutar projekta. S7 programabilni kontroler se sastoji od jedinice za napajanje, centralne upravljačke jedinice (CPU), i ulaznih i izlaznih modula (I/O moduli). Programabilni logički kontroler nadgleda i upravlja mašinom uz pomoć S7 programa.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Filip Kulić, vanr. prof.

SIMATIC Manager je centralni prozor koji postaje aktivan kada se *STEP 7* pokrene i iz koga se kreira *Step 7* projekat. Projekat se koristi za skladištenje i aranžiranje svih podataka i programa u hijerarhiji [1]

Programski jezik *S7-Graph* unapređuje funkcionalnost *STEP 7* softvera sa grafičkim interfejsom za sekvencijalno upravljanje. On omogućava brzo i jasno programiranje sekvencijalnih operacija kojima se upravlja uz pomoć *SIMATIC PLC*-a. Proces je ovde podeljen u pojedinačne korake koji pružaju jasan pogled na funkcionalnost. Akcije koje treba da se izvrše definisane su u tim koracima, a tanzicije kontrolišu prelaze između koraka, tj. definišu uslove koji moraju biti zadovoljeni da bi se prešlo na izvršavanje sledećeg koraka [2].

U *S7-PLCSIM*-u moguće je izvršiti i testirati *STEP 7* program u simuliranom PLC-u. Simulacija se izvršava na uređaju za programiranje ili personalnom računaru. Kako je simulacija kompletno implementirana u *STEP 7* softveru, nikakav *S7* hardver, CPU niti senzori nisu potrebni da bi se simulacija i testiranje izvršilo. *S7-PLCSIM* je moguće koristiti za simulaciju *STEP 7* programa koji su razvijeni za *S7-300*, *S7-400* i *WinAC* kontrolere uz pomoć jednostavnog grafičkog interfejsa za praćenje i modifikaciju različitih objekata, kao što su ulazne i izlazne promenljive, a simulirani PLC je moguće skenirati u jednom ciklusu rada ili kontinualno, kao i u različitim načinima rada [3].

3. OSNOVNI ELEMENTI NADZORNO UPRAVLJAČKIH SISTEMA

Osnovni elementi koji se koriste u praktičnim rešenjima nadzorno upravljačkih sistema i komunikacija u postrojenjima procesne industrije su programabilni logički kontroleri i SCADA, oni čine nerazdvojnu celinu u automatizaciji postrojenja procesne industrije. Da bi mogli sagledati komunikacije u ovom sistemu potrebno je da sagledamo elemente ovog sistema, tako da naredna poglavlja predstavljaju pregled osnovnih elemenata potrebnih za njihovu praktičnu realizaciju.

3.1. Programabilni logički kontroleri

Programabilni logički kontroler je digitalni računar koji se koristi za automatizaciju industrijskih procesa, za kontrolu pojedinačnih mašina ili kompletnih proizvodnih procesa [4]. Ukratko, može se reći da je to industrijski računar koji na osnovu informacija sa senzora i uz pomoć upravljačkog programa, određuje koji će se izvršni organi i u kom trenutku aktivirati, odnosno deaktivirati. Za razliku od računara za opštu upotrebu, PLC je projektovan za veći broj ulazno-izlaznih periferija, isto tako obezbeđuje bolju otpornost na električne smetnje koje se javljaju, kao i otpornost na vibracije i povećani temperaturni opseg.

PLC se sastoji od interne magistrale koja povezuje centralni procesor, koji je zadužen za izvršavanje programa, sa memorijom u kojoj se nalaze program i podaci. Na istoj magistrali se dodaju i odgovarajući moduli. To mogu biti moduli digitalnih ulaza i/ili izlaza, moduli analognih ulaza i/ili izlaza, komunikacioni moduli za povezivanje. Pored toga može da bude opremljen sa

displejom i tastaturom kao i modulom za programiranje [5].

Princip rada programabilnog logičkog kontrolera zasniva se na ciklusima skeniranja. Ciklus se sastoji od učitavanja vrednosti ulaza, izvršenja programa i ažuriranja izlaza. Pod učitavanjem ulaza se podrazumeva prikupljanje vrednosti digitalnih, analognih ulaza i distribuiranih periferija i njihovo smeštanje na odgovarajuće memorijske lokacije. Zatim se izvršava korisnički program i na osnovu algoritma zahteva upravljanja i prikupljenih ulaznih podataka kreiraju se vrednosti izlaza i smeštaju se na odgovarajuće memorijske lokacije. Po završetku izvršavanja programa vrednosti izlaza u memorijskim lokacijama postaju aktivne vrednosti izlaza.

3.2. SCADA

SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) je softver koji služi, kao što mu i ime kaže, za kontrolu i prikupljanje podataka u jednom procesu [6].

SCADA je sistem za automatizaciju opštih procesa koji se koristi za prikupljanje podataka sa senzora i instrumenata lociranih na udaljenim stanicama i za prenos i prikazivanje tih podataka u centralnoj stanici u svrhi nadzora ili upravljanja. Prikupljeni podaci se obično posmatraju na jednom ili više SCADA računara u centralnoj (glavnoj) stanici. SCADA sistem u realnosti može da prati i upravlja i stotinama hiljada ulazno-izlaznih vrednosti.

SCADA nema potpunu kontrolu nad sistemom, već je više fokusirana na nivou nadgledanja i nadziranja. Kao takva, ona je softverski paket koji je pozicioniran na samom vrhu hardvera na koji se odnosi, uglavnom preko PLC-a ili drugog komercijalnog hardverskog modula [7].

4. TEHNOLOŠKI ZADATAK I PRIPREMA ZA REALIZACIJU PROJEKTA

Cilj je isprogramirati sistem sekvencijalne kontrole da bi se automatizovala mašina za čišćenje odlivaka. Mašina se sastoji od sledećih elemenata:

- Vrata komore koja se podižu ili spuštaju uz pomoć motora, a na komori su postavljeni senzori za detekciju položaja vrata i to: krajnjeg donjeg položaja i krajnjeg gornjeg položaja.
- Sistem hidrauličnih klipova za zaključavanje vrata sa povratnim signalom koji pokazuje da li su vrata zaključana ili otključana.
- Kolica koja su postavljena na šine i uz pomoć motora i lanaca se podižu ili spuštaju. Na šinama su postavljeni senzori za detekciju položaja kolica i to: krajnjeg donjeg položaja, normalnog gornjeg i gornjeg kiperskog položaja.
- Kružna pokretna traka u komori koja se pokreće uz pomoć motora, a povratni signal daje informaciju o smeru obrtanja trake.
- Turbina na motorni pogon sa povratnim signalom koji daje informaciju o tome da li je turbina pokrenuta ili ne, kao i informaciju o tome da li je turbina dosegla maksimalnu brzinu obrtanja.

- Dva puža – donji i gornji koji su priključeni na isti motorni pogon sa povratnom informacijom o tome da li su puževi pokrenuti.
- Elevator na motorni pogon sa povratnim signalom koji daje informaciju o tome da li je elevator pokrenut ili nije.
- Sito koje je postavljeno iznad turbine trese se uz pomoć motora, a povratni signal daje informaciju o tome da li je trešenje pokrenuto.
- Klapna na gornjem delu komore sa povratnim signalom koji daje informaciju o tome da li je klapna otvorena ili zatvorena.
- Preklopnik za zadavanje vremenskog perioda tretiranja odlivaka sačmom.
- Glavni prekidač za uključivanje mašine.
- Taster za pokretanje jednog ciklusa obrade.
- Taster za normalan završetak rada.
- Prekidač za prinudno zaustavljanje mašine.

Vremenski period tokom kojeg kolica stoje u gornjem kiperskom položaju prilikom istovara sirovih odlivaka u komoru, kao i vremenski period tokom kojeg kolica stoje u gornjem normalnom položaju prilikom izbacivanja obrađenih komada iz komore u kolica su fiksnog trajanja i determinisani su u programu.

4.1. Početno stanje mašine

Početno (inicijalno) stanje mašine definisano je na sledeći način:

- Glavni prekidač i prekidač za prinudno zaustavljanje mašine su otvoreni;
- Taster za pokretanje jednog ciklusa obrade nije pritisnut, kao ni taster za normalan završetak rada;
- U komori nema odlivaka;
- Vrata su zaključana u krajnjem donjem položaju;
- Kolica, napunjena sirovim odlivcima, su u krajnjem donjem položaju;
- Pokretna traka stoji;
- Motor turbine, kao i motori elevatora, puževa i sita su zaustavljeni;
- Klapna je zatvorena;
- Preklopnik za zadavanje vremenskog perioda tretiranja odlivaka sačmom je na nuli.

4.2. Jedan ciklus rada mašine

Jedan ceo ciklus rada mašine za čišćenje odlivaka može se podeliti na sledeće pojedinačne korake:

1. Radnik puni kolica sirovim odlivcima (ručno);
2. Radnik uključuje mašinu uz pomoć glavnog prekidača;
3. Radnik zadaje vremenski period tretiranja odlivaka metalnom sačmom;
4. Radnik pritiska taster za početak jednog ciklusa obrade;
5. Otključavaju se vrata komore;
6. Podižu se vrata komore do krajnjeg gornjeg položaja;
7. Pokreće se turbina;
8. Pokretna traka u komori se pokreće unazad;
9. Kolica se pokreću unapred do gornjeg kiperskog položaja;

10. Posle određenog vremena, kolica se pokreću unazad do krajnjeg donjeg položaja;
11. Spuštaju se vrata komore do krajnjeg donjeg položaja;
12. Zaključavaju se vrata;
13. Ukoliko je turbina dostigla maksimalnu brzinu obrtanja, pokreću se elevator, trešenje sita i motor puževa;
14. Otvara se klapna;
15. Posle isteka vremenskog perioda tretiranja odlivaka (3), zatvara se klapna;
16. Zaustavljaju se elevator, trešenje sita i motor puževa;
17. Otključavaju se vrata;
18. Podižu se vrata komore do krajnjeg gornjeg položaja;
19. Kolica se pokreću unapred do gornjeg normalnog položaja;
20. Menja se smer obrtanja pokretne trake u komori;
21. Posle određenog vremena, zaustavlja se pokretna traka u komori i kolica se pokreću unazad do krajnjeg donjeg položaja;
22. Radnik prazni kolica u kojima su obrađeni komadi;
23. Radnik ima dve opcije: a) da započne novi ciklus obrade tako što će ručno napuniti kolica novom količinom sirovih odlivaka i pritisnuti taster za početak jednog ciklusa obrade i time se proces vraća na korak broj 8; b) da završi rad na mašini tako što će pritisnuti taster za normalan završetak rada, i u tom slučaju proces se nastavlja sledećim korakom (24);
24. Zaustavlja se turbina;
25. Spuštaju se vrata komore do krajnjeg donjeg položaja;
26. Zaključavaju se vrata;
27. Radnik isključuje mašinu uz pomoć glavnog prekidača.

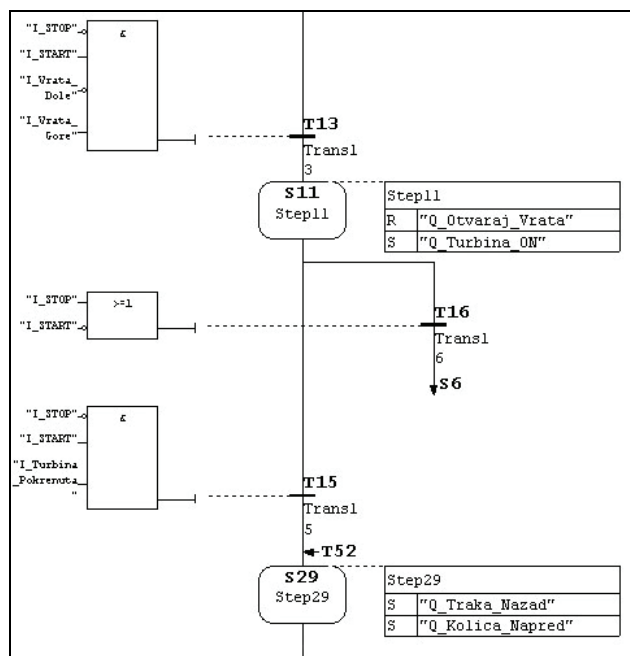
Radnik u svakom trenutku ima mogućnost da zatvori prekidač za prinudno zaustavljanje mašine čime se zaustavljaju svi motori (motori za pokretanje vrata, kolica, pokretne trake, elevatora, trešenja sita, puževa i turbine) i zatvara se klapna.

5. REALIZACIJA PROJEKTA

Nakon kreiranja projekta u *SIMATIC Manager*-u, u projekat je ubačen *STEP 7* program i kreiran je prazan organizacioni blok *OB1*. Zatim, radi lakšeg snalaženja u programu i čitkosti istog, u programskoj fascikli je kreirana tabela simbola ulaza, izlaza, blokova i ostalih signala koji su potrebni za program.

Sledi izrada programa za sekvencijalno upravljanje u *S7-GRAPH* softverskom paketu, koji je smešten u fascikli blokova kao funkcionalni blok *FB1*. Inicijalni korak ostaje prazan, tj. bez ikakvih akcija, potom sledi provera da li je eventualno zatvoren prekidač za prinudno zaustavljanje mašine, i u slučaju da jeste zaustavljaju se svi motori i program se automatski završava. Ova provera se, takođe, vrši za vreme aktivnosti svakog koraka i čim se pomenuti prekidač zatvori, motori se zaustavljaju i program se završava. Funkcionalni blok je dalje kreiran uz praćenje plana za redosled izvršavanja operacija i to

tako što se, uz pomoć akcija u određenim koracima, određeni izlazni signali postavljaju na nivo logičke jedinice odmah po aktiviranju koraka, sa zakašnjenjem, ili se postavljaju na nivo logičke nule. Korak postaje aktivan tek nakon što su svi uslovi, iz prelaza koji mu prethodi, ispunjeni. Uslovi predstavljaju logičke kombinacije ulaznih signala sa senzora, tastera, prekidača i preklopnika. Deo funkcionalnog bloka za sekvencijalno upravljanje prikazan je na slici 2.



Slika 2. Deo funkcionalnog bloka za sekvencijalno upravljanje

Sledi programiranje organizacionog bloka OB1 koji predstavlja najviši programski nivo i organizuje ostale blokove u STEP 7 programu, a zatim testiranje programa uz pomoć S7-PLCSIM softvera za simulaciju PLC-a.

6. ZAKLJUČAK

Automatsko upravljanje jednom mašinom u proizvodnji ima višestruki značaj. Pre svega zbog povećanja pouzdanosti upravljanja eliminisanjem mogućnosti pojave ljudske greške. Zatim, tu je i ekonomski značaj automatizacije koji se ogleda u smanjenju utroška vremena i radne snage.

Konkretno, kod mašine za čišćenje odlivaka, eliminisana je mogućnost zastoja mašine između pojedinih operacija jednog ciklusa obrade. Jednom pokrenut ciklus obrade, automatski će izvršiti sve operacije bez zastoja, koji je itekako bio prisutan prilikom ručnog upravljanja, a time je dolazilo do nepotrebnog utroška kako energije tako i vremena. Takođe, radnik koji opslužuje mašinu, sada ne mora konstanto da motri na njen rad i upravlja njome. Nakon pokrenutog ciklusa obrade, radnik je slobodan da obavlja druge zadatke u fabrici, odnosno, u mogućnosti je da nadgleda više od jedne mašine, a time je opet postignuta ušteda i to u vidu radne snage.

Mogućnost pojave ljudskih grešaka, kao što je nenamerno preskakanje pojedinih operacija, nepoštovanje zadatog vremena obrade, itd, u potpunosti je eliminisana.

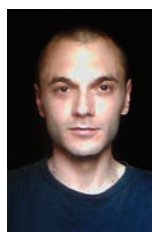
Korišćenje SIMATIC STEP 7 softverskog paketa pokazalo se kao zadovoljavajuće rešenje problema automatizacije mašine za čišćenje odlivaka, a opcioni paket S7-GRAPH za projektovanje programa sekvencijalnog upravljanja upravo je i namenjen za probleme ovog tipa, s toga se i program, napisan u istom, odlično pokazao u simulaciji.

S obzirom na to da Livnica „Kikinda“ ima dugogodišnju saradnju sa „Siemens“-om, da se njihovi kontroleri koriste u fabrici već dugi niz godina i da su se pokazali kao dobro rešenje za date uslove, može se zaključiti da je predloženo rešenje za automatizaciju mašine za čišćenje odlivaka sasvim zadovoljavajuće.

7. LITERATURA

- [1] SIEMENS SIMATIC (2010). *Working with STEP 7, Getting started*. Software documentation manual.
- [2] SIEMENS SIMATIC (2004). *S7-GRAPH V5.3 for S7-300/400, Programming Sequential Control Systems*. Software documentation manual.
- [3] SIEMENS SIMATIC (2009). *Engineering Tools, S7-PLCSIM V5.4 incl. SP3*. Software documentation manual.
- [4] Rohner, P. (1996). *Automation with Programmable Logic Controllers: A Textbook for Engineers and Technicians*. UNSW Press.
- [5] Jones, C. T. (2006). *Programmable Logic Controllers: The Complete Guide to the Technology*. Brilliant-Training.
- [6] A.Daneels, W. (1999). Selection and Evaluation of Commercial SCADA Systems for the Controls of the Cern LHC Experiments. *Proc. on Int. Conf. on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems*, (str. 353-355). Trieste.
- [7] Boyer, S. A. (1999). *SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition*. ISA.

Kratka biografija:



Dalibor Manjulov rođen je u Kikindi 1984. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Automatizacija mašine za čišćenje odlivaka odbranio je 2012.god.

RAZVOJ KOMPONENTI ZA RAD SA BAZOM PODATAKA U GWT OKRUŽENJU

DEVELOPMENT OF COMPONENTS FOR DATABASE ACCESS USING GWT

Svetlana Baus, Milan Vidaković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj - Ovaj rad se bavi kreiranjem korisničkih komponenti za rad sa bazom podataka upotrebom GWT i Hibernate tehnologija, a pisan je u Java programskom jeziku. Sastoji se iz klijentskog dela, koji se iz Java koda prevodi u JavaScript pomoću GWT-a i izvršava u web browser-u i serverskog dela, koji pomoću Hibernate-a obavlja osnovne operacije nad bazom podataka - dobavljanje liste entiteta, upis, brisanje i ažuriranje entiteta.

Abstract – This paper demonstrates development of user interface components for database access using GWT and Hibernate technologies, written in Java programming language. It consists of client part, which is the Java code converted to JavaScript using GWT executed in the web browser and the server part, that uses Hibernate to perform basic database operations - fetching the list of entities, adding, deleting and updating entities.

Ključne reči – GWT, Java Script.

1. UVOD

U današnje vreme razvoj naprednih internet aplikacija je postao zamoran posao, sa velikom mogućnošću za pojavu grešaka, zato što programiranje u JavaScript-u i AJAX baziranim komponentama može biti izuzetno teško. Google Web Toolkit (GWT) olakšava ovaj posao tako što omogućuje programerima da kod pišu i debugiraju u Javi, pa je razvoj web aplikacija u ovoj tehnologiji lakši i brži. Ovaj rad se bavi razvojem softverskih komponenti za GWT okruženje, koje omogućuju laku komunikaciju sa bazom podataka, preuzimanje podataka iz tabela u bazi, njihovim ažuriranjem, brisanjem, kao i čuvanjem. Ovakve komponente postoje u drugim programskim jezicima i okruženjima, i ovaj rad se ugledao na njih (na primer, komponenta DataSource u Borland Builder C++ razvojnom okruženju). Cilj rada je da se napravi skup komponenti koje će prihvatiti podatke iz bilo koje tabele u bazi podataka, bez obzira na broj kolona i tip podataka u njima.

2. TEHNOLOGIJE

2.1. Google Web Toolkit (GWT)

GWT je Java-in razvojni radni okvir koji omogućava da se izbegne ono što razvoj AJAX aplikacija čini teškim, a to je rad sa JavaScript-om i AJAX pozivima.

NAPOMENA:

Ovaj rad pristekao je iz master rada čiji mentor je prof. dr Milan Vidaković.

Arhitekturu GWT-a čine četiri glavne komponente:

1. GWT Java-to-JavaScript compiler[1] – kompajler koji prevodi Java kod u JavaScript kod.
 2. GWT Hosted Web Browser – omogućava da se aplikacija pokrene u hosted režimu, što znači da kod radi kao Java kod u Java virtualnoj mašini, bez prevodenja u JavaScript, što se koristi tokom razvoja aplikacije.
 3. JRE emulation library – biblioteka sa JavaScript implementacijama najčešće korišćenih klasa iz standardne Javine biblioteke, kao što su `java.lang` i `java.util`. Ostatak Javine standardne biblioteke nije podržan, kao što je, na primer, paket `java.io`, jer se ne odnosi na web aplikacije, pošto sadrži klase za pristup mreži i lokalnom fajl sistemu.
 4. GWT Web UI class library – klase korisničkog interfejsa, predstavlja skup interfejsa i klasa koji omogućuju kreiranje komponenti korisničkog interfejsa – *widgeta* kao što su dugmad, slike, tabele,...
- Sve GWT aplikacije rade kao JavaScript kod na klijentskoj strani, na web browseru. Tradicionalne web aplikacije šalju serveru zahteve, a kao odgovor dobijaju kompletnu stranicu, dok AJAX aplikacije komuniciraju sa web serverom samo za razmenu podataka, a ne celih strana. Taj posao se obavlja asinhronim pozivima. U GWT-u, mehanizam interakcije sa serverom se naziva poziv udaljenih procedura (Remote Procedure Calls - RPC). Pomoću njega se vrši slanje JavaScript i Java objekata između servera i klijenta, preko HTTP protokola. Asinhroni pozivi su karakteristični po tome što se stranica ne blokira kada pošalje zahtev serveru, čekajući ga da odgovori, već kod koji sledi iza poziva servera, nastavlja da se izvršava, bez obzira da li je server poslao odgovor. Razlozi za korišćenje asinhronih poziva, umesto, za programere jednostavnijih, sinhronih, su u poboljšanju doživljaja krajnjeg korisnika. JavaScript engine u web browser-ima ima samo jednu nit izvršavanja programa (single-threaded), pa sinhroni pozivi servera uzrokuju da otvaranje stranice "zakoči", dok se poziv ne obavi, usled nedostupnosti servera, spore veze i sl. Kada se koriste asinhroni pozivi, moguće je izvršavati neke druge delove koda, dok se čeka odgovor servera, što skraćuje vreme prikaza stranice i poboljšava iskustvo korisnika. Moguće je vršiti više poziva servera u isto vreme, mada browser-i najčešće ograničavaju ovaj broj.

Priroda asinhronog poziva zahteva da se u pozivu pošalje povratni objekat, koji će biti obavešten kada se asinhroni poziv završi, jer po definiciji onaj ko šalje poziv ne sme da se prekida, dok se poziv ne završi. Iz istog razloga asinhronne metode nemaju povratni tip, već, uslovno rečeno, vraćaju void.

Kreiranje poziva se vrši u tri koraka:

1. Definiše se interfejs za poziv, koji nasleđuje interfejs `RemoteService` i predstavlja sinhroni interfejs, koji se nalazi na klijentskoj strani.

2. Sve ove metode se moraju implementirati na serverskoj strani, u klasi koja mora naslediti interfejs `RemoteServiceServlet` i implementirati sinhroni interfejs `EntityService`.

3. Direktno pozivanje sinhronog interfejsa od strane klijenta nije moguće, pa je neophodno napraviti asinhronih interfejs.

Sinhroni i asinhroni interfejs se moraju pridržavati standarda imenovanja, jer GWT kompajler zavisi od njih kako bi bio u stanju da generiše odgovarajući kod.

Interfejs na serverskoj strani mora da nasledi `RemoteServiceServlet`, jer je on u stanju automatski da vrši serijalizaciju podataka koji se šalju između klijenta i servera. Serijalizovanje objekata [2] u Javi omogućuje pretvaranje svakog objekta u niz bajtova iz kojeg se, kasnije, taj objekat može rekonstruisati. Ovo je neophodno kod komunikacije između servera i klijenta, pošto je životni vek objekta određen izvršavanjem programa. Serijalizacijom se omogućava da se objekat, koji je nastao na jednom računaru, serveru, ponaša kao da se nalazi na drugom računaru, klijentu. Tipovi podataka koji su podložni serijalizaciji su: primitivni tipovi (`Character`, `Byte`, `Short`, `Integer`, `Long`, `Boolean`, `Float` i `Double`), enumeracije, nizovi serijalizabilnih tipova, korisnički definisane serijalizabilne klase. Klasa `java.lang.Object` nije serijalizabilna, pa tako ni kolekcije koje sadrže ovaj tip nisu serijalizabilne.

Kreiranje udaljenih poziva otvara mogućnosti za nastajanje raznih grešaka, kao što su pad mreže, pad servera,... GWT omogućava da se ovakve greške obrade poput Java izuzetaka.

GWT aplikacija može da postoji u dva režima, prvi je hostovani režim, što znači da aplikacija radi kao Java bajtkod na Java virtuelnoj mašini. Ovo je režim u kome se razvija aplikacija, jer omogućava prednosti otklanjanja grešaka u Java razvojnom okruženju. Drugi režim rada je web režim, što znači da aplikacija radi kao čisti JavaScript i HTML na web serveru, tako da krajnji korisnici mogu videti web verziju aplikacije.

Prednosti GWT su: nema potrebe za učenjem i korišćenjem JavaScript-a, nema potrebe za vođenjem računa o nekompatibilnostima browser-a, kao što su istorija i dugmadi za prethodne i sledeće stranice. Zatim prednost je što nema potrebe razvijati dodatke koji se često koriste, jer oni dolaze u paketu sa GWT-om. GWT poseduje i podršku za internacionalizaciju koja pruža razne tehnike za internacionalizaciju stringova, tipiziranih vrednosti i klase. Takođe, jedna od prednosti je ta što GWT-ova direktna integracija sa JUnit omogućava testiranje kako u debuggeru, tako i u browseru, pa čak i testiranje asinhronih poziva.

2.2. Hibernate

Hibernate predstavlja rešenje za objektno/relaciono mapiranje za Java okruženja. Termin objektno/relaciono mapiranje odnosi se na tehniku mapiranja podataka iz objektnog modela na relacioni model podataka i obrnuto.

Određivanje tipova se vrši pomoću refleksije u toku obrađivanja fajlova za mapiranje. Tipovi koji se koriste u fajlovima za mapiranje nisu ni Java ni SQL tipovi, već *Hibernate tipovi za mapiranje*[3]. Hibernate tipovi za mapiranje su konvertori, koji prevode Java tipove u SQL tipove. Hibernate sam pokušava da odredi odgovarajuću konverziju i mapirajući tip, ukoliko atribut `type` nije naveden, tako što koristi Java refleksiju da odredi Java tip deklarisanog svojstva, kao i koristeći podrazumevani mapirajući tip za dati Java tip. Hibernate `EntityManager` i `EntityManager Annotations` predstavljaju kompletno rešenje za objektno/relaciono mapiranje.

`EntityManagerFactory` služi za kreiranje instanci `EntityManager`. Sve instance su konfigurisane da pristupaju istoj bazi podataka, da koriste ista predefinisana podešavanja. Moguće je pripremiti više `EntityManagerFactory`-ja, čije bi instance pristupale različitim bazama podataka. `EntityManager API` se koristi za pristup bazi podataka, za kreiranje slogova, brisanje, pronalaženje slogova pomoću njihovog primarnog ključa. Instance klase, entiteta, mogu postojati u jednom od sledećih stanja

- Novo stanje (*new*) – ako je instanca tek kreirana i nije povezana sa trajnom reprezentacijom u bazi podataka
- Upravljano, trajno stanje (*managed*) – ako je instanca povezana sa svojom trajnom reprezentacijom u bazi podataka
- Nezavisno, odvojeno stanje (*detached*) – ako instanca iz nekog razloga nije povezana sa svojom trajnom reprezentacijom
- Uklonjeno stanje (*removed*) – ako je instanca, koja je povezana sa svojom trajnom reprezentacijom u bazi podataka predviđena za brisanje iz baze podataka

`EntityManager` omogućava menjanje ovih stanja. Kako bi instanca prešla iz novog u trajno stanje mora se povezati sa `EntityManagerom`, pomoću metode `persist()`. Nalaženje instance u bazi podataka, na osnovu primarnog ključa, vrši se pomoću metode `find()`. Menjanje vrednosti instance vrši se pomoću metode `merge()`. Brisanje trajne reprezentacije instance iz baze podataka vrši se pomoću metode `remove()`. Sa vremena na vreme, *entity manager* izvrši SQL DML iskaze potrebne za sinhronizaciju baze podataka sa stanjem objekata u memoriji. Ovaj proces se naziva *flushing*. Hibernate, kao i ostali alati za objektno-relaciono mapiranje, zahtevaju metapodatke, koji će rukovoditi transformacijom podataka iz jednog u drugi oblik. Hibernate anotacije omogućavaju mapiranje metapodataka.

Svaki trajni običan Java objekat (`Plain Old Java Object` - `POJO`) je entitet i kao takav se deklarise pomoću anotacije `@Entity` na nivou klase. Anotacija `@Id` deklarise koje polje klase je primarni ključ. U zavisnosti od toga da li se anotacije koriste za polja, ili metode klase, pristupni tip koji će Hibernate koristiti će biti `field` ili `property`. `EJB3` specifikacije zahtevaju da se anotacije deklarishu na tipu elementa kome će se pristupiti; `get` metoda, ako se koristi `property` pristup, odnosno polje, ako se koristi `field` pristup. Preporučuje se da se ne mešaju ova dva pristupa. Hibernate će pretpostaviti tip na osnovu pozicije anotacije `@Id` ili `@EmbeddedId`.

Anotacija @Table se postavlja na nivou klase, a koristi se za definisanje naziva tabele, kataloga ili šeme entiteta. Ukoliko ova anotacija nije definisana, koristiće se podrazumevane vrednosti, odnosno naziv klase entiteta. Za mapiranje kolona, na osnovu get metoda, koristi se @Column anotacija. Koristi se kako bi se zamenila podrazumevana vrednost.

3. IMPLEMENTACIJA

Ova aplikacija se sastoji iz serverskog i klijentskog dela, koji komuniciraju pomoću deljenih klasa. Serverski deo aplikacije služi za rad sa bazom podataka, kao i spremanje podataka dobijenih iz baze podataka u oblik pogodan za slanje preko mreže klijentskom delu aplikacije, ali i primanje novih ili izmenjenih podataka od klijenta i njihov upis u bazu, ili brisanje iz nje.

Glavni deo implementacije serverskog dela aplikacije se nalazi u klasi EntityServiceImpl.java, koja nasleđuje interfejs RemoteServiceServlet i implementira sinhroni interfejs EntityService. Kako se klijentska i serverska aplikacija obično nalaze na različitim Java virtuelnim mašinama, a potrebno je da razmenjuju podatke, neophodna je serijalizacija tih podataka, koji se prenose preko mreže. Kada se podaci, pomoću hibernate-a, prihvate iz baze podataka, upišu se u listu podataka. Kako bi se mogli slati klijentu, moraju se prevesti u oblik pogodan za serijalizaciju. Klasa DataAdapter služi za prenos podataka između servera i klijenta, pa zato mora implementirati interfejs com.google.gwt.user.client.rpc.IsSerializable.

Prepisivanje podataka iz liste u odgovarajuća polja klase DataAdapter se vrši pomoću metode EntityServiceImpl.getEntities.

Kako bi se iz liste izvukli podaci, bez prethodnog poznavanja njihovog tipa, mora se koristiti refleksija. Refleksija predstavlja dobijanje informacija o klasi u vreme izvršavanja.

Klijentska aplikacija sadrži klase za prikaz podataka iz baze podataka, kao i klase za rad sa tim podacima. Klasa LocalDataAdapter je osmišljena kao klasa koja će povezati klase korisnički definisanih komponenti: tabelu tipa DBTable, navigator tipa DBNavigator, edit panel tipa DBEditPane i adapter tipa DataAdapter, koji sadrži podatke koje dele. Upravo iz razloga što ove komponente pristupaju istim podacima, ali i da mogu da "vide" jedni druge, javila se potreba da se implementira jedna klasa koja povezuje sve komponente i daje im pristup podacima – klasa DataAdapter.

Za prikaz podataka na klijentskoj strani koristi se korisnički definisana komponenta DBTable. Korisnički definisana komponenta DBEditPane sadrži modifikovana edit polja, koja su realizovana klasom DBLabelAndTextBox, koja služi za prikaz i izmenu podataka iz tabele. Klasa DBLabelAndTextBox nasleđuje klasu LabelAndTextBox, koja sadrži dve komponente Label i TextBox. Osim niza edit polja, edit panel sadrži i tri dugmeta btnSave, btnClear, btnCancel, koja služe redom za snimanje, brisanje unetih podataka u poljima i odustajanje od izmene podataka.

Komponenta DBNavigator služi za navigaciju kroz slogove tabele, kao i za operacije nad njima. DBNavigator je komponenta koja se sastoji iz sedam dugmića za:

fokusiranje na prvi slog u tabeli, fokusiranje na slog koji prethodi slogu koji je trenutno fokusiran, fokusiranje na slog koji se nalazi posle sloga koji je trenutno fokusiran, fokusiranje na poslednji slog u tabeli, dodavanje novog sloga, brisanje selektovanog sloga i ažuriranje selektovanog sloga. Navedene komponente su prikazane na slici 1.

red: 1 kolona: 0

jmbg

ime

prezime

brojIndeksa

datumRodjenja

Sacuvati Otkazati Obrisati

jmbg	ime	prezime	brojIndeksa	datumRodjenja
1365890051986	Zarko	Zarkovic	F12346	2002-01-20
2549131051986	Petar	Petrovic	F12345	2001-05-30
467	Jovan	Jovanovic	F12348	2004-04-24
46732	Milan	Milanovic	F12348	2004-04-24
5544	Petar	Petrovic	5050	1980-01-11

< < > > + - ^

Slika 1. Komponente za rad sa bazom podataka

4. ZAKLJUČAK

Ovim radom su predstavljene prednosti programiranja, testiranja i debugiranja AJAX web aplikacija upotrebom GWT okruženja, čime je izbegnuto programiranje u samom Java Scriptu.

To je postignuto upotrebom Google-ovog alata koji Java kod prevodi u JavaScript, pri čemu se premošćuju sitne nekompatibilnosti među internet browserima i platformama, a čime se u mnogome olakšava rad programerima. Pri tome, sama činjenica da je ceo kod napisan u programskom jeziku Java omogućava modularnost projekta i njegovo olakšano ponovno korišćenje, kao komponente, u drugim projektima.

U radu su prikazane korisnički definisane GWT komponente koje omogućuju jednostavan rad sa bazama podataka.

Razvijene su i vizuelne i nevizuelne komponente za prikaz i manipulaciju podacima iz baze podataka. Vizuelne komponente prikazuju podatke, omogućuju navigaciju, dodavanje novih, izmenu i brisanje postojećih podataka u bazi.

5. LITERATURA

[1] Google Web Toolkit
<http://code.google.com/webtoolkit/overview.html>

[2] Bruce Eckel. Misli na Javi. Mikro knjiga, 2007
 ISBN 978-86-7555-308-3

[3] Hibernate, JBoss Community
<http://www.hibernate.org/docs>

Kratka biografija:

Svetlana Baus je rođena 1982. godine u Somboru. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Računarstvo i automatika – Računarske nauke i informatika, odbranila je 2012. godine.

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

TEHNIČKA REŠENJA SOLARNIH AUTOMOBILA**TECHNICAL SOLUTIONS OF SOLAR CARS**Marija Budimir, Vladimir Katić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom preglednom radu razmatrana su tehnička rešenja solarnih automobila. Rad sadrži osnovne aspekte funkcionalne primene energetske elektronike u električnim i hibridnim solarnim vozilima.

Abstract – This paper presents an overview of technical solutions of the solar automobiles. It contains basic aspects of functional usage of power electronics in electric and hybrid solar vehicles.

Ključne reči: Energetska elektronika, solarni paneli, solarni električni automobili, solarni hibridni automobili

1. UVOD

Razvoj tehnologija zasnovanih na korišćenju sunčeve energije motivisan je činjenicom da je Sunce neiscrpan izvor ekološki potpuno čiste energije. Za sada, ove tehnologije zbog tehničko-tehnoloških rešenja proizvode električnu energiju koja je znatno skuplja od energije koju proizvode termoelektre. Smatra se da će dalji razvoj u ovoj oblasti doprineti većoj efikasnosti i ekonomičnosti. Današnji razvoj električnih solarnih i hibridnih solarnih automobila prvenstveno je motivisan ekološkim razlozima. Ovi automobili ne zagađuju direktno životnu okolinu jer ne ispuštaju izduvne gasove, pa je njihova proizvodnja jedan od imperativa ako se žele smanjiti efekti globalnog zagrevanja.

Prvi solarni automobil konstruisan 1982. godine je prešao put od 4052 km za 20 dana sa srednjom brzinom kretanja od 23 km/h. Konstantan razvoj u ovoj oblasti primene solarne energije omogućio je da se danas postižu sve bolji rezultati. Uz porast broja solarnih elektrana i građevina koje same sebe napajaju solarnom energijom, sve je veća zastupljenost i električnih i hibridnih električnih automobila koji koriste solarnu energiju. Možemo reći da je tehnologija solarne energije tehnologija budućnosti.

2. KLASIFIKACIJA SOLARNIH AUTOMOBILA

Solarni automobili se mogu klasifikovati u dve grupe u zavisnosti od njihove konstrukcije: električni solarni automobili (EV) i hibridni solarni automobili (HEV). Ukoliko u automobilu postoji samo električni motor, onda je reč o električnom vozilu (EV). Ova vozila spadaju u grupu ZEV (Zero Emission Vehicles). To su vozila koja ne emituju nikakve štetne gasove u atmosferu.

NAPOMENA:

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

Nedostaci ove vrste vozila su mala autonomnost (mali radijus kretanja), velika težina akumulatora i nerazvijena infrastrukturna podrška koji su ograničili njihovu primenu na uski spektar gradskih i specifičnih vozila.

Hibridna električna vozila (HEV) koriste i motor sa unutrašnjim sagorevanjem i električni motor. Ova vozila spadaju u kategoriju vozila sa malom emisijom štetnih gasova LEV (Low Emission Vehicles).

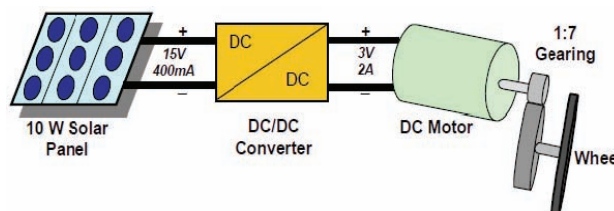
3. ELEKTRICNI SOLARNI AUTOMOBILI**3.1 Princip rada**

Princip rada solarnog automobila se može ukratko opisati kroz postupak izrade prototipa, koji je prikazan je na slici 1. Za konstruisanje ovog prototipa iskorišćeni su: solarni panel, baterije koje se mogu puniti, diode, relejsko kolo, tranzistor, komparator, DC motor i aluminijumsko postolje kao šasija automobila.



Slika 1. Prototip solarnog automobila

Solarni panel obezbeđuje konverziju solarne energije u električnu, kojom se preko odgovarajućeg pretvaračkog sklopa reguliše brzina DC motora. Princip je jednostavan, ali se u implementaciji mogu javiti neki problemi, kao što su: prejak izvor napona (koji može ometati rad motora), neadekvatan protok struje (motor ne može da pokrene točkove) ili nemogućnost održavanja kretanja. Ovi problemi mogu biti rešeni korišćenjem DC/DC konvertora, koji može spuštati napon, a povećavati struju. DC/DC konvertor se povezuje između izlaza solarnog panela i ulaza DC motora, slika 2:



Slika 2. Blok šema solarnog automobila sa DC/DC konvertorom

3.2 Napajanje - Solarni paneli

Napajanje solarnih automobila može dvojako, odnosno oni mogu biti konstruisani tako da se energija dobija iz solarnog panela ugrađenog na automobile (slika 3) ili iz solarne energetske mreže (slika 4).

Solarni moduli ugrađeni na vozilu se uglavnom koriste kod automobila koji učestvuju na trkama. Najbolje solarne ćelije mogu obezbediti snagu od 1,5 kW. Ova snaga je dovoljna za trkačke solarne automobile koji razvijaju brzine i veće od 90 km/h po veoma sunčanom danu. Kod automobila za praktičnu primenu ugrađuju se solarni paneli snage 300 – 400 W. Zbog ovoga se veći deo struje potrebne za vožnju obezbeđuje iz baterije. Ipak, ugradnja solarnih panela ima nekoliko prednosti: baterija se puni kad god je sunčano vreme, kada auto stane ili je parkiran, energija iz solarnog panela obezbeđuje dovoljno energije za vožnju tokom 8 – 12km po danu, solarni paneli održavaju bateriju napunjenom, čak i ako je vozilo parkirano nedeljama i solarni krov štiti auto od toplote Sunčevog zračenja.



Slika 3. cspAf7071



Slika 4. Solarna stanica u San Hozeu

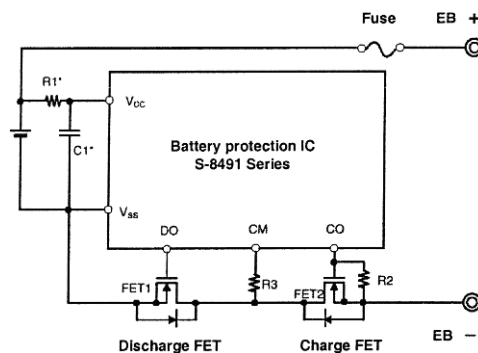
Solarna energetska mreža podrazumeva da se električna energija dobija iz solarnih (PV) elektrana. Ako se dobijena električna energija isporučuje u električnu mrežu, ta energija se može iskoristiti za punjenje baterija solarnih automobila. Druga, slična mogućnost je da solarni PV sistem daje energiju za sopstvene potrebe, odnosno formira se solarna stanica. U oba slučaja, bez obzira što taj automobil nema ugrađen solarni panel, automobil se smatra solarnim. Najveći problem sa

punjenjem baterija na solarnim stanicama je dugačko vreme punjenja baterija. To može biti razlog da se električni automobili ne koriste masovno. Zato se npr. u Francuskoj ovakva infrastruktura gradi na popularnim destinacijama.

3.3 Baterije

Postoji nekoliko vrsta baterija koje se mogu koristiti u solarnim automobilima: olovne baterije, nikl-kadmijumske (Ni-Cd), nikl-metal-hidridne, nikl-cink (više nisu u upotrebi).

Litijum-jonske baterije su veoma preporučljive za korišćenje u automobilima visokih performansi. One omogućuju veliku specifičnu energiju veliki broj punjenja i pražnjenja baterije. Jedino ove baterije su dostupne u malim dimenzijama, pa se one tako mogu spajati, serijski ili paralelno, da bi se dobila baterija većeg kapaciteta. Zabrinutost u vezi bezbednosti baterije je dovela do razvoja specijalnih integrisanih kola (slika 5) koja štite bateriju od oštećenja, a samim tim i od njihovog zapaljivanja.



Slika 5. Šematski prikaz kola za zaštitu Li-jonske baterije

Litijum jonske baterije imaju i svoju integrisanu zaštitu koja je realizovana dodavanjem bajpas dioda. Ove diode omogućuju da struja kontinuirano protiče u otvorenom kolu kada su aktivni režimi rada zaštitnog kola pa je neki modul isključen. To omogućuje kretanje automobila tokom vremena koje je na raspolaganju dok se ne desi resetovanje zaštitnog režima.

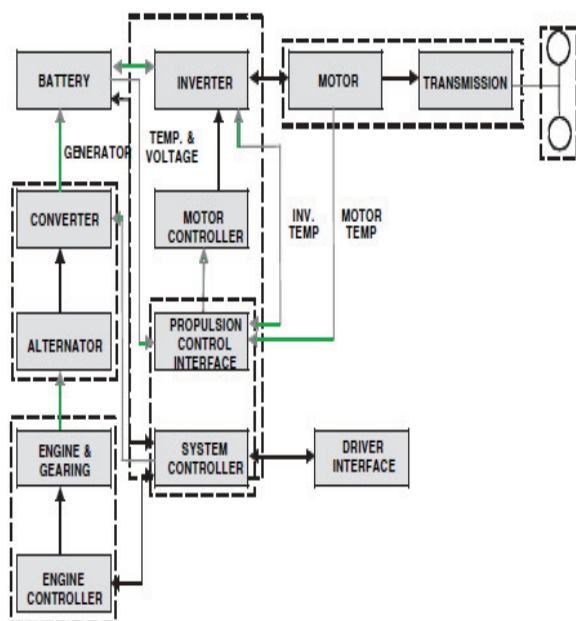
3.4 Motori

Uloga motora u električnim vozilima je dvojaka. Prilikom vožnje, motor konvertuje električnu energiju u mehaničku, a tokom kočenja mehaničku u električnu energiju. Danas su u upotrebi mnogi tipovi motora. Svaki od njih ima svoje prednosti i mane u zavisnosti od toga za šta se koristi.

Najčešće korišćen motor u solarnim automobilima je DC motor sa permanentnim magnetima. To je sinhroni DC motor, bez četkica. Njegove prednosti za korišćenje u solarnim automobilima su: visoka efikasnost i pri velikim opterećenjima, minimalno održavanje (jer nema komutator i četkice), dug vek trajanja i veća pouzdanost, nema četkice, što eliminiše potrebu za velikom inercijom rotora, kao i pojavu varnica, zatim, moguće je menjati geometriju motora (položaj i broj magneti), velika snaga i obrtni moment.

4. HIBRIDNI SOLARNI AUTOMOBILI

HEV, u zavisnosti od konfiguracije, sadrže različite sklopove energetske elektronike. Tipična konfiguracija serijskog HEV prikazana je na slici 7.



Kod ovakve strukture pogonski sistem čine izvor električne energije koji, preko invertora, napaja pogonski elektromotor. U ovaj sistem se implementira pomoćni

5. PRIMENA SOLARNIH AUTOMOBILA

5.1 The World Solar Challenge

5.2 American Solar Challenge

1023

inženjerskih veština i izdržljivosti koja se proteže kroz hiljade kilometara javnih puteva.

5.3 The South Africa Solar Challenge

The South African Solar Challenge je trka automobila na pogon alternativne energije u Južnoj Africi, sa klasama za hibridna vozila, električna vozila, solarna vozila i vozila koja se pokreću biorazgradivim gorivom. Prva trka je održana 2008. godine i održava se na svake dve godine. Dužina rute trke je preko 4,100 km (2,500 mi). Ruta trke može se menjati iz godine u godinu, ali je isplanirano da ona počinje od Johannesburg-a, preko Cape Town-a i Durban-a, završavajući se u Pretoria (slika 9).



Slika 9. Putanja trke South African Solar Challenge

Primarni cilj trke je dizajniranje, upravljanje, konstruisanje i trka automobila na solarni pogon duž Južne Afrike. Cilj ovog događaja jeste saradnja između naučnika, studenata, fizičkih lica i raznih industrijskih i vladinih partnera, da rade zajedno i imaju sigurnu tehnološki bogatu manifestaciju.

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu dat je pregled električnih i hibridnih solarnih vozila i osnovni principi njihovog funkcionisanja. Svakako da je ova oblast veoma kompleksna, pa je veoma teško obuhvatiti sve tehničke karakteristike i probleme. Ovaj rad je preglednog karaktera i zato se ne bavi detaljnom analizom jednog modela, već je dat suštinski opis osnovnih tipova električnih i hibridnih solarnih automobila. Kao što je već napomenuto na početku rada, osnovni razlozi razvoja električnih i hibridnih solarnih automobila su očuvanje životne sredine i ekonomska isplativost. Pojava i razvijanje alternativnih izvora energije (kao što su gorive ćelije, solarne ćelije...), uređaja za akumulisanje te energije (superkondenzatori) i razvijanje energetske elektronike omogućuju razvoj auto industrije u smeru u kome se sada razvija.

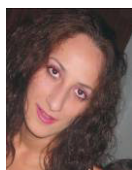
Tehnološkim usavršavanjem alternativnih izvora energije omogućena je proizvodnja automobila sa niskom emisijom gasova, a sve više i automobila sa nultom emisijom štetnih gasova. Time je dosta doprineto očuvanju životne okoline, a to je jedno od najvažnijih pitanja današnjice. Predviđa se da će 2015. godine na svetu postojati 17 miliona električnih i hibridnih automobila, dok će 2050. godine taj broj porasti na 50 miliona.

Solarne ćelije montirane na krov ili haubu automobila mogle bi danas da posluže samo kao dopunski izvor za punjenje baterija. Međutim, današnji stepen razvoja solarnih ćelija ne omogućava njihovu masovniju primenu kao glavnog (jedinog) pogona na vozilu jer imaju brojne nedostatke koje treba otkloniti u budućnosti. Pa ipak, ako cena ćelija bude dovoljno niska njihova masovna upotreba za dopunjavanje akumulatora može da ima značajan uticaj na ekološke i energetske prilike na zemlji i to u vrlo bliskoj budućnosti.

7. LITERATURA

- [1] Md Golam Shahriar Majumder, Touhidul Alam, Md Ashraf Uddin Ahmed Zubair, „Environment Friendly Solar Car“, *Brac University, EEE Department*
- [2] B.Kennedy, D.Patterson, S.Camilleri, „Use of lithium-ion batteries in electric vehicles“, *Journal of Power Sources*, Vol.90, 2000., pp. 156-162
- [3] A.J.Reghezani, „A Motor controller for the solar car“, *The University of Queensland, Australia*, 1998.
- [4] I.Arsie, M.Cacciato, A.Consoli, G.Petrone, G.Rizzo, M.Sorrentino, G.Spagnuolo, „Hybrid Vehicles and Solar Energy: a Possible Marriage?“, *ICAT06*, Istanbul, November 17, 2006.
- [5] Mehrdad Ehsani, Yimin Gao, Ali Emadi, „Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles, Fundamentals, Theory, and Design“, *CRC Press*, 2009.

Kratka biografija:



Marija Budimir rođena je u Kraljevu 1982. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva pod nazivom „Tehnička rešenja solarnih automobila“ odbranila je 2012.god.



Prof. dr. Vladimir Katić diplomirao je 1978. god. na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, a magistrirao 1981. godine na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu. Doktorsku disertaciju odbranio je na Univerzitetu u Beogradu 1991. god. Od 2002. god. je redovan profesor Univerziteta u Novom Sadu na Fakultetu tehničkih nauka za oblast Energetska elektronika, mašine i pogoni.

PROJEKTOVANJE FOTONAPONSKE ELEKTRANE – PREGLED SOFTVERSKIH ALATA REVIEW OF SOFTWARE PACKAGES FOR DESIGNING OF A PHOTOVOLTAIC PLANT

Mladen Petronijević, Vladimir Katić, *Fakultet Tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je dat opis fotonaponske elektrane i model solarnog panela. Zatim su predstavljeni tipovi fotonaponskih elektrana, načini unutrašnjeg povezivanja kao i uslovi priključenja fotonaponskih elektrana na javnu mrežu. Ključni deo rada prikazuje izbor dostupnih, praktičnih i najvažnijih softvera za projektovanje fotonaponskih elektrana. Data je klasifikacija softvera na osnovu definisanih kriterijuma i izvršeno njihovo rangiranje. Za odabrani softver dat je primer projektovanja jedne fotonaponske elektrane.

Abstract - The paper presents the composition of a photovoltaic power plants and describes a model of a solar panel. Features of different types of photovoltaic power plants, methods of interconnection, as well as conditions of connecting photovoltaic power plants to the power grid are presented. The key part of the paper presents varieties of available, practical and essential software for designing photovoltaic power plants. Classification of presented software according to predefined criteria and their ranking is given. For the best ranked one, an example of its application for designing a photovoltaic power plant is presented.

Ključne reči: Obnovljivi izvori energije, Fotonaponske elektrane, Softverski alati za projektovanje.

1. UVOD

Energija zračenja Sunca koja dolazi do Zemljine površine, odnosno potencijalno iskoristivo zračenje Sunca, iznosi oko $1,9 \times 10^8$ TWh godišnje [1]. Ta energija je oko 170 puta veća od energije ukupnih rezervi uglja u svetu. Potencijal sunčeve energije predstavlja 16,7% od ukupno iskoristivog potencijala obnovljivih izvora energije (OIE) u Srbiji [2].

Fotonaponske (FN) ćelije omogućuju direktno pretvaranje sunčeve energije u električnu i predstavljaju jedan od najelegantnijih načina korišćenja solarne energije. Princip rada zasniva se na FN efektu, a FN ćelije, kao osnovni elementi se povezuju u veće celine, koje se nazivaju FN paneli ili moduli.

Povezivanjem većeg broja FN panela u jednu celinu, dobijaju se izvori električne energije snage od nekoliko kW do više desetina MW, odnosno solarne FN elektrane.

NAPOMENA:

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

One se mogu podeliti na dve osnovne grupe:

- FN elektrane priključene na javnu elektro-energetsku mrežu (in-grid)
- samostalni sistemi, koji nisu priključeni na javnu elektro-energetsku mrežu (off-grid).

Softveri koji se koriste za projektovanje ovih elektrana su glavni zadatak obrade u ovom radu.

2. FN ĆELIJA

FN ćelija je p-n spoj, koji pomoću fotonaponskog efekta sunčevo zračenje pretvara u električnu energiju. Njeni najvažniji parametri su napon praznog hoda, struja kratkog spoja, snaga FN ćelije i efikasnost. FN ćelije moguće je spajati u seriju, čime se povećava napon i/ili u paralelu čime se povećava struja. Na isti način se dobijaju FN paneli (moduli), koji se danas prave za snage od nekoliko desetina vata do oko 300W.

3. OPIS SOLARNE FN ELEKTRANE

Optimalan položaj prijemnika sunčevog zračenja je različit za različite lokacije na Zemlji i predstavlja onaj položaj pri kome je količina zračenja koja dospeva do njega najveća moguća [3]. Položaj prijemnika sunčevog zračenja određuju ugao orijentacije i ugao nagiba. Uzimajući kao kriterijum optimalan položaj, fotonaponske panele možemo podeliti u dve grupe:

- sa fiksnim FN panelima
- sa FN panelima, koji prate poziciju Sunca.

Fiksni FN paneli su oni koji nemaju mogućnost praćenja položaja Sunca. Kao opšte pravilo za određivanje optimalnog ugla nagiba (inklinacije) može se uzeti da je inklinacioni ugao blizak vrednosti geografske širine lokacije FN panela. Za ugao orijentacije dovoljno je da kod lokacija koje se nalaze na severnoj hemisferi paneli budu orijentisani prema jugu i obrnuto.

Kod sistema sa mogućnošću praćenja pozicije Sunca razlikujemo one sa jednom osom rotacije i one sa dve ose rotacije. Upoređujući sa fiksnim sistemima, sistemi sa jednoosnim praćenjem položaja Sunca povećavaju godišnju proizvodnju za otprilike 23%, a sistemi sa dvoosnim praćenjem donose dodatnih 6%.

4. STRUKTURA SOLARNE FN ELEKTRANE

Povezivanjem FN nizova formiraju se FN polja i time dobijamo FN elektranu. To se može obaviti na neki od sledećih načina [3,4]:

- jedan samostalni inverter za čitavu elektranu
- jedan inverter za svaki FN niz
- jedan inverter za više FN nizova

4.1 FN elektrana sa jednim invertorom

Poznata je i pod imenom FN elektrana sa centralnim invertorom. Koristi se i kod malih i kod velikih postrojenja. Prednost je manja cena, kompaktna izvedba, manje zauzetog prostora, ali je veliki nedostatak manja pouzdanost, jer kvar invertora dovodi do prekida rada čitave elektrane.

4.2 Jedan invertor za svaki FN niz modula

Koristi se kod elektrana srednje veličine, tako što se svaki niz vezuje na sopstveni invertor. Ovaj raspored povećava efikasnost i pouzdanost, ali i cenu čitave elektrane. Ipak, omogućuje da elektrana radi i ako su delovi u kvaru ili nemaju dovoljna sunčevog zračenja.

4.3 Jedan invertor za više nizova

Koristi se kod velikih FN elektrana. FN polja su obično podeljena na više podpolja i svaki od njih opslužuje sopstveni invertor. Ispad jednog invertora ne znači gubitak proizvodnje cele elektrane, već samo odgovarajućeg podpolja. Potreban je manji broj invertora što smanjuje investicije.

5. PRIKLJUČIVANJE FN ELEKTRANE

Većina današnjih FN elektrana u svetu priključena je na elektroenergetsku mrežu. Priključak se izvodi preko invertora (DC-AC pretvarača) i priključne transformatorske stanice. FN elektrane male snage priključuju se na nisko-naponsku distributivnu mrežu, a FN elektrane veće snage (0,5-10 MW) na sredje-naponsku mrežu [4,5]. Sama izvođenja priključka su:

- priključak po sistemu ulaz/izlaz
- radijalni (T) spoj.

Uticaj priključenja FN elektrane se ogleda u naponskim prilikama i gubitku snage, uticaju na gubitke aktivne energije u mreži, uticaju priključenja na raspoloživost snabdevanja električnom energijom, uticaju na kratko-spojne prilike i zaštitu u mreži, kao i na uticaj na emisiju viših harmonika. Analiza ovih uticaja je obimna i izlazi iz oblasti interesa ovog rada.

6. PREGLED I OPIS SOFTVERSKIH ALATA

Softverski alati se koriste u različite svrhe kod FN sistema. Koriste se za projektovanje, optimizaciju, proveru, simulaciju rada, istraživanje, razvoj i obuku FN sistema. Ovde nije moguće opisati sve postojeće softvere već je samo dat pregled trenutno dostupnih i aktuelnih.

6.1 Pregled tržišta i klasifikacija

Demo verzije većine programa se ne naplaćuju i mogu, u nekim slučajevima, biti preuzete sa interneta. U odabiru softvera važan faktor su mogućnosti softvera. Takođe za izbor je bitno i to o kojoj vrsti sistema se radi (FN krovni, off-grid sistemi, FN hibridni ili in-grid sistemi). Programski podaci, parametri, baze podataka o vremenu i komponentama, kao i detalji o okruženju sistema i obimu funkcionisanja su bitni parametri za klasifikaciju softvera. Ovi softveri se mogu podeliti u 6 grupa [6]:

Prva grupa obuhvata softvere za grubu analizu i proračun. Ovi programi su uglavnom bazirani na statističkim metodama u kombinaciji sa jednostavnim

proračunima. Rezultati su uglavnom zasnovani na mesečnim vrednostima. Ovakvi programi su orijentisane aplikacije koje vrlo brzo dostavljaju rezultat. Po pravilu oni su manje fleksibilni i mogu biti korišćeni samo za standardne sisteme.

Zbog njihove jednostavne strukture računski procesi u programima za proračune su pogodni za simulacione programe na internetu.

Drugu grupu čine softveri kojima su obuhvaćene sve funkcije neophodne za celokupno projektovanje jedne FN elektrane. Ovi softveri su primarni cilj ovog rada i pojedini će u daljem tekstu biti detaljnije opisani.

Treću grupu čine softveri koji omogućavaju sprovođenje različitih vrsta simulacija.

Četvrtu grupu čine softveri vezani za pomoćne programe, koji se bave jednim segmentom potrebnim za projektovanje FN elektrana (na pr.: klimatskim podacima, komponentama sistema, ...).

Petu grupu čine nezavisni i programi za interpretaciju, **Šesta grupa** predstavlja softvere koji svoj rad obavljaju na internetu.

Od ovih softvera odabrano je nekoliko najinteresantnijih za kratak opis u ovom radu.

6.2 Sunny Design

Omogućava projektovanje u 3 koraka: definisanje FN generatora, specifikacija tipa invertora, proračun. Program je besplatan, relativno jednostavan za upotrebu, pa stoga nije potrebno mnogo vremena za njegovo savladavanje. Posедуje dobre baze podataka sa modulima i invertorima kao i meteorološke baze podataka [7].

6.3 Profotonapsis

Omogućava izvođenje neophodnih proračuna pri projektovanju, uglavnom, manjih in'grid FN sistema, te prikaz rezultata proračuna u vidu grafika i tabela [8]. Program je realizovan kao skup radnih tabela i namenjen za korišćenje u već postojećim programskim paketima kakvi su Open Office Calc i Microsoft Office Excel. Sastoji se iz nekoliko radnih listova:

- podaci o projektu
- mesto montaže
- provera za zasenjavanja
- izbor elemenata
- predmer i predračun
- proizvodnja el.energije
- ekonomska analiza.

6.4 PV syst

Sastoji se iz 3 koraka: predprojektovanje, dizajniranje projekta, alati i baze podataka. Predprojektovanje nudi grubo preddimenzionisanje proizvodnje FN sistema. Proračuni u ovom koraku se izvode bez realnih komponenti i nisu merodavni za proučavanje i konačno projektovanje.

Project design je centralni deo svakog projekta u kom se unose ključni parametri za definisanje FN sistema, vrši analiza senčenja, gubitaka i ekonomska analiza.

Alati i baze podataka sadrže kataloge sa alatima i komponentama koje su neophodne za projektovanje FN elektrana. PV syst košta oko 1000\$ i za njegovo korišćenje je neophodna obuka [9].

6.5 Homer

Homer je računarski model razvijen od strane američke laboratorije za obnovljivu energiju, a osnovni zadatak mu je pomoć u modelovanju obnovljivih izvora energije i njihovom poređenju [10]. Ima 3 koraka: simulacija, optimizacija i analiza osetljivosti. Nije praktičan za upotrebu, jer korisnik mora sam da obezbedi kataloge sa meteorološkim podacima i podatke o komponentama.

6.6 PV Sol

Softverski paket razvijen od strane Valentin Energie Software iz Berlina [11]. Omogućava projektovanje i simulaciju FN sistema. Sastoji se iz nekoliko faza: Conditions, System, Calculations, Results, Databases. Omogućava korišćenje programa na više jezika.

6.7 Solar Advisor Model

Razvijen od strane laboratorije NREL. Dobra strana mu je što je besplatan sa solidnim bazama podataka. Pruža velike mogućnosti u delu ekonomske analize FN elektrana i pre svega je namenjen američkom tržištu. I za njegovu upotrebu je neophodan kurs [12].

7. POSTAVLJANJE KRITERIJUMA I IZBOR NAJPOVOLJNIJEG SOFTVERA

Kao kriterijumi za ocenu softvera su uzeti sledeći parametri: 1. Cena, 2. Izvor meteo podataka, 3. Tracking, 4. Senčenje, 5. Izlazni podaci, 6. Broj modula, 7. Broj invertora, 8. Vreme učenja i 9. Opšti utisak.

Kako je ovaj rad pisan iz perspektive studenata, cena softvera je uzeta kao ključni kriterijum i bodovana je sa najviše poena (od 1-10 poena), dok su ostali parametri bodovani u opsegu 1-6 poena. U tabeli 1 je prikazan rezultat bodovanja pomenutih softvera.

Tabela 1. Prikaz rezultata bodovanja

Softver	HOMER	PV Sol	Solar Advisor Model
Cena	10	4	6
Izvor meteo podataka	1	6	3
Tracking	3	6	3
Senčenje	1	3	3
Izlazni podaci	3	6	3
Moduli	1	3	3
Invertori	1	3	3
Vreme učenja	3	1	3
Opšti utisak	1	3	3
Rezultati	24	35	35

8. PRIMER PRIMENE ODABRANOG SOFTVERA

Na osnovu postavljenih kriterijuma, najviše poena je dobio softverski paket Sunny Design. Kao primer primene ovog softvera urađen je projektovanje FN elektrane snage 0,5 MW. Zbog usklađivanja dizajna FN elektrane i izbora odgovarajućeg invertora, nominalna snaga elektrane je promenjena na 0,48 MWp, a u postrojenju će biti instalirano 2016 modula pojedinačne snage 240Wp. Za lokaciju je odabrana parcela pored Titela sa nagibom od 9,46°.

Na slici 1 prikazan je položaj ove parcele. Ovakav položaj je izabran, jer smanjuje senčenje i površinu potrebnog zemljišta za postavljanje panela.

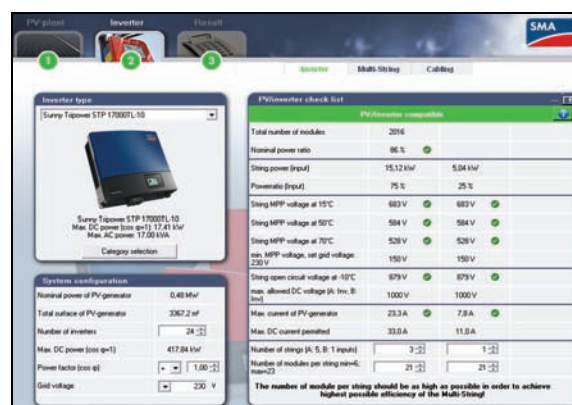


Slika 1. Prikaz odabrane lokacije u Google Earth-u.

Odabran je solarni panel proizvođača Asola sa sledećim parametrima:

Nominalna snaga	P_{nom}	240	W
Nominalni napon	V_{MPP}	31,2	V
Nominalna struja	I_{MPP}	7,8	A
Napon na otvorenoj vezi	V_{oc}	37,17	V
Struja kratkog spoja	I_{sc}	8,28	A
Dimenzije		1660 x 990 x 46	mm
Efikasnost		14,6	%

Za inverter je odabran Sunny Tripower STP 17000TL-10. Njegovim unosom, program dalje sam vrši proračune i sa desne strane prikazuje rezultate. Na slici 2 dat je prikaz Sunny Design programa-prozor za odabir invertora sa prikazom proračunatih parametara. Izborom ovog invertora ostvaren je faktor dimenzionisanja 0,86, što je u dozvoljenim granicama. Maksimalna ulazna snaga ovog invertora je 17,41 kW, maksimalni DC napon na ulazu je 1000 V, pri čemu je nominalni DC napon 600 V, a MPPT prati naponski opseg od 150 V do 800 V.

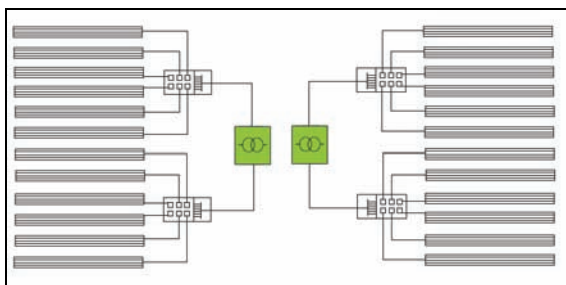


Slika 2. Prikaz Sunny Design programa-prozor za odabir invertora sa prikazom proračunatih parametara

S obzirom na to da ovaj inverter ima dva nezavisna ulaza A i B, maksimalne ulazne struje su 33 A, odnosno 11 A. Na ulazu A će biti priključena 21x3 FN modula, dok će na ulazu B biti priključen 21 modul. Maksimalna efikasnost ovog invertora je 98,2%, dok je njegova efektivna efikasnost 97,8%. Nominalna snaga na AC strani je 17 kW. Ovaj inverter poseduje zaštitu IP65, dimenzije su mu 665mmx690mmx265mm, a težak je 65 kg. Dužina jednog FN modula je 1,66m i uzimajući u obzir da u jednom redu ima 21 modul i postojanje manjih razmaka među njima, dužina reda je oko 36m. Kako je rastojanje od početka jednog do početka drugog reda 5m, a u jednoj podstrukturi ima 12 redova, uz uzimanje u obzir činjenice

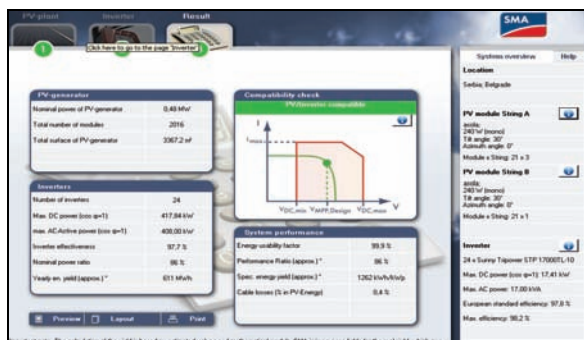
da je širina jednog reda 4m, rastojanje od prvog do poslednjeg reda iznosi 80m. Rastojanje između dve podstrukture FN postrojenja je 10m. Dakle, okvirne dimenzije parcele na kojoj će biti izgrađena fotonaponska elektrana su 80m x 60m.

U odabranoj varijanti kabliranja elektrana je podeljena na 4 podstrukture. Na slici 3 dat je prikaz povezivanja ovih podstrukture u FN elektranu. Ispred svake od ovih struktura je grupisano 6 invertora na koje se nastavljaju AC glavne priključne kutije. Preko njih se jednim AC kablom se ostvaruje konekcija sa odgovarajućom transformatorskom stanicom. AC glavne priključne kutije obično imaju 8 do 12 ulaza. Dužina kablova od grupe invertora do AC glavne priključne kutije će biti zanemarena. Rastojanje između dve podstrukture FN postrojenja će biti u granicama od 8m do 10m. Najduži DC kabl kojim se povezuju najudaljeniji redovi sa odgovarajućom grupom invertora je dužine 15m. Redovi koji su najbliži grupi invertora su povezani kablovima čija je dužina 2m, a srednji redovi kablovima dužine 8m. Presek kablova sa DC strane je 4mm². Iz svake grupe invertora, povezivanje sa odgovarajućom transformatorskom stanicom se izvodi jednim AC kablom, koji je dužine 15m i poprečnog preseka 10mm².



Slika 3. Prikaz povezivanja elemenata FN elektrane

Obradom opisanih parametara softver daje odgovarajuće rezultate. Na slici 4 prikazan je Sunny Design programski prozor sa prikazom rezultata. Iz dobijenih rezultata se može videti da je ukupna površina panela 3367,2 m², a da je godišnji prinos energije 1262 MWh.



Slika 4. Sunny Design program - prozor sa rezultatima.

9. ZAKLJUČAK

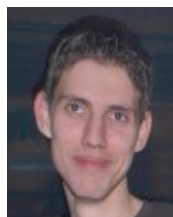
U Srbiji su FN sistemi još uvek retkost, pre svega zbog cene i visine investicije, ali se očekuje da u narednom periodu budu znatno zastupljeniji [13]. To su razlozi zbog kojih bi se trebalo upoznati sa softverskim paketima kojima se projektuju FN elektrane, odnosno znatno olakšava proces projektovanja i skraćuje potrebno vreme.

U ovom radu dat je pregled i opis softverskih paketa kao i njihovo rangiranje na bazi predloženih kriterijuma. Odabran je softver *Sunny Design* i on je iskorišćen za primer projektovanja jedne FN elektrane snage 0,5 MW. Ipak, treba uzeti u obzir da su opisani softveri, uglavnom ograničene verzije, te je njihovo korišćenje najpogodnije za obuku studenata kroz manje složene primere. Za finalnu realizaciju projekata neophodno je koristiti profesionalne verzije, koje nude veliki broj mogućnosti, ali samim tim imaju i odgovarajuću cenu.

10. LITERATURA

- [1] AltE University, „World Solar Insolation Values“, <http://www.altestore.com>, 2011.
- [2] Lj. Stamenić, „Korišćenje solarne fotonaponske energije u Srbiji“, Jefferson Institute, Dec. 2009
- [3] G.M. Masters, „Renewable and Efficient Electric Power Systems“, John Wiley&Sons, New Jersey, 2004
- [4] ***, „Planning and installing photovoltaic systems: a guide for installers, architects and engineers“, DGS, 2nd Ed., Routledge, Berlin, 2007.
- [5] R. Goić, J. Krstulović Opara, I. Penović, D. Jakus, I. Zlatunić, „Priključak velikih fotonaponskih elektrana na distribucijsku mrežu“, 2. Savet. Hrvatski ogranak CIRED, Umag, 2010
- [6] <http://www.sunenergysite.eu/en/software.php>
- [7] <http://www.sma.de/en/products/plant-planning/sunny-design.html>
- [8] D. Tovilović, Z. Stojković, „Profotonapsis-programski alat za projektovanje fotonaponskih sistema“, Infoteh-Jahorina, Vol.10, Ref D-4, pp.292-296, 2011
- [9] <http://www.pvsyst.com/>
- [10] <http://www.homerenergy.com/>
- [11] <http://www.valentin.de/>
- [12] <https://sam.nrel.gov>
- [13] V.A. Katić, Z. Čorba, B. Dumnić, D. Milićević, „Mogućnosti razvoja fotonaponskih elektrana male snage u Srbiji“, XXX Savetovanje CIGRE SRBIJA, Zlatibor, 29.05.-03.06. 2011., CD ROM

Kratka biografija:



Mladen Petronijević rođen u Beogradu 1985. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu iz oblasti elektrotehnike i računarstva, smeru elektroenergetika-elektroenergetski sistemi odbranio je 2012 god.



Vladimir Katić rođen je u Novom Sadu 1954. god. Diplomirao je na FTN u Novom Sadu 1978., a doktorirao na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu 1991. god. Od 2002. god. je redovni profesor Univerziteta u Novom Sadu. Oblasti interesovanja su Energetska elektronika, Obnovljivi izvori električne energije i Kvalitet električne energije.

**PRIMENA PROGRAMABILNOG LOGIČKOG KONTROLERA SIEMENS S7-200 U
LABORATORIJI ZA ELEKTROMOTORNE POGONE****USE OF PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER SIEMENS S7-200 IN THE
LABORATORY FOR ELECTRICAL DRIVES**

Zlatko Jelić, Vlado Porobić, Darko Marčetić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Ovaj rad treba da omogući uvid u jednostavan i sistematičan pristup automatizovanju elektromotornih pogona pomoću programabilnog logičkog kontrolera u laboratorijskim uslovima.

Abstract – This paper should provide insight into a simple and systematic approach to automatization of electrical drives with programmable logic controller in laboratory terms.

Ključne reči: Programabilan logički kontroler, SIEMENS S7-200, Laboratorija za elektromotorne pogone

1. UVOD

Svojim razvojem, industrija je podstakla i razvoj nauke sa jednim ciljem, a to je ponuda što kvalitetnijeg proizvoda, ili usluge uz što efikasniji, brži, pouzdaniji i robusniji proces proizvodnje. Tako se došlo na ideju da se postojeći pogoni automatizuju naprednim sistemima upravljanja i da se na taj način stvaraju novi pouzdani automatizovani pogoni. U delo je sprovedena ideja o izradi upravljačkog uređaja, u elektronsko-mikroprocesorskoj tehnologiji, koji bi se mogao jednostavno reprogramirati u slučaju izmene u upravljačkim zadacima. Na scenu automatizovanih pogona stupio je uređaj nazvan programabilan logički kontroler (**P**rogrammable **L**ogic **C**ontroller), ili skraćeno PLC. Jedan od mogućih načina programiranja PLC kontrolera je taj da se izrađuje specifičan program, tzv. lestvičasti dijagram, koji je nastao na bazi prethodnih relejnih šema. Sam ciklus programiranja PLC kontrolera izvodi se uz monitoring PC računarom (što se obavlja preko komunikacijskih veza PLC kontrolera: RS485, MODBUS, PROFIBUS, Ethernet, Internet TCP/IP). U mnogim slučajevima taj monitoring preuzimaju programabilni terminali. Programabilni terminali omogućuju proveravanje stanja ulaza i izlaza PLC-a, unos podataka u PLC kontroler, ispis podataka iz kontrolera pri čemu se podaci mogu vizuelno pratiti na LCD ekranu terminala, i to na samom mestu gde se kontrolisani proces odvija. Izuzetno komplikovani i kompleksni industrijski procesi mogu se, u aktuelnoj eri digitalizacije, dosta dobro projektovati, izvesti i podesiti pomoću sistema tipa SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition). PLC kontroleri se kod tih primena povezuju u lokalnu računarsku mrežu SCADA sistema.

NAPOMENA:

Ovaj rad je proistekao iz master rada kojim je mentor prof. dr Darko Marčetić, vanredni profesor.

SIEMENS S7-200 serija PLC uređaja je serija najosnovnijih PLC kontrolera, svetski poznatog proizvođača ovih uređaja, fabrike Siemens. Zadatak ovog rada je da pokaže mogućnosti programiranja PLC uređaja SIEMENS S7-200 serije u cilju automatizacije elektromotornih pogona u laboratorijskim uslovima, što će detaljno biti prikazano na obrađenom primeru simulacije automatizovanja pogona pakerice (u poglavlju 4. ovog rada).

**2. LABORATORIJA ZA PRIMENU
PROGRAMABILNIH LOGIČKIH KONTROLERA**

Laboratorija se nalazi na lokaciji bivše zgrade TMD-a u Fruškogorskoj ulici, u okviru Laboratorije za elektromotorne pogone Fakulteta tehničkih nauka. U njoj se nalaze potpuno opremljeni radni stolovi. Na njima se nalaze gotove makete, električne mašine, upravljački uređaji i ostala oprema, a sve je međusobno funkcionalno povezano. Za ovim radnim stolovima omogućen je samostalan, neometan rad studenata. Na Slici 1. prikazan je izgled laboratorije za primenu PLC-a radi simulacije automatizovanja elektromotornih pogona.



Slika 1. Izgled laboratorije za primenu PLC-a

3. OPIS LABORATORIJSKIH VEŽBI

Na laboratorijskim vežbama primene PLC-a studenti se prvo susreću sa sledećim jednostavnim operacijama:

- Hardver: fizičko povezivanje ulaza i izlaza PLC-a na kutiju sa prekidačima (kako bi povezali relejni izlaz, odnosno analogni ulaz kontrolera)

- Program: samodržanje, tajmeri, brojači, upotreba analognog ulaza, forsiranje, generisanje povorke 10 impulsa...

Ciklus laboratorijskih vežbi posvećenih primeni PLC kontrolera, koje se izvode u ovoj laboratoriji, sastoji se od pet različitih vežbi. Sledi spisak laboratorijskih vežbi u kojem su sadržani sastavi maketa koje se koriste, kao i kratki opisi ciljeva svake pojedinačne vežbe:

1. Vežba – Maketu sačinjava: SIEMENS S7-200 + Tekstualni Displej TD200 + analogni ulazi

Cilj ove vežbe je da se pomoću tekstualnog displeja TD200 nauči: zadavanje reference, posmatranje veličina sa PLC-a, upotreba alarma...

2. Vežba – Maketu sačinjava: SIEMENS S7-200 + Frekventni Regulator Micromaster 440 u direktnoj vezi

Cilj ove vežbe je da se nauči: zadavanje reference, start i stop elektromotora preko digitalnih i analognih ulaza frekventnog regulatora...

3. Vežba – Maketu sačinjava: SIEMENS S7-1200

Cilj ove vežbe je da se nauče opšti primeri primene ovog tipa PLC-a: samodržanje, tajmeri, brojači, upotreba analognog ulaza, generisanje povorke 10 impulsa, zadavanje reference, simulacija automatizovanog starta elektromotora pomoću preklopke zvezda-trougao, simulacija automatizacije rada pakerice...

4. Vežba – Maketu sačinjava: SIEMENS S7-1200 + SCADA

Cilj ove vežbe je da se nauče opšti primeri ovakve primene PLC-a pri kontroli: tastera, potencijometra, izlaza, trendova, alarma...

5. Vežba – Maketu sačinjava: SIEMENS S7-300 + PROFIBUS + Frekventni Regulator Danfoss FC302

Cilj ove vežbe je da se nauči opšti princip primene PLC-a na ovaj način povezanog sa frekventnim regulatorom: zadavanje reference, start i stop elektromotora preko profibus komunikacije...

U daljem tekstu dat je izgled i kratak opis maketa na kojima se izvode dve od pet gorepomenutih laboratorijskih vežbi (2. Vežba i 5. Vežba). Fotografija makete koja se koristi za izvođenje 2. Vežbe data je na Slici 2.



Slika 2. Izgled makete za 2. Vežbu

Posmatrajući Sliku 2. počevši od njenog gornjeg levog ugla ka desnoj strani na maketi su poredani PLC (firme Siemens, serija SIEMENS S7-200, CPU 224XP, kao što je prikazano u [1]), napajanje 24V(DC), automatski osigurač napajanja na visokonaponskoj strani i motorni zaštitni prekidač koji štiti frekventni regulator. Na Slici 2. dole desno iznad grupe stezaljki nalazi se frekventni regulator (firme Siemens, serija Micromaster 440, veličina kućišta A, kao u [3, 4]), a sa njegove leve strane releji, dok su dole levo postavljeni tasteri i signalne svetiljke za signalizaciju. U 2. Vežbi frekventnim regulatorom se upravlja direktno pomoću programiranog PLC kontrolera, što nagoveštava i Slika 2., na kojoj je primetna direktna veza frekventnog regulatora i PLC-a.

U cilju jednostavnijeg povezivanja PLC-a SIEMENS S7-300 (CPU 314C-2DP) i Danfoss FC302 frekventnog regulatora u PROFIBUS mrežu izrađena je laboratorijska maketa koja objedinjuje pomenute uređaje na jednom mestu i koja sadrži Simeas P mrežni akvizicioni uređaj proizvođača Siemens. Maketa, takođe, sadrži i opremu za zaštitu ovih uređaja od potencijalnih kvarova, kao i opremu za signalizaciju. Na Slici 3. data je fotografija pomenute makete koja se koristi za izvođenje 5. Vežbe.



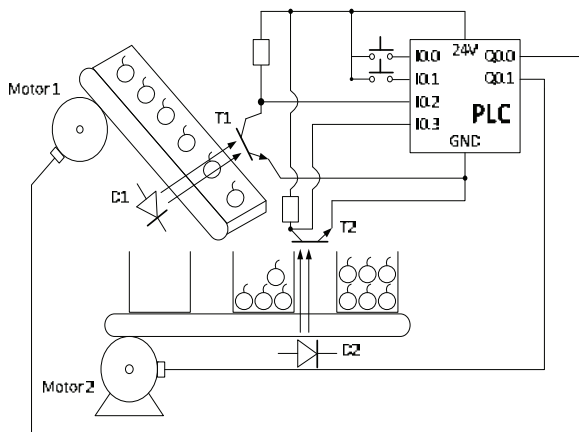
Slika 3. Izgled makete za 5. Vežbu

Na Slici 3. od zaštitne opreme mogu se primetiti motorni zaštitni prekidač sa pridruženim podnaponskim releom, automatski osigurači i total stop taster, izveden kao pečurkasti taster sa samozaporom. Na Slici 3. sa leve strane se vide još i tasteri za start, stop, ubrzanje i usporenje motora. Slika 3. otkriva na poziciji iza makete i transformator 220V(AC)/24V(DC) koji se koristi za napajanje izlaza PLC-a. Ova maketa predstavlja jedan deo realizovanog automatizovanog elektromotornog pogona. Drugi deo pogona čine Micromaster 440 frekventni regulator i SIEMENS S7-200 PLC sa EM277 PROFIBUS DP modulom, koji su skoncentrisani na drugoj laboratorijskoj maketi.

Ove vežbe omogućavaju studentima jednostavan pristup automatizovanju realnih procesa zasnovanih na elektromotornim pogonima. U poglavlju 4. koje sledi biće prikazan primer primene PLC-a kod upravljanja elektromotornim pogonom u konkretnom industrijskom procesu (pakovanje proizvoda).

4. PRIMER PRIMENE PLC-a ZA AUTOMATIZACIJU POGONA PAKERICE SA PLC SIEMENS S7-200

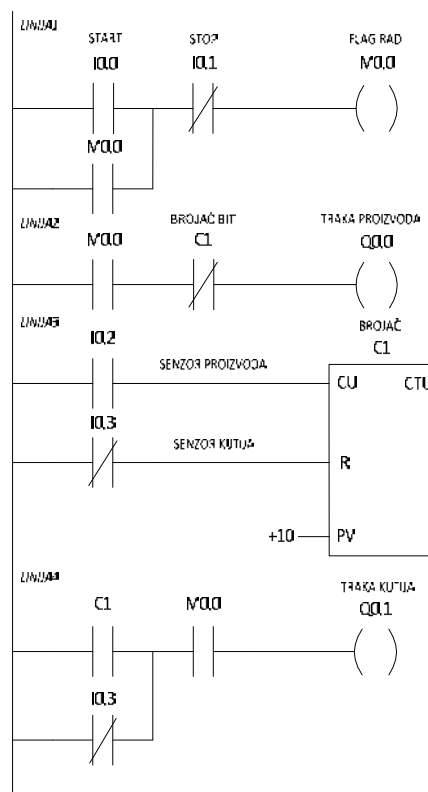
Pogon za pakovanje proizvoda, konstrukcije koja uglavnom može da se sretne u fabrikama prerađivačke industrije, sastoji se od dve pokretne trake. Jedna pokretna traka služi za kretanje proizvoda, a druga za kretanje ambalažnih kutija. Pokretne trake pogone njihovi elektromotori koji se nalaze ispod traka. Zadatak upravljanja ovim pogonom, koji se realizuje programiranjem PLC kontrolera SIEMENS S7-200 serije, zasniva se na pravovremenom i odvojenom pokretanju i zaustavljanju motora pokretnih traka signalima koji se motorima dovode preko određenih izlaza PLC uređaja. Za precizno određivanje trenutaka u kojima PLC treba da pošalje upravljački signal ka određenom motoru, koriste se dva tastera i dva senzora koji se povezuju na ulaze PLC kontrolera. Na Slici 4. šematski je prikazan način povezivanja ulaza i izlaza PLC kontrolera SIEMENS S7-200 serije, za slučaj simulacije postupka automatizovanja pogona pakovanja proizvoda u fabrikama prerađivačke industrije.



Slika 4. Šema vezivanja ulaza i izlaza PLC uređaja

Start taster se povezuje na ulaz I0.0, a stop taster se povezuje na ulaz I0.1 na PLC-u. Senzor prolaska (LED dioda D1 i fototranzistor T1) koji se aktivira kada proizvodi mimođu lokaciju senzora na pokretnoj traci sa proizvodima povezuje se na ulaz I0.2 na PLC kontroleru. Senzor pozicije (LED dioda D2 i fototranzistor T2) detektuje prisustvo kutije na unapred definisanoj poziciji na pokretnoj traci sa kutijama. Ovaj senzor se povezuje na ulaz I0.3 na PLC-u. Iako su senzori na obe pokretne trake izvedeni na principu optokaplera, način njihovog pojedinačnog delovanja se razlikuje. Senzor prolaska proizvoda aktivira upravljački signal (iz nivoa logičke 0 prelazi na nivo 1) sa tranzistora T1 ka ulazu I0.2 na PLC-u, tokom pojedinačnog prolaska proizvoda kroz snop svetlosti LED diode D1. Ovaj princip rada je istovetan principu rada normalno otvorenog kontakta. Sa druge strane, senzor pozicije kutija, dokle god kutija nije na definisanoj poziciji, provodi struju sa tranzistora T2 ka ulazu I0.3 PLC-a. U trenutku kada kutija dostiže definisanu poziciju na pokretnoj traci sa kutijama, kutija preseca snop svetlosti LED diode D2. Tek tada tranzistor T2 prekida svoje strujno kolo (ulaz I0.3 prelazi sa nivoa logičke 1 na nivo 0). Na ovaj način senzor pozicije ima princip rada kao i normalno zatvoreni kontakt. U ovom primeru je pretpostavljeno da se pre prvog pokretanja

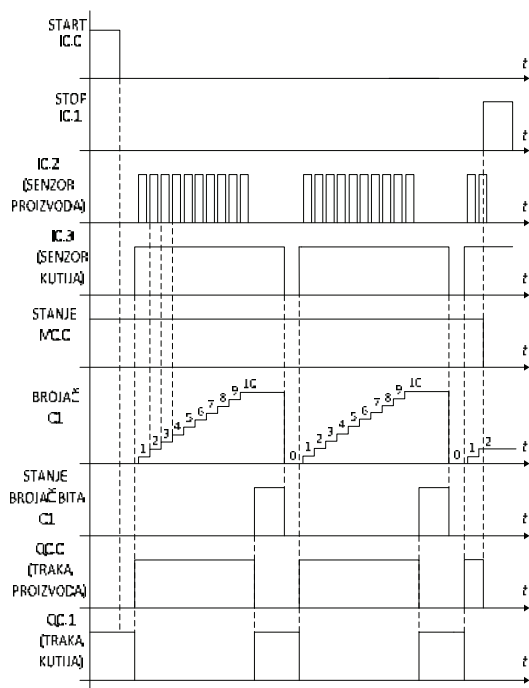
pogona, prva kutija za ambalažu proizvoda ručno postavi na definisanu poziciju. Ta pozicija se nalazi neposredno ispod krajnje ivice trake sa proizvodima. Na ovaj način senzoru pozicije kutija se šalje informacija o prisutnosti kutije na pravou poziciji. Preko Q0.0 izlaza PLC-a i njegove povezanosti sa motorom trake sa proizvodima (Motor1 na Slici 4.), kao i preko Q0.1 izlaza i njegove povezanosti sa motorom trake sa kutijama (Motor2 na Slici 4.), PLC kontroler upravlja pogonom pakerice. Na Slici 5. prikazan je lestvičast dijagram kojim se programira PLC na taj način da kontroler obezbedi kontinualno upravljanje jednim pogonom pakerice.



Slika 5. Lestvičast dijagram programa za PLC

Pritisak na start taster aktivira uslov I0.0 u prvoj liniji instrukcija koji omogućuje izvršenje instrukcije M0.0. To predstavlja setovanje (postavljanje na nivo logičke 1) prvog memorijskog bita M0.0 PLC kontrolera SIEMENS S7-200 serije. Mirni uslov stop tastera I0.1 u istoj liniji instrukcija, dopustiće izvršenje instrukcije za pomenuto setovanje M0.0 memorijskog bita. Aktivan uslov M0.0 u liniji samodrzanja prve linije instrukcija služi da memorijski bit M0.0 ostane na nivou logičke 1 i nakon otpuštanja start tastera. U drugoj liniji instrukcija, aktivan uslov memorijskog bita M0.0 omogućuje izvršenje instrukcije Q0.0, što predstavlja pokretanje motora trake sa proizvodima povezanog na izlaz Q0.0 PLC-a (Motor1). U istoj liniji instrukcija, mirni uslov Q0.1 dopustiće pomenuto izvršenje instrukcije za pokretanje motora trake sa proizvodima. Kada pokrenuti motor trake sa proizvodima dovede u kretnju proizvode na samoj pokretnoj traci, oni će nailaskom na senzor prolaska aktivirati dotični senzor. Samim tim se aktivira uslov I0.2 i to onoliko puta koliko pojedinačnih proizvoda prođe pored senzora i završi na kraju u kutiji. Aktivan uslov I0.2 svaki put će aktivirati CU ulaz brojača C1, koji je ovde

CTU (Count Up) tipa, a to znači da će se stanje brojača podizati za jedan pri svakoj pojavi aktivnog uslova I0.2 (tj. pri prolasku svakog novog proizvoda). Postavljena vrednost brojača C1 je u ovom slučaju PV=10, pa se prema tome nakon izbrojanih 10 proizvoda na pokretnoj traci aktivira bit stanja brojača C1. Aktivan uslov bita stanja brojača C1 uz aktivan uslov memorijskog bita M0.0, dovešće do izvršenja instrukcije Q0.1 u trećoj liniji instrukcija. To znači da će se pokrenuti motor pokretne trake sa kutijama (Motor2), koji je povezan na izlaz Q0.1 PLC-a. U istom trenutku mirni uslov brojač bita C1 u drugoj liniji instrukcija deaktivira izvršenje instrukcije Q0.0 (zaustaviće se motor trake sa proizvodima). U liniji samodržanja treće linije instrukcija nalazi se mirni uslov senzora pozicije kutija I0.3, koji će u trenutku kada kutija na pokretnoj traci dosegne definisanu poziciju, da deaktivira izvršavanje instrukcije Q0.1 (što će dovesti do zaustavljanja motora pokretne trake sa kutijama). U istom trenutku mirni uslov senzora pozicije kutija I0.3 aktivira reset ulaz R brojača C1, čime stanje brojača C1 odlazi na 0 (brojač C1 se resetuje). Sada se na osnovu aktivnog uslova memorijskog bita M0.0 i mirnog uslova brojač bita C1, ponovo pokreće motor trake sa proizvodima, čime se proces ambalažiranja u pogonu pakerice nastavlja sve dok neko ne pritisne stop taster. Tada će mirni uslov I0.1 da deaktivira instrukciju setovanja memorijskog bita M0.0. To će dovesti do zaustavljanja motora trake sa proizvodima (Motor1) i motora trake sa kutijama (Motor2). Tako se okončava proces pakovanja proizvoda u ambalažne kutije, kod ovako upravljanog pogona pakerice u fabrici prerađivačke industrije. Na Slici 6. prikazan je vremenski dijagram stanja određenih adresnih bita PLC uređaja SIEMENS S7-200 serije za slučaj kada se upravlja pogonom pakerice.



Slika 6. Vremenski dijagram stanja adresnih bita PLC uređaja

5. ZAKLJUČAK

Princip izrade PLC programa putem lestvičastog dijagrama koji je prikazan u ovom radu, može se primeniti, kako na kompleksnije slučajeve upravljanja elektromotornim pogonima pomoću PLC uređaja SIEMENS S7-200 serije, tako i na slučajeve upravljanja elektromotornim pogonima pomoću kasnijih serija PLC kontrolera firme Siemens (SIEMENS S7-300 serije i dalje). Iako je cilj ovog rada da na jednostavan i sistematičan način pokaže mogućnosti primene PLC kontrolera u laboratoriji za elektromotorne pogone, prikazana materija se može iskoristiti i za drugačije primere automatizovanja određenih realnih procesa pomoću programiranja PLC-a preko lestvičastih dijagrama.

6. LITERATURA

- [1] Siemens, „SIMATIC S7-200 Programmable Controller System Manual“, Edition 08/2005
- [2] Siemens, BOP – Basic Operator Panel, Operating Instructions
- [3] Siemens, „MICROMASTER 440 Operating Instructions“
- [4] Siemens, „MICROMASTER 440 Parameter List“
- [5] Siemens, Automation System S7-200 Getting Started Collection, Edition 01/2006
- [6] Skripta, dr Zoltan Jegeš, Milan Adžić, Robert Marton, „Upravljanje primenom PLC uređaja“, Viša tehnička škola, Subotica, 2005.
- [7] Vladan Vučković, Električni pogoni, Akademska Misao, Beograd, 2002.

Kratka biografija:



Zlatko Jelić rođen je u Novom Sadu 1981. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva, na smeru Energetska elektronika i mašine odbranio je 2012. god.

Vlado Porobić je magistrirao na Fakultetu tehničkih nauka 2005. god., gde radi kao asistent. Oblast interesovanja su energetska elektronika i elektromotorni pogoni.

Darko Marčetić je doktorirao na Univerzitetu u Beogradu 2006. god., od kada je i zaposlen na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Oblast interesovanja su digitalni el. pogoni sa asinhronim i sinhronim mašinama.

IMPLEMENTACIJA ODREĐIVANJA POZICIJE ROTORA PARK-KLARKOVOM TRANSFORMACIJOM U 8-BITNOM MIKROPROCESORU

Vukota Gligović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*, vukota.gligovic@rt-rk.com

Nebojša Pjevalica, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*, nebojsa.pjevalica@rt-rk.com

Nedeljko Babić, *Istraživačko-razvojni institut RT-RK DOO, Novi Sad*, nedeljko.babic@rt-rk.com

Sadržaj – U radu je obrađen problem određivanjem početne pozicije rotora motora u odnosu na stator. Opisani su matematički modeli transformacija koji su ključni elementi vektorske kontrole motora, kao i postupak kojim se došlo do računa za određivanje ugla rotora. Opisana je implementacija matematičkog modela u mikrokontroleru iz familije 8051, gde su zbog ograničenih resursa mikroprocesora pojedine funkcije implementirane u assembleru. Eksperimentalni rezultati dobijeni su primenom „nulte ekvivalentne“ električne pobude na motoru u više različitih stacionarnih pobuda

U ovom radu je prikazan matematički model Park-Klarkove transformacije, koja predstavlja srž vektorske kontrole motora. Zatim je predstavljena formula kojom se računa početna pozicija rotora u odnosu na stator. Ukratko su predstavljene karakteristike korišćenog mikrokontrolera i implementacija transformacije u isti. Eksperimentalni rezultati su prikazani na graficima.

Značaj rezultata i zaključak su obrađeni u poslednjoj tački.

1. UVOD

Već dugo mnogi istraživači i inženjeri ulažu svoje napore na razvoju i primeni metoda vektorske kontrole motora, kao i vektorske kontrole bez davača, koja eliminiše potrebu za senzorima pozicije i brzine, za upotrebu u raznim industrijama. Donedavno je nekoliko bitnih faktora otežavalo sveopšte prihvatanje ove napredne kontrole motora:

- i. Kompleksan teorijski matematički model;
- ii. Visoka cena mikrokontrolera (MCUs) visokih performansi;
- iii. Visoka cena digitalnih signal procesora (DSPs).

Danas su brzi i jeftini mikrokontroleri široko rasprostranjeni i olakšavaju implementaciju šeme napredne kontrole motora u digitalnim sistemima visokih performansi. Vektorska kontrola, a naročito vektorska kontrola bez davača, su postale veoma popularne i mnoge dizajnerske grupe implementiraju kontrolu motora bez davača za motore jednosmerne struje bez četkica (eng. BLDC).

Da bi se postigla što bolja energetska efikasnost i uopšte uspešna kontrola motora, potrebno je poznavati početnu poziciju rotora u odnosu na stator. Algoritam kontrole, gde se koriste povratne informacije rezolvera ili nekog drugog senzora položaja, rešava ovaj problem, ali je takvo rešenje skupo za implementaciju. Predloženo rešenje bazirano je na uzorkovanju struja u kalemovima motora.

NAPOMENA:

- a) Ovaj rad proistekao je iz master rada Vukote Gligovića. Mentor je bio prof. dr Veljko Malbaša.
- b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji ETRAN, Zlatibor, juni 2012.

2. KLARK I PARK TRANSFORMACIJA

Klark i Park transformacije se koriste za analizu trofaznih sistema na arhitekturama visokih performansi. Struja i napon su opisani kao prostorni vektori u stacionarnom koordinatnom sistemu. Uveden je opšti rotirajući koordinatni sistem i opisan je d-q sistem. Korišćenjem Klarkove transformacije, određuje se realna i imaginarna komponenta struja. Park transformacija se koristi da ostvari transformaciju tih realnih i imaginarnih komponenti od stacionarnog do rotirajućeg sistema.

Ako su i_a , i_b i i_c uravnotežene trofazne struje, onda je:

$$i_a + i_b + i_c = 0 \quad (1)$$

Strujni prostorni vektor je predstavljen u zavisnosti od faznih struja kao:

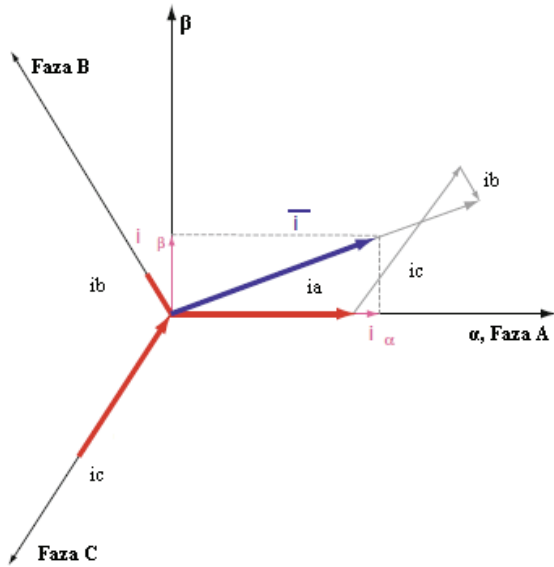
$$\vec{i} = k(i_a + ai_b + a^2i_c) \quad (2)$$

Gde je:

$$a = e^{j\frac{2\pi}{3}} \quad (3)$$

matematički operator koji predstavlja ugao u kompleksnom domenu, k je konstanta transformacije.

Strujni prostorni vektor, definisan u formuli 2, može se izraziti u dvo-koordinatnom sistemu. Realni deo prostornog vektora je jednak trenutnoj vrednosti x strujne komponente, a imaginarni deo je jednak vrednosti y strujne komponente. Ovo je pokazano na slici 1.



Sl.1. Prostorni vektor u (α, β) ravni

Sledi da se strujni prostorni vektor u stacionarnom koordinatnom sistemu može izraziti kao:

$$\vec{i} = i_\alpha + i_\beta \quad (4)$$

U trofaznoj mašini, struje i_a i i_β su zamišljene dvofazne strujne komponente, koje su povezane sa aktuelnim trofaznim strujama kao:

$$i_\alpha = k(i_a - \frac{1}{2}i_b - \frac{1}{2}i_c) \quad (5)$$

$$i_\beta = k \frac{\sqrt{3}}{2}(i_b - i_c) \quad (6)$$

Ako je trofazni sistem simetričan:

$$i_a + i_b + i_c = 0 \quad (7)$$

U matičnom sistemu, struje statora u stacionarnom koordinatnom sistemu u zavisnosti od trofaznih struja mogu biti zapisane:

$$\begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} = k \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} \quad (8)$$

Transformacija iz trofaznog (A,B,C) u dvofazni (α, β) sistem poznata je kao Klark transformacija. Može biti napisana kao:

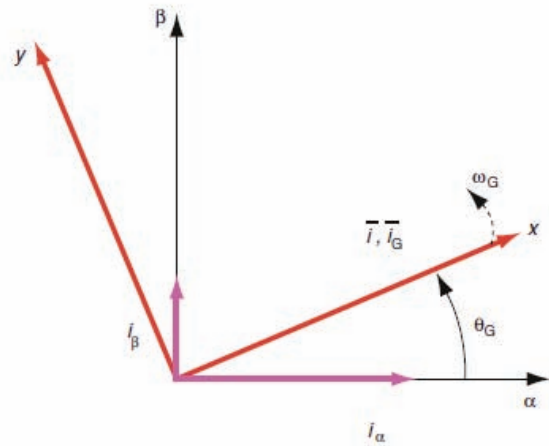
$$\begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} \quad (9)$$

Transformaciona matrica je poznata kao Klark matrica ili Klark transformaciona matrica, a ravan (α, β) kao Klark ravan.

$$\begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} = [\text{Clarke matrix}] \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$[\text{Clarke matrix}] = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \quad (11)$$

Pored stacionarnog koordinatnog sistema vezanog za stator, jednačine strujno prostornog vektora mogu biti formulisane u opštem koordinatnom sistemu koji rotira brzinom ω_G , kao što je pokazano na slici 2.



Sl.2.Opšti rotirajući koordinatni system

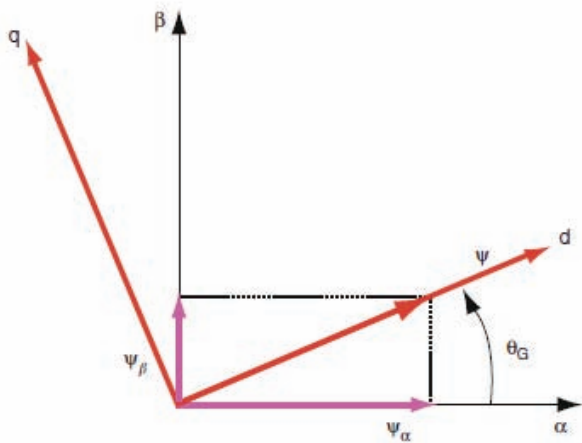
Ako se koristi opšti koordinatni sistem (slika2), sa direktnom i kvadraturnom osom (x,y), koji rotira trenutnom brzinom

$$\omega_G = \frac{d\theta_G}{dt} \quad (12)$$

gde je θ_G ugao između direktne ose stacionarnog koordinatnog sistema (α) i realne ose (x) opšteg koordinatnog sistema, tada strujni prostorni vektor u opštem koordinatnom sistemu može biti napisan kao:

$$\vec{i}_G = \vec{i} e^{-j\theta_G} = (i_x + i_y) \quad (13)$$

Da bi konvertovali x i y osu u d i q, pretpostavimo da je Ψ vektor duž d ose kao što je pokazano na slici 3.



Sl.3. (d,q) rotirajući koordinatni sistem

$$U(\alpha, \beta) \text{ ravni:} \quad \psi = \psi_\alpha + \psi_\beta \quad (14)$$

$$U(d, q) \text{ ravni:} \quad \psi = \psi_d + \psi_q \quad (15)$$

Ugao između (α, β) i (d, q) je θ . Onda je:

$$\sin \theta = \frac{\psi_\beta}{\psi_d} \quad (16)$$

$$\cos \theta = \frac{\psi_\alpha}{\psi_d} \quad (17)$$

Deljenjem jednačina (16) i (17) dobija se:

$$\tan \theta = \frac{\sin \theta}{\cos \theta} = \frac{\psi_\beta}{\psi_\alpha} = \frac{I_\beta + M_\beta}{I_\alpha + M_\alpha} \quad (18)$$

gde su u M_α , M_β karakteristike motora iz [5].

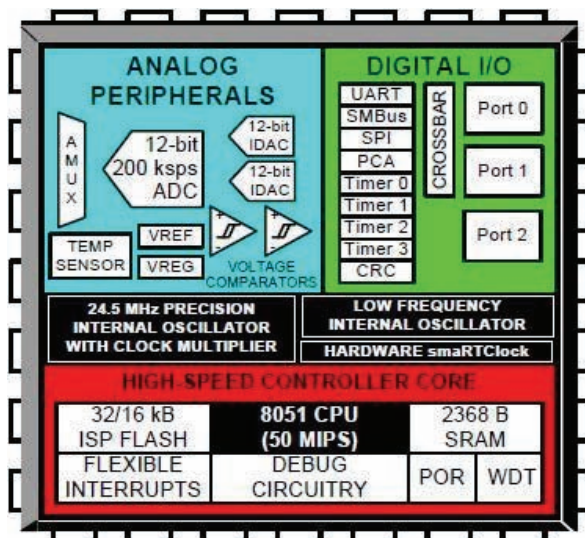
Informaciju o uglu dobijamo arkustangensom jednačine (18):

$$\theta = \tan^{-1} \frac{I_\beta}{I_\alpha} \quad (19)$$

3. IMPLEMENTACIJA TRANSFORMACIJE U JEDNOM PWM INTERVALU

Akvizicija faznih struja vrši se u okviru svakog PWM intervala, a detalji akvizicije nisu deo ovog rada. Proračuni struja i ugla su direktno vezani za periodu PWM intervala. Zbog toga je bitno napomenuti da je perioda PWM-a 20 kHz. S druge strane računanja jednačina iz Klark transformacije zahtevaju operacija nad matricama i zbog toga se teži

upotrebi mikrokontrolera kod kojih je visoka brzina izvršavanja instrukcija. Algoritmi korišćeni pri transformaciji faznih struja realizovani su na Silab MCU C8051F410 (Slika 4). Softver je pisan u C programskom jeziku u IAR-ovom radom okruženju.



Sl.4.Unutrašnja arhitektura Silab MCU C8051F410

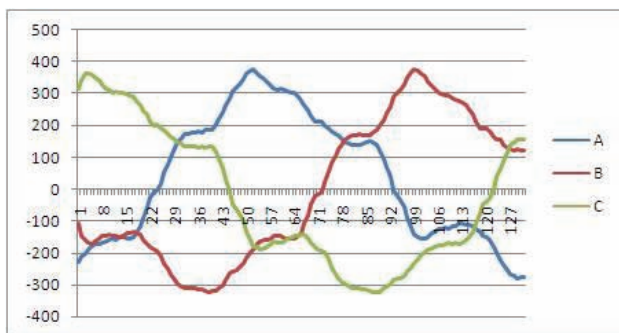
Iskorišćena je maksimalna brzina procesora od 50Mhz. Da bi se postiglo izvršavanje algoritma u realnom vremenu i uspešno izvršilo računanje unutar jedne PWM prekidne rutine, funkcija za množenje 16-bitne promenljive sa decimalnim koeficijentima implementirana je u assembleru. Rezultat je stavljen u 16 bita.



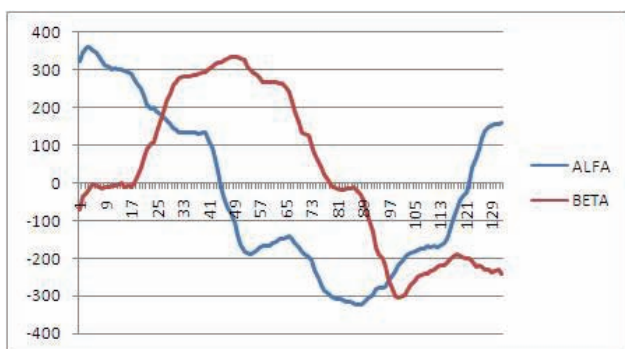
Sl.5.Vremenski dijagram instrukcija unutar PWM interval

Na slici 5, donji signal je trajanje akvizicije struja i računanje ugla korišćenjem Klark transformacije, gornji signal markira početak svakog PWM intervala.

Fazne struje I_a , I_b i I_c su predstavljene na grafiku na slici 6, a struje I_α i I_β kao rezultat procesorske obrade prikazane su na grafiku na slici 7.

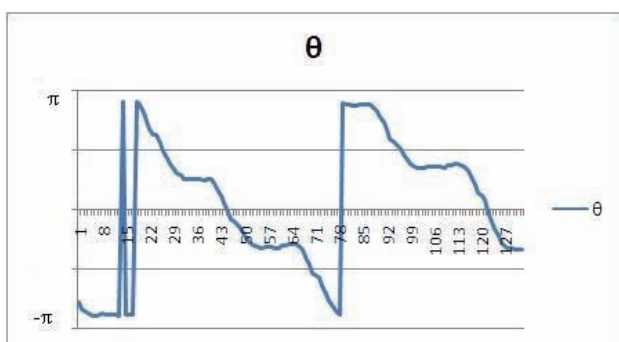


Sl.6.Fazne struje Ia, Ib i Ic



Sl.7.Struje Ia, Ib

Rezultati procesorskog proračuna ugla su predstavljeni grafikom na slici 8. Gde je x-osa broj mehaničkih pomeraja, a y-osa je vrednost ugla u radijanima.



4. ZAKLJUČAK

Brza realizacija algoritma za transformaciju faznih struja motora potvrđuje efikasnost ovog načina računanja ugla. Dobijeni rezultati otvaraju prostor za punu implementaciju vektorske kontrole BLDC motora bez davanja pozicije u realnom vremenu.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije, projekat 44009.

LITERATURA

- [1] T. Miller, "Brushless PM and Reluctance Motor Drives", Oxford, UK. Clarendon, 1989

- [2] B.K. Bose, "Power Electronics and Variable Frequency Drives", Piscataway, NJ. IEEE Press, 1996
- [3] P. Vas, "Sensorless Vector and Direct Torque Control", Oxford Science Publications, New York, 1998
- [4] S.Chattopadhyay, M.Mitra,S.Sengupta, "Electric Power Quality", Springer Science+Business Media, New York, 2011
- [5] H.Xu,Y.Jani, "Understanding Sensorless Vector Control for Brushless DC Motors", Embedded Systems Silicon Valley, 2008

Abstract – This paper describes estimation of rotor initial position. We start with basic mathematical model, Clark and Park transformation, pulse-width modulation (PWM), and position estimation with arctan function. The algorithm is developed to work in a real time, and experimental results are presented in the graphs.

IMPLEMENTATION OF PARK-CLARKE TRANSFORM IN 8-BIT MCU

Vukota Gligović, Nebojša Pjevalica, Nedeljko Babić

DISTRIBUIRANO IZVRŠAVANJE PSO ALGORITMA PRIMENOM CLOUD COMPUTING-A**DISTRIBUTED IMPLEMENTATION OF PSO ALGORITHM USING CLOUD COMPUTING**

Miloš Korać, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je opisana implementacija rešenja za optimizaciju funkcija upotrebom distribuiranog PSO (Particle Swarm Optimization) algoritma primenom "Cloud computing" rešenja Microsoft Azure-a. Uz alate Microsoft Visual Studio 2010 i programski jezik C# implementiran je procesorski zahtevan algoritam na principu veštačke inteligencije koji se može koristiti za traženje približnih rešenja ekstremno teških ili složenih numeričkih problema maksimizacije ili minimizacije. Softversko rešenje je testirano u Cloud sistemu sa različitim brojem programskih instanci. Rezultati su zatim upoređeni i prikazani.

Abstract – This paper covers implementation of function optimization using distributed PSO (Particle Swarm Optimization) algorithm and cloud computing produced by Microsoft Azure. Processor demanding algorithm has been implemented using tools like Microsoft Visual Studio 2010 and programming language C#. Based on artificial intelligence, this algorithm can be used to find approximate solutions to extremely difficult or complex numeric maximization and minimization problems. Software solution has been tested in cloud environment with different number of program instances. Results were then compared and presented.

Ključne reči: Cloud computing, PSO, distribuirano programiranje, optimizacija, Windows Azure

1. UVOD

U današnje vreme mnogi naučni eksperimenti zahtevaju izvršavanje kompleksnih operacija i procesuiranje velikih količina podataka i sve to u prihvatljivom vremenskom intervalu. To za sobom često povlači velike računarske resurse i izgradnju infrastrukture koja ima visoke performanse u rešavanju obimnih problema. Da bi efikasnije bio rešen gore navedeni problem, danas se sve češće upotrebljava *cloud computing*.

Cilj istraživačkog segmenta ovog rada jeste ustanoviti prednosti upotrebe *cloud computing*-a i *Windows Azure* platforme, pri implementaciji distribuiranog PSO algoritma za minimizaciju funkcije. Navedeni algoritam je moguće izvršavati i na jednom računaru što zahteva dosta vremena, a to je u određenim primenama neprihvatljivo.

NAPOMENA:

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

Distribuirano rešenje povlači za sobom nabavku dodatnog hardvera koji može biti skup. Upravo iz tog razloga se kao pogodno rešenje nametnuo *cloud computing*. Ovim pristupom se povećavaju zahtevi softverskog dela sistema, ali se zato smanjuje cena geografski distribuiranog sistema (jeftinije iznajmljivanje resursa) i potencijalno se povećava brzina rešavanja problema.

2. OSNOVE CLOUD COMPUTING-A

Cloud computing može se definisati kao model koji omogućava jednostavan mrežni pristup, na zahtev korisnika, deljenom skupu resursa (npr. mrežni resursi, serveri, prostor na hard diskovima, aplikacije i servisi) koji mogu biti brzo omogućeni za upotrebu ili ugašeni, a sa minimalnim intervencijama ili akcijama od strane pružaoca usluga [1]. Prednosti upotrebe ovakvog modela pri distribuiranju aplikacija su:

1. Kraća vremena izvršavanja i odziva – Aplikacije koje vrše paralelnu obradu velikih količina podataka mogu zahtevati duga vremena izvršavanja. *Cloud* zato omogućava korišćenje velikog broja servera za obradu, u zavisnosti od potreba aplikacija, čime se znatno smanjuju vremena izvršavanja. Za aplikacije koje moraju imati kratko vreme odziva prema korisnicima, vrši se podela na module tako da se svaki CPU intenzivno zadatak šalje "radnim" virtualnim mašinama. Ovo pomaže u optimizaciji vremena odziva, te omogućava skaliranje na zahtev kako bi se ostvarili zahtevi korisnika [1].

2. Minimizacija infrastrukturnog rizika – Upotreba *cloud*-a smanjuje rizik koji postoji pri kupovini neophodne računarske infrastrukture i omogućava njeno lako širenje i smanjivanje u zavisnosti od potreba aplikacije. Broj angažovanih servera na jednoj aplikaciji se može uvek menjati u zavisnosti od zahteva i iz tog razloga izostaje problem kupovine previše ili premalo infrastrukture jer o tome brine pružalac *cloud* usluge.

3. Skalabilnost - Skalabilnost je omogućena putem dinamičkih rezervisanja resursa na preciznoj samouslužnoj bazi slično realnom vremenu, bez potrebe korisnika da brinu o opterećenjima. Razvijanje programske podrške se planira kao da će opsluživati jednog korisnika, a infrastruktura računskog centra i platforme omogućava da se takva aplikacija "klonira" i opslužuje veliki broj korisnika u isto vreme [2].

2.1 Servisni modeli Cloud-a

Može se reći da *cloud* računarstvo obezbeđuje pružanje usluga koje obuhvataju bilo koji od tradicionalnih slojeva

od hardvera do aplikacija. U praksi pružaoci *cloud*-a teže ka ponudi usluga koje se mogu grupisati u tri grupe [1]:

1. Software as a Service (SaaS) – *Cloud* softver kao usluga omogućava klijentima da koriste usluge podešavanja i korišćenja aplikacija koje se nalaze na infrastrukturi pružaoca usluga [1]. Provajder obezbeđuje klijentu potrebnu aplikaciju kao i sav potreban hardver za njeno izvršavanje (serveri, memorije, procesori i sl.). Jedna instanca softvera se izvršava na *cloud*-u i pruža uslugu višestrukim krajnjim korisnicima. Aplikaciji se može pristupiti preko različitih uređaja i interfejsa, kao što je *Web Browser* (*Google Chrome*, *Internet Explorer*, *Mozilla Firefox* itd.). Kod ovog modela, korisnici nemaju kontrolu nad konfiguracijom hardvera i softvera koji koriste, osim ponekih podešavanja specifičnih za svakog korisnika ponaosob.

2. Platform as a Service (PaaS) – *Cloud* platforma kao usluga predstavlja model u kome korisnici koriste sopstvenu aplikaciju koju su kupili ili razvili, a u *cloud*-u koriste platformu koja će njihovu aplikaciju podržati. U ovom slučaju, klijenti imaju kontrolu nad samo svojim softverom koji se nalazi u *cloud*-u, dok je hardver pod kontrolom pružaoca *cloud* usluga.

3. Infrastructure as a Service (IaaS) – *Cloud* infrastruktura kao usluga je model u kome klijenti ne dobijaju mogućnost kontrole samog hardvera, ali moguće je upravljati operativnim sistemima, prostorom na disku, aplikacijama, i u posebnim slučajevima odabrati neke dodatne opcije provajdera, kao npr. *Firewall* (zaštitni zid) [3].

Od spomenutih servisnih modela, za naš problem je najprikladniji *PaaS* model oblaka. Kako se *Microsoft Azure* platforma uklapa u nama potrebnu *PaaS* grupu, ona je i korišćena u ovom radu.

3. PSO ALGORITAM

PSO (*Particle Swarm Optimization*) algoritam je stohastični, optimizacioni metod nastao modelovanjem ponašanja jata ili rojeva. Zasniiva se na socijalno-psihološkim osobinama koje određuju ponašanje neke populacije. Nastao je radom dr Eberharta i dr Kenedija 1995. godine. Do danas su razvijene mnoge varijacije, koje imaju široku primenu u inženjerstvu i u proučavanju društvenog ponašanja [4].

Algoritam je srodan evolucionim optimizacionim paradigmatama, poput genetskih algoritama. U oba algoritma prostor pretrage je aproksimiran populacijom jedinki gde svaka jedinka predstavlja jedno moguće rešenje. Međutim, za razliku od genetskih algoritama, *PSO* nema evolucione operatore kao što su ukrštanje i mutacija. Statičke osobine članova roja su predstavljene njihovim koordinatama u prostoru pretrage, tačnije vektorom dimenzije domena optimizacionog problema, dok je njeno ponašanje aproksimirano brzinom, inercijom i udaljenošću od optimalnih jedinki [5]. Svaka jedinka u roju "pamti" najbolju poziciju koju je dostigla u prošlosti (*pBest*), svesna je globalno najbolje čestice (*gBest*) i eventualno najbolje čestice u njenoj neposrednoj okolini (*nBest*) [5]. Na osnovu ovih vrednosti određuje se nova brzina čestice:

$$v_{ij} = W r_0 v_{ij} + C_1 r_1 (pBest_{ij} - x_{ij}) + C_2 r_2 (gBest_j - x_{ij}) \quad (1)$$

nova pozicija se računa po formuli:

$$x_{ij} = x_{ij} + v_{ij}, i = 1, \dots, nPart, j = 1, \dots, partDim \quad (2)$$

pri čemu su:

W – inercioni faktor čestice,

r_0, r_1, r_2 – predstavljaju slučajno generisane brojeve između 0 i 1,

C_1, C_2 – težine koje određuju kojim intenzitetom (tempom) će čestica težiti ka svom, globalnom i lokalnom optimumu, drugačije se nazivaju socijalno-kognitivni koeficijenti,

$pBest_i$ – najbolja vrednost jedinke x_i ,

$gBest$ – globalna najbolja vrednost u celoj populaciji,

x_i, v_i – jedinka i i njena brzina,

$nPart$ – ukupan broj jedinki u populaciji,

$partDim$ – dimenzija jedinki.

Algoritam se izvršava u sledećim koracima:

1. Inicijalizuju se koordinate i brzine čestica nekim slučajnim vrednostima. Najbolje vrednosti jedinki su tekuće vrednosti ($pBest_i = x_i$),
2. Vršiti se evaluacija svih jedinki u roju, pri čemu se određuje globalno najbolja jedinka ($gBest_i$).
3. Ažuriraju se brzine i položaji svih jedinki na osnovu parametara $gBest$ i $pBest_i$ koristeći formule (1) i (2),
4. Evaluiraju se jedinke i određuju nove vrednosti za $gBest$ i $pBest_i$.
5. Ako je dostignuta zadovoljavajuća vrednost optimuma ili je dostignut zadati broj iteracija, algoritam završava rad, u suprotnom se nastavlja rad od koraka 3.

U odnosu na genetske algoritme, *PSO* se lako implementira i postoji nekoliko parametara koji se podešavaju. *PSO* se stoga uspešno primenjuje u mnogim naučnim oblastima: optimizacija funkcija, obuka veštačkih neuronskih mreža, fuzzy sistemi itd.

4. REALIZACIJA PROGRAMSKOG REŠENJA

Implementacija rešenja je izvršena u programskom jeziku *C#* u *Microsoft .NET* okruženju i ono je paralelizovano i distribuirano u *cloud*-u.

Da bi se napravila odgovarajuća adaptacija algoritma, mora se znati na kakvom sistemu će se on izvršavati. Paralelnih sistema ima raznih vrsta, svaki ima svoje prednosti i mane. Imajući u vidu da će se *PSO* algoritam izvršavati na *cloud* sistemu, moramo posebnu pažnju obratiti na komunikaciju. *Cloud* sistem se sastoji od velikog broja računara koji su povezani preko mreže, koja može predstavljati usko grlo. Stoga je cilj što više smanjiti komunikaciju između procesa, a da pri tome ona bude dovoljna za pravilno izvršavanje algoritma.

Pretpostavimo da se na svakom od računara nalazi deo populacije. Ti podrojevi su fizički odvojeni jer se nalaze na različitim mašinama i oni su logički odvojeni jer se algoritam na svakoj mašini konkurentno (i u nekoj meri nezavisno) izvršava.

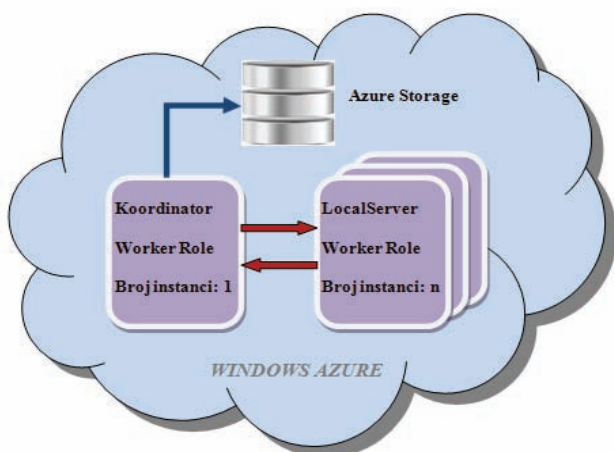
Kako bi se dobile što bolje performanse, tj. što manja vremena izvršavanja, komunikaciju između procesa treba

svesti na što manji nivo. Opet, sa druge strane, ako podrojevi uopšte ne komuniciraju gubimo jedinstveni algoritam i dobijamo više instanci "slabijih" algoritama, za koje je mala verovatnoća da će postići zadovoljavajuće vrednosti.

Adaptacija algoritma se sastoji u uvođenju novog parametra algoritma koji će određivati kada će se komunikacija izvršavati. On će da predstavlja broj iteracija posle kog će se vrednost globalnog optimuma (*gBest*) periodično ažurirati. Tačnije, posle svakog određenog broja iteracija, svi podrojevi će biti svesni tekućeg globalnog optimuma.

U svakoj iteraciji algoritam za etalon bira između trenutno poznate globalno optimalne čestice i tekuće najbolje lokalne čestice. Menjajući period sinhronizacije menjamo i način izvršavanja algoritma. Za velike vrednosti može se desiti da algoritam ne dostigne zadovoljavajuću tačnost. Ovo naročito važi za male veličine podrojeva. U ekstremnom slučaju kad se sinhronizacija vrši svake iteracije, algoritam ne razlikuje podrojeve u okviru populacije pa se onda ponaša kao standardna sekvencijalna verzija algoritma.

Programsko rešenje se sastoji iz dve glavne komponente: *Koordinator* i *LocalServer* (Slika 1).



Slika 1.- Konceptualni prikaz softverskog rešenja

Koordinator se uz pomoć WCF-a (Windows Communication Foundation) i stvaranjem komunikacionih kanala konektuje na radnu ulogu *LocalServer*-a i počinje sa pozivanjem njegovih servisa. Sva komunikacija između *Koordinator*-a i *LocalServer*-a u WCF-u se dešava kroz tačku pristupa pod nazivom *PsoEndpoint*. U njoj je definisan ugovor (*contract*) sa imenom *IPsoService* koji određuje metode servisa kojima *Koordinator* može pristupiti. Pored toga za tačku pristupa definisan je i način povezivanja (*binding*) koji specificira tip komunikacionog kanala. U ovoj komunikaciji upotrebljen je komunikacioni kanal tipa *NetTcpBinding* koji obezbeđuje sigurnu, pouzdanu komunikaciju, visokih performansi zasnovanu na TCP protokolu. Treći element koji određuje tačku pristupa na relaciji komunikacije *Koordinator* – *LocalServer* je adresa na kojoj su postavljeni servisi kojima *Koordinator* pristupa.

Broj instanci (*n*) *LocalServer*-a na kojima će se algoritam izvršavati zavisi od traženih performansi, odnosno željenog stepena paralelizacije. Svaka od pojedinačnih

instanci *LocalServer*-a je zadužena za traženje minimuma funkcije nad jednim, njoj dodeljenim delom roja.

Koordinator vrši inicijalizaciju roja i njegovu podelu na *n* jednakih delova koji odgovaraju broju instanci *LocalServer*-a. Zatim, svakoj instanci *LocalServer*-a dodeljuje po jedan podroj i na njoj pokreće izvršavanje PSO algoritma za definisani broj iteracija, koji ustvari predstavlja period sinhronizacije.

Koordinator čeka završetak algoritma na svakoj instanci i preuzima od njih dobijene rezultate, odnosno lokalne minimume. Upoređivanjem lokalnih minimuma, *Koordinator* određuje najbolji rezultat, odnosno globalni minimum. Ovaj rezultat *Koordinator* zatim prosleđuje svim instancama *LocalServer*-a i ponovo na njima poziva izvršavanje PSO algoritma, sa ažuriranim globalnim minimumom. Program se završava nakon definisanog broja iteracija ili ako algoritam posle određenog broja ponavljanja ne daje bolje rezultate. Po završetku, dobijeni optimum i vreme izvršavanja se upisuju u skladište podataka.

5. TESTIRANJE I PRIKAZ REZULTATA

Testiranje je organizovano tako da obuhvati različite slučajeve, odnosno različit broj instanci *LocalServer Worker Rola* i različit broj čestica u populaciji (roju). Takođe, testiranje se vršilo i sa različitim vrednostima perioda sinhronizacije globalnog optimuma između instanci *Worker Rola*, kako bi dobili što bolje rezultate i vremena izvršavanja algoritma. Kako bi se što bolje uvidela prednost skalabilnosti cloud sistema, testiranje je izvršeno i lokalno na računaru sa AMD TurionX2 Dual Core procesorom na 2.0 GHz i 3 GB RAM memorije, sa Windows 7 operativnim sistemom.

Kao funkcija za optimizaciju, odnosno funkcija čiji smo minimum tražili, uzeta je funkcija Michalewicz-a:

$$f(x) = - \sum_{i=1}^n \sin(x_i) \left[\sin\left(\frac{ix_i^2}{\pi}\right) \right]^{2m}$$

$$i = 1 : n; m = 10; 0 \leq x_i \leq \pi$$

PSO algoritam je izvršavan u 10000 iteracija na svakoj instanci *LocalServer*-a. Testovi su rađeni sa 1, 2, 4, 8 instanci nad 10, 100, 500, 1500 i 3000 čestica u roju. Dobijena vremena izvršavanja i rezultati optimuma za period sinhronizacije od 100 iteracija, prikazani su u tabelama 1. i 2.

Tabela 1. - Vremena izvršavanja; period sinhronizacije - 100 iteracija (vreme je prikazano u minutima)

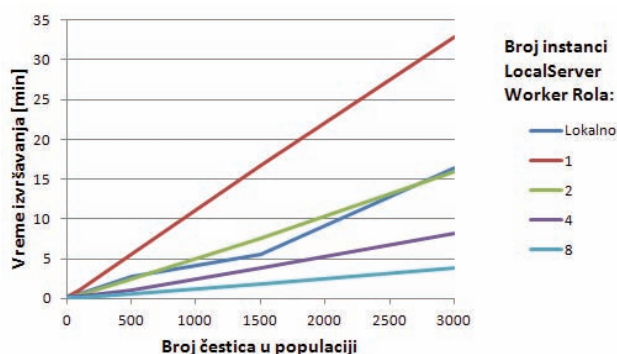
Broj čestica	Lokalno	Broj instanci LocalServer worker rola			
		1	2	4	8
10	00:03	00:12	00:13	00:13	00:08
100	00:34	01:06	00:30	00:21	00:11
500	02:47	05:29	02:30	01:05	00:38
1500	05:36	16:40	07:38	03:49	01:50
3000	16:29	32:55	15:56	08:10	03:51

Tabela 2. - Dobijeni optimumumi funkcije; period sinhronizacije - 100 iteracija

Broj čestica	Lokalno	Broj instanci LocalServer worker rola			
		1	2	4	8
10	-19.67	-12.72	-15.01	-7.25	-18.49
100	-25.07	-28.44	-25.78	-28.11	-20.07
500	-34.22	-31.54	-28.17	-36.17	-31.28
1500	-31.98	-35.90	-35.31	-38.22	-32.31
3000	-38.88	-34.23	-39.28	-33.27	-38.46

Na osnovu dobijenih rezultata, možemo zaključiti da se vreme potrebno za izvršavanje PSO algoritma značajno smanjuje povećanjem broja instanci *Worker Rola LocalServer*-a. Međutim to važi samo za populacije sa većim brojem članova, dok su za male rojeve uštede u vremenu bile zanemarljive ili nikakve, a rezultati optimuma slabiji. *Cloud* sistem pokazuje svoju pravu moć tek u radu sa većim populacijama gde je obrada zahtevnija i gde se podelom posla dobijaju značajne uštede. Dupliranjem broja *Worker Rola LocalServer*-a, vreme izvršavanja se praktično prepolovi. Upoređujući vremena izvršavanja, za veće populacije rojeva, u *cloudu* i ona dobijena na lokalnoj mašini, vidimo da je *cloud* sistem svaki put ostvario bolje rezultate za broj instanci 2 ili više (osim u slučaju sa 1500 čestica i 2 instance). Takođe ako uporedimo dobijene vrednosti optimuma, *cloud* sistem je, za određeni broj instanci, svaki put uspeo da ostvari bolje rezultate od lokalnog izvršavanja. Izuzetak je mala populacija od 10 članova, gde je to bilo i očekivano, imajući u vidu mali broj čestica koje učestvuju u izračunavanju na svakoj instanci. Možemo primeti da vrednost optimuma prilično varira u zavisnosti od broja čestica. Uzrok tome je složenost funkcije *Michalewicz*-a i postojanje mnogo lokalnih minimuma. Stoga, sa povećanjem populacije, raste i verovatnoća izlaska iz lokalnih minimuma a samim tim i dobijanje boljeg rešenja.

Na slici 2. jasnije je prikazana zavisnost vremena izvršavanja PSO algoritma od broja instanci *LocalServer Worker Rola*. Brzina *cloud* izvršavanja je očigledna sa povećanjem broja instanci.



Slika 2. – Prikaz vremena potrebnog za izvršavanje PSO algoritma u zavisnosti od broja instanci *LocalServer Worker Rola*

6. ZAKLJUČAK

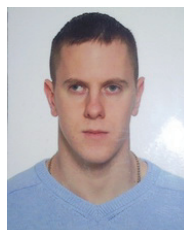
Sa razvojem nauke i naučnih istraživanja, svedoci smo sve većih zahteva koji se postavljaju pred određeni računarski sistem. Izvršavanje kompleksnih operacija, obrada velike količine podataka su već standardni zahtevi. U ovim slučajevima, tradicionalna centralizovana rešenja često daju nezadovoljavajuće rezultate, naročito u pogledu potrebnog vremena za izračunavanje. Standardni distribuirani sistemi, donose neke svoje probleme i zahtevaju nabavku skupog, dodatnog hardvera. *Cloud* sistemi rešavaju ova pitanja i imaju niz prednosti u odnosu na standardne sisteme kao što su skalabilnost i dostupnost aplikacija, fleksibilnost u menjanju i prilagođavanju aplikacija, kao i infrastrukture u zavisnosti od potreba korisnika.

U ovom radu prikazana je implementacija PSO algoritma u *cloud* sistemu kako bi se ispitala njegove mogućnosti u oblasti optimizacije. Pokazano je da se povećanjem resursa *cloud* sistema, vreme izvršavanja algoritma višestruko smanjuje, što u određenim primenama može biti od izuzetnog značaja. Stoga je i opravdana upotreba ovakvih sistema u ovoj oblasti. Zahvaljujući pre svega svojoj skalabilnosti i dostupnosti računarskih resursa ovi sistemi sve više zauzimaju mesto u rešavanju složenih problema sa visokim zahtevima.

7. LITERATURA

- [1] Roberto Brunetti. "Windows Azure Step by Step". O'Reilly Media, Inc., 1005 Gravenstein Highway North, Sebastopol, California, 2011.
- [2] Chris Hay, Brian H. Prince. "Azure in Action". Manning Publications Co, Stamford, 2011.
- [3] Sriram Krishnan. "Programming Windows Azure". O'Reilly Media, Inc., 1005 Gravenstein Highway North, Sebastopol, 2010.
- [4] Kennedy, J. and Eberhart, R.C. "Particle swarm optimization", Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks Vol. IV, Piscataway, NJ, 1995.
- [5] Christian Blum, Daniel Merkle. "Swarm intelligence: introduction and applications". Springer, Berlin, 2008.

Kratka biografija:



Miloš Korać je rođen 01.09.1987. u Novom Sadu. Gimnaziju „Isidora Sekulić“, Novi Sad, završio je 2006. godine. Iste godine upisao je Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, odsek Elektrotehnika i računarstvo, smer Računarstvo i automatika, usmerenje Automatika i upravljanje sistemima.

WINDOWS WORKFLOW BAZIRANA IMPLEMENTACIJA TRIGERA ZA CORE FUNCTIONS SERVICE DMS SOFTVERA**WINDOWS WORKFLOW BASED CORE FUNCTIONS SERVICE DMS SOFTWARE TRIGGERS IMPLEMENTATION**

Nemanja Sićević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je predstavljena funkcionalnost Core Functions Service (CFS) trigera DMS softvera, kao i njihova implementacija pomoću Windows Workflow Foundation (WF) framework-a. Load Flow i State Estimation trigeri su implementirani pomoću Flowchart dijagrama WF-a. Opisane su mogućnosti WF tehnologije i date su ideje za dalji razvoj CFS trigera. Testirane su performanse izvršavanja trigera implementiranih kao WF moduli.

Abstract – This thesis describes the functionality of DMS software Core Functions Service (CFS) triggers and their implementation using Windows Workflow Foundation (WF) framework. Load Flow and State Estimation triggers are implemented using WF Flowchart diagram. The possibilities of WF technology are described in detail and ideas for further development of CFS triggers are provided. Execution performance of triggers implemented as WF modules are tested.

Ključne reči: *Workflow, DMS, Core Functions Service, trigger*

1. UVOD

DMS softver je proizvod kompanije **Telvent DMS** iz Novog Sada koja se bavi razvojem softvera i inženjeringa u elektroenergetskim sistemima, posebno posvećen distribucionim sistemima upravljanja (**Distribution Management Systems - DMS**). DMS softver sadrži niz međusobno povezanih servisa realizovanih u **Microsoft WCF** tehnologiji. U samoj srži arhitekture DMS softvera nalazi se **Core Functions Service - CFS** komponenta (servis).

CFS je odgovoran za upravljanje izvršenjem osnovnih funkcija na električnoj mreži (proračuni tokova snaga, estimacije stanja, optimizacija i dr.) i to na osnovu internih i spoljnih okidača (trigera). Interni okidači zaduženi su za praćenje promena potrošačkih krivih i značajnih promena u dinamičkim podacima (merenja, promene teretnih menjača transformatora, itd.), dok spoljni okidači reaguju na promene topologije mreže i na zahtev korisnika. Funkcije koje izvršava CFS su : **Load Flow (LF)**, **State Estimation (SE)**, **Volt Var Optimization (VVO)** i **Fault Location Isolation and Service Restoration (FLISR)**.

NAPOMENA:

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

U ovom radu je opisana implementacija CFS trigera pomoću **Microsoft Windows Workflow Foundation framework-a (WF)**. Pomoću **WF Flowchart** dijagrama implementirana je logika izvršavanja trigera osnovnih funkcija : **Load Flow (LF)** i **State Estimation (SE)**.

U ovom radu su diskutovane i performanse sistema nakon primene WF-a, tj. ukazano je na "cenu" primene nove tehnologije.

2. CORE FUNCTIONS SERVICE

DMS softver [1] je zasnovan na troslojnoj klijent-server arhitekturi:

- Prezantacioni ili klijentski deo - sloj koji obuhvata sve izvršne programe sa kojima korisnik neposredno dolazi u interakciju.
- Srednji sloj ili sloj sa poslovnom logikom - obuhvata skup servisa koji implementiraju funkcionalnosti DMS sistema.
- Deo za skladištenje podataka – sloj koji sadrži sve podatke o elektrodistributivnoj mreži strukturane i razvijene u skladu sa DMS modelom podataka.

DMS softver se oslanja na **SCADA** sisteme [2]. SCADA sistem sadrži senzore i izvršne uređaje za daljinsko merenje i daljinsko upravljanje elektroenergetskim objektima (trafostanice, transformatori, niskonaponske mreže, itd.), koji služe za isporuku električne energije stambenim i poslovnim objektima. Svi podaci se čuvaju u bazi podataka.

Core Functions Service (CFS) je odgovoran za izvršavanje proračuna u realnom vremenu (**real time DMS** proračuna), koji se pokreću po prijemu izmena od drugih servisa. Odluka o izvršenju proračuna se donosi na osnovu prijema promena topologije, promena u merenju, kao i na osnovu vremena za date periodične proračune. Nakon što dobije date promene, CFS odlučuje kada će se izvršiti proračuni kao što su proračuni tokova snaga (**Load Flow**), estimacije stanja (**State Estimation**), **Volt-Var** optimizacija [3]. Kada utvrdi da su proračuni potrebni, CFS pokreće izračunavanje.

CFS je odgovoran i za generisanje automatskih promena stanja na mreži sa višeg nivoa, komandovanje i kontrolu uređaja. Kada se izračunavanja obave, ukoliko rezultati daju nove promene na mreži, CFS šalje zahteve za promene drugim servisima koji dalje komuniciraju sa SCADA sistemom.

Funkcije koje izvršava CFS su međusobno povezane. Dakle, kada **State Estimation** funkcija bude pozvana i

Load Flow funkcija će biti pozvana, pa će rezultati uključiti i rezultate **Load Flow** funkcije. Takođe, **VVO** i **FLISR** koriste rezultate **LF** i **SE** kao ulazne podatke.

Izračunavanje može biti generisano interno iz **CFS**-a, samo po promeni potrošačke krive i otkrivanju značajnih dinamičkih promena, ili eksterno kada dođe do promene topologije ili po zahtevu klijenta. Prema tome, ove funkcije moraju biti sinhronizovane na neki način, o čemu vodi računa **CFS**. U slučaju da nema značajnih promena na mreži, topoloških ili nekih drugih (promena napona, struje ili nekih drugih mera), postoji potreba za periodičnim izračunavanjima ovih funkcija u cilju optimizacije mreže i vrednosti na njoj. **LF**, **SE**, **VVO**, **FLISR** funkcije se pozivaju iz trigera (**triggers**), koji predstavljaju klase čije metode opisuju proveru ispunjavanja uslova izvršavanja.

Trigeri se dele na:

- **Load Flow** i **State Estimation** trigere, koji se odnose na istoimene osnovne funkcije i
- **VVO** i **FLISR** trigere, koji se odnose na istoimene funkcije zatvorene petlje

Iako su zatvorena petlja (**VVO** i **FLISR**) i osnovne funkcije (**LF** i **SE**) dva nezavisna modula, zavisnost između njih ipak postoji. Tačnije, zatvorena petlja zavisi od osnovnih funkcija. Osnovne funkcije su osnovne za ostala **DMS** izračunavanja i njihova logika mora da obezbedi tačne ulazne podatke za **VVO**, **FLISR** i druge **DMS** funkcije. Zbog toga osnovne funkcije moraju biti pozvane u odgovarajućem momentu. Dakle, **LF** i **SE** rezultati izračunavanja se smatraju ključnim ulaznim podacima za ostale funkcije sistema, kao što su funkcije zatvorene petlje.

2.1 Load Flow trigeri

Load Flow logika okidanja se izvršava na jednostavan način. Nakon svake promene topologije mreže ili promene pozicije transformatora (ili napona), **LF** triger se okida i šalje potrebne podatke na izračunavanje. Kao rezultati **LF** funkcije dobijaju se vrednosti koje se očekuju da važe za dati električni distributivni sistem (naponi, struje, snage potrošnje i dr.).

2.2 State Estimation trigeri

Na osnovu složenih podataka o stanju električnog distributivnog sistema, **SE** trigeri izazivaju pokretanja **SE** funkcije. Svaka značajna promena mrežnog stanja može da dovede do velikog broja promena vrednosti, i da bi **SE** funkcije radile dobro, sve ove promene moraju da se vide kao jedna celina.

Na primer, promena jednog prekidača može da dovede do niza promena (napona, struje, itd.) koje se dešavaju u podstanicama. **DMS** servisi mogu da dobiju ove događaje u bilo kom vremenskom intervalu, sa promenljivim kašnjenjem između dve promene. Pritom se neće znati unapred koliko će biti promena. Očekuje se da će se promene odnositi na određeni deo, tj. koren mreže.

Pored navedenih asinhronih i potencijalno ponovljivih događaja u nizu, vremenski period u kome očekujemo da ćemo dobiti sve ove promene zavisi od više faktora, kao što su telekomunikaciona kašnjenja, **SCADA** kašnjenja, kašnjenja u uređajima, itd.

Zbog ovoga je veoma teško odrediti kada pokrenuti **SE** izračunavanje i obezbediti da okidač bude savršeno tempiran u svim slučajevima. Prerano pokretanje **SE** izračunavanja će rezultirati delimičnim i potencijalno netačnim informacijama dobijenih od **SCADA** sistema, a samim tim će **SE** rezultati biti netačni. Nasuprot tome, kasno pokretanje **SE** izračunavanja može dovesti do lošeg prikaza rezultata korisniku i dovodi u pitanje efikasnost drugih izračunavanja koji zavise od rezultata **SE**.

Kao kompromis, **CFS** će sačekati podesiv vremenski period, nakon koga će izvršiti **SE** funkciju. Ovaj vremenski period je utvrđen kao period potreban za stabilizaciju mreže. Zbog različitosti uređaja na različitim mrežama, vremenski period je konfigurabilan, pa će korisnici moći da ga podešavaju u zavisnosti od specifičnih parametara (kašnjenja uređaja, kašnjenja u telekomunikaciji, itd.).

Procena tačnog trenutka pokretanja **State Estimation** funkcije je zasnovana na konceptu značajnih promena u dinamičnim podacima dobijenih od **SCADA** sistema. Za tu procenu je važno stanje posebnih tajmera T1, T2 i T3, kao i liste razlika (**Discrepancy List – DL**). **DL** sadrži **Performance Indices (PI)** rezultate dobijene od **LF** i **SE** izračunavanja, **SCADA** merenja i dozvoljene razlike između ovih vrednosti.

State Estimation proračun treba da bude aktiviran u sledećim situacijama :

1. Kada se na svakih T1 vremenskih perioda detektuje značajna razlika između dinamičkih podataka (**SCADA** merenja) i najnovije procenjene vrednosti (**PI**), u momentu kada su vrednosti dinamičkih podataka stabilne.
2. Kada se detektuje značajna razlika između dinamičkih podataka (**SCADA** merenja) i najnovije procenjene vrednosti, ali te vrednosti nisu stabilne, to jest one se menjaju sve vreme, opet značajno. U ovom scenariju **SE** treba da se aktivira najmanje na svakih T2 vremenskih perioda.
3. Kada ne postoji značajna razlika između dinamičkih podataka (**SCADA** merenja) i najnovije procenjene vrednosti. Čak i u ovom slučaju **SE** treba da se aktivira najmanje svakih T3 vremenskih perioda zbog promena opterećenja krive.

2.3 Zatvorena petlja (VVO i FLISR trigeri)

Zatvorena petlja (**Closed Loop**) sadrži tajmer koji na svakih 15 minuta proverava promene na mreži. Tačnije, proverava da li je bilo **Load Flow** i **State Estimation** trigerovanja.

Očekuje se da će se stanje mreže **DMS** sistema menjati kao posledica **Load Flow** ili **State Estimation** kalkulacija, izazvanih značajnim promenama na mreži. Takođe, postoji zahtev za periodičnim **Volt Var Optimization** izračunavanjima, kako bi se obezbedila pravilna optimizacija napona u slučaju kada se stanje mreže postepeno pomerilo od prvobitnog.

Fault Location Isolation and Service Restoration je funkcija zadužena za detekciju grešaka na mreži i oporavak od tih grešaka. Zapravo, **FLISR** se sastoji iz tri funkcije : **Fault Location (FL)**, **Fault Isolation (FI)** i **Service Restoration (SR)**.

Nakon otkrivanja greške, **Fault Location** će biti prva pokrenuta. Ova funkcija određuje lokaciju kvara na osnovu statusa automatskih prekidača i drugih uređaja za indikacije greške dobijene od **SCADA** sistema. Nakon detektovanja lokacije greške od strane **FL** funkcije, pokreće se **Fault Isolation**. Ova funkcija uzrokuje promenu prekidača. Ova promena prekidača će biti prosledjena **SCADA** sistemu da se odmah izvršiti. Da bi se nastavila **FLISR**, odnosno napravio sledeći korak (**Service Restoration**), neophodna je potvrda da je kritičan deo mreže izolovan (da je promena prekidača uspešno završena). **FLISR** očekuje promenu od **SCADA** sistema. Čeka se informacija (iz **SCADA**) o promeni statusa prekidača, da bi se uporedile ove promene sa promenama (vrednostima) koje je izračunala **Fault Isolation** funkcija. Ako nema razlike, sledeći korak **FLISR** - **Service Restoration** će biti aktiviran. **SR** generiše listu prebacivanja prekidača za ponovno snabdevanje struje u polju. Ovo prebacivanje prekidača će biti obezbeđeno preko **SCADA**.

3. WINDOWS WORKFLOW FOUNDATION FRAMEWORK

Microsoft Windows Workflow Foundation framework (WF) [4] je programski model, programska mašina (**engine**) i skup softverskih alata koji omogućavaju brz razvoj **workflow** aplikacija za **Windows** operativni sistem. **WF** koristi koncept programskog modelovanja procesa u realnom svetu. Ovakav model omogućava programerima da razviju rešenja koja rukuju tim procesima.

Sam pojam **workflow** vezan je za opis nekog posla, odnosno poslovnog procesa ili opisa logike poslovanja (**bussines logic**). Zbog potreba upravljanja poslom, **workflow** predstavlja apstraktan pogled na stvarni posao sa određenog aspekta posmatranja i omogućuje predstavljanje stvarnog posla.

Workflow se sastoji od niza povezanih koraka. Korak sadrži prikaz redosleda operacija koje se mogu izvršavati tokom jednog poslovnog procesa. **Workflow** omogućava da se pouzdano opiše ponovljiv niz operacija prilikom neke obrade podataka. Tačnije, **workflow** predstavlja obrazac aktivnosti koji omogućava sistemsko organizovanje resursa, definisanje uloga u procesu rada, i tokova informacija u procesu rada.

WF predstavlja softverski alat za kreiranje ovakvih sistema. **WF** poseduje i vizuelni dizajner koji sadrži osnovne gradivne elemente koji modeluju **workflow**. Pomoću njih se tehnikom prevlačenja (**drag and drop**) modeluje **workflow**. Takođe, postoji i mogućnost zadavanja programskih instrukcija putem programskog koda. **Workflow** se izvršava kao serija odvojenih koraka i faza. Svaki korak je modelovan kao komponenta nazvana aktivnost (**activity**), što predstavlja osnovni gradivni element **workflow**-a. Korišćenjem aktivnosti može se izvršiti modelovanje procesa, počev od veoma apstraktnog nivoa, pa sve do upravljanja komunikacijom između korisnika i aplikacije.

S obzirom da **workflow**, kao sredstvo opisivanja poslovnih procesa, može imati različite perspektive sa aspekta različitosti poslova koje opisuje, radi lakšeg korišćenja aktivnosti, a u skladu sa standardima za **workflow** šablone [5], aktivnosti su grupisane kao celine : **Control Flow, Flowchart, State Machine, Messaging,**

Runtime, Primitives, Transactions, Collections i **Error Handling**. Moguće je kombinovati aktivnosti iz različitih grupa po potrebi, što je čest slučaj.

Za implementaciju **CFS** trigerera korišćeni su **Flowchart** dijagrami.

Flowchart (dijagram toka) je dobro poznata paradigma za projektovanje programa. **Flowchart** je **workflow** koji sadrži zbirku povezanih aktivnosti koje treba izvršiti i skup pravila i uslova za njihovo izvršavanje. **Flowchart** vrši kontrolu protoka izvršavanja aktivnosti pomoću elemenata kao što su **FlowDecision** i **FlowSwitch**, na osnovu zadatih ograničenja. Različite vrste elemenata se koriste u zavisnosti od potreba kontrole izvršavanja aktivnosti. Vrste elemenata su:

- **FlowStep** - modeluje jedan korak u izvršenju **workflow**-a .
- **FlowDecision** - donošenje odluka o izvršavanju na osnovu **Boolean** uslova , slično **If** naredbi u programskim jezicima.
- **FlowSwitch** - grananje izvršavanja na osnovu vrednosti promenljive, sličan **Switch** naredbi programskih jezika.

Svaka veza između elemenata ima akciju **Next**, koja definiše prelazak na izvršenje jedne ili više aktivnosti koje će se izvršiti nakon trenutne aktivnosti.

4. IMPLEMENTACIJA CFS TRIGERA POMOĆU WF-A

Trigeri, koji su predmet izučavanja u ovom radu, implementirani su kao klase u **C#** programskom jeziku i veoma su kompleksni. Na primer, **State Estimation** trigeri su realizovani kao klasa koja sadrži oko 1000 linija programskog koda, što je jako veliko, nepregledno i nerazumljivo programerima koji nisu radili na ovoj klasi. Zbog toga, ovaj kod je teško izmenjiv i može ga razumeti i menjati samo onaj ko je prethodno radio na njemu, što postavlja veliko ograničenje.

DMS softver se instalira u svim krajevima sveta, gde postoje različiti zahtevi klijenata za izvršavanjem trigerera **CFS** servisa. Različiti korisnici u različitim krajevima sveta, često imaju neke dodatne zahteve. Neki bi želeli da dodaju neki novi tajmer ili da ukinu postojeće, neki žele da se funkcije izvršavaju na neke druge načine u određenim vremenskim intervalima. Ovo stvara probleme programerima koji su često prinuđeni da menjaju već postojeće rešenje. To najčešće dovodi do nepreglednog koda. Dalje, to stvara probleme menadžerima prilikom predstavljanja softvera novim korisnicima, jer je potrebno objasniti kako radi postojeće rešenje.

WF pruža mogućnost prevazilaženja ovih problema ili bar njihovog svodenja na prihvatljiv nivo. Pomoću **workflow**-a dobijamo veću fleksibilnost, a i vizuelni prikaz koraka izvršavanja, što je razumljivije rešenje. Poslovna logika izvršavanja ovih funkcija i njihovih tajmera uspešno je implementirana pomoću **Flowchart** i **State** dijagrama.

4.1 Fleksibilnost

CFS servis čita iz konfiguracionog fajla koje trigere treba da pokrene i u kojim vremenskim intervalima (T1, T2, T3). Ovo je rešenje napravljeno kako bi korisnici mogli

sami da podešavaju koje funkcije žele da uključe i u kojim vremenskim intervalima. Međutim, to opet nije potpuno nezavisno jer, klijenti mogu samo da promene vremena za već postojeća rešenja trigerera, ali ne i da ih menjaju, ili mogu da uključe ili isključe neku funkciju koja već postoji, ali ne i da dodaju novu. Stoga se javlja ideja da, koristeći **workflow** tehnologiju, omogućimo korisnicima da menjaju postojeće funkcije ili dodaju nove.

Workflow omogućuje programerima da relativno lako vrše izmene, jednostavnim prevlačenjem (**drag and drop**), kada naiđu novi korisnički zahtevi.

Da bi se napravio neki novi triger, potrebno je implementirati konkretnu klasu sa podacima koji su potrebni **workflow**-u i sam **workflow**. Konfiguracioni fajl treba proširiti datim triggerom kako bi **CFS** znao da ga pokrene.

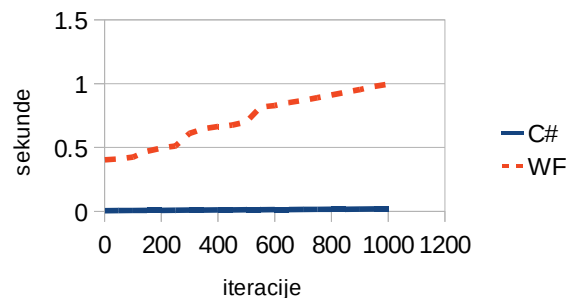
Prethodno pruža fleksibilnost za programera, ali ne i za korisnika, jer je potrebno implementirati klasu i **workflow**. Dalji planovi razvoja u bliskoj budućnosti su da se razvije **DSL (Domain Specific Language)** za pisanje **DMS** triggera pomoću **workflow**-a. Potrebno je da se implementira sopstveni editor koji može da čita **workflow** i da ga vizuelno prikazuje, što se može lako izvesti preuzimanjem velikog broja klasa iz javnih **.NET** biblioteka za **workflow**. Editoru treba omogućiti rukovanje potrebnim aktivnostima preuzetim iz **.NET** biblioteka i sopstveno definisanih. Tako se pomoću editora može ponuditi korisnicima da sami pišu i menjaju algoritme izvršavanja triggera, odnosno triggerovanja ponuđenih funkcija.

4.2 Performanse sistema

Kao i svaki novi **framework**, pa i **WF**, pored poboljšanja koje nudi, ima i mana. Mana ove tehnologije je brzina izvršavanja. Zbog niza novih procesa koje uvodi nova tehnologija dolazi do usporenja pri izvršavanju. Potrebno je bilo ispitati performanse sistema nakon primene **WF**-a, tj. odrediti kolika je "cena" primene nove tehnologije. Testirano je procesorsko vreme utrošeno primenom **WF** tehnologije.

Kako bi dobili što je moguće tačnije podatke, testiranje je vršeno u mirnom stanju, tj. bez iniciranja bilo kakvih promena u mreži, za demonstracionu šemu mreže, bez primene **SCADA** sistema. Upoređene su vrednosti procesorskog vremena potrebnog da se izvrši **C#** kod i da se obavi isti posao pomoću **WF**-a. Pošto se sve događa u kratkim vremenskim intervalima, sabirane su vrednosti nakon 1000 iteracija. Sabiranjem vremena potrošenog za svaku od 1000 iteracija, došlo se do zaključka da je **WF** koristio 0.9963 sekundi procesorskog vremena, a **C#** 0.0189, što je oko 50 puta manje.

Dijagram sa slike 4.1 prikazuje ukupnu potrošnju procesorskog vremena na **WF** i **C#** u sekundama tokom 1000 iteracija. Zaključak je jasan, cena primene **WF**-a dovodi do znatnog usporenja funkcija.



Slika 4.1 Brzina izvršavanja **WF**-a u odnosu na **C#**

5. ZAKLJUČAK

Radi postizanja veće fleksibilnosti, u ovom radu su **Load Flow** i **State Estimation** triggeri uspešno implementirani uz pomoć **Flowchart** dijagrama **WF**-a koji su zamenili nepregledan programski kod čime je postignuta znatno veća razumljivost algoritama. Pored toga, uz primenu vizuelnog editora i tehnike prevlačenja (**drag and drop**) lako je moguće vršiti izmene nad ovako izraženim algoritmima. Takođe, omogućeno je dodavanje novih triggera, baziranih na **WF** tehnologiji, koji će se pokretati pri startovanju **CFS** servisa. Podržana je ideja konfigurabilnosti, pa je moguće uključivati i isključivati pokretanje nekih triggera po potrebi kao i konfigurisati vremena njihovog pokretanja.

Testirane su performanse **CFS** triggera implementiranih u **WF**. Utvrđeno je da su performanse znatno lošije nego u slučaju implementacije pomoću **C#** programskog jezika.

6. LITERATURA

- [1] Telvent DMS, DMS Software, <http://www.telventdms.com/>
- [2] Wikipedia, SCADA <http://en.wikipedia.org/wiki/SCADA>
- [3] D. Popović, D. Bekut i V. Treskavica, Specijalizovani DMS algoritmi, Jun 2004.
- [4] Windows Workflow Foundation, <http://msdn.microsoft.com/en-us/netframework/aa663328>
- [5] Workflow patterns <http://www.workflowpatterns.com/patterns/>

Kratka biografija:



Nemanja Sićević je rođen u Kosovskoj Mitrovici 1987. godine. Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu je upisao 2006. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Primenjene računarske nauke i informatika odbranio je 2012. god.

INTEGRACIJA JEZIKA SPECIFIČNIH ZA DOMEN U TOKU FAZE DIZAJNIRANJA

DOMAIN SPECIFIC LANGUAGE DESIGN TIME INTEGRATION

Stefan Martinov, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Da bi se dobili visoki nivoi ponovnog iskorišćenja, fabrike softvera su se razvile kako bi prebrodili ograničenja koja su postavile biblioteke i razvojni okviri. Da bi se razvilo funkcionalno softversko rešenje potrebno je više jezika specifičnih za domen, koji bi se kombinovali u fabrici softvera. U ovom radu smo specifikovali praktičan algoritam za operaciju spajanja jezika specifičnih za domen, analizirali postojeća rešenja i uspešno generisali aplikaciju pomoću specifikiranih pravila.

Abstract – To get high levels of reuse and fast time-to-market, software factories have been developed to overcome the limitations of libraries and frameworks. Developing a functional software factory requires the reuse of multiple domain specific languages that make up a single non-trivial application. In this work, we discussed and analyzed existing implementations for domain specific integration for the purpose of creating and implementing a practical algorithm specification and its software implementation. We successfully implemented the software solution that was used to generate integrated domain specific languages which was later used for generating a fully functional software implementation and specified the algorithm for a practical approach to meta-model merging subsuming the previous works in the meta-model merge area. Later we shown the functionality of the generated application and discuss its applicability.

Keywords: domain specific language integration, software factory, generating applications, domain specific modeling languages

1. INTRODUCTION

Benefiting from high levels of reuse and fast time to market has always been the target of research [1]. For the highest levels of reuse the concept of software factories have been introduced. Software factories have the highest levels of reuse, but also require the most time and resource put into their development. To reduce the time needed to develop a software factory, the idea is to reuse domain specific languages to generate various applications.

The problem is that modeling aspects of non-trivial software applications most likely require the use of multiple domain specific modeling languages, making integration the essential part of the software factory.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Nikola Milanović, docent.

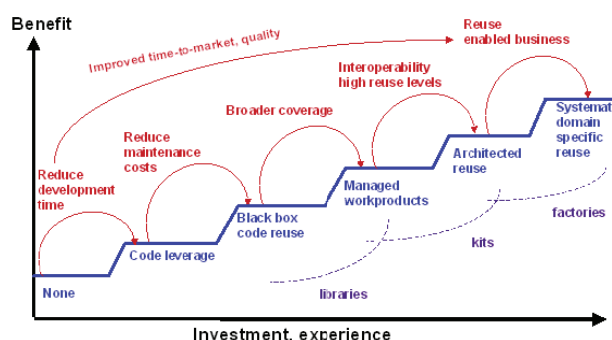


Figure 1. Reuse diagram

Even though object management group (OMG) model driven architecture (MDA) has standardized model development and usage, it still does not fully utilize models as the main pillars of today's generative programming and full application generation, as is the main functionality of the software factory.

There are several ways of integration currently proposed: meta-model extending [2], meta-model embedding [3] or meta-model merging. There is also meta-model linking using ontological foundations [4] and meta-model weaving [5], which are variants of meta-model embedding techniques.

2. METHODS OF INTEGRATION

There are three major types of domain specific language integration based on current research. There are metamodel embedding which is in essence embedding one language into a syntax of another language, metamodel extending which extends the current metamodel, metamodel merging which is merging multiple languages into a single language conforming to a common meta-meta-model and template instantiation which instantiates the commonly used templates for merging.

These methods of integration can be supported by either splitting and string matching or direct object references [6] for the underlying foundations of metamodel integration techniques. Simple modeling tools store their models as files of XML type, often containing a single diagram or a model. That can have problems when the model inside that file cannot reference other models from another diagram that is located in another file. To overcome these problems of referencing string matching and direct object references were introduced. The difference between string matching and direct object references is that string matching remembers the location of the element referenced outside the model (file), unlike direct object references which holds all the models in a single

repository and then uses direct memory references to reference foreign elements.

Metamodel merging has been chosen as the underlying algorithm since it is the most versatile of all the merging methods.

Metamodel extending has its limitations in sense that it can be applied to only a limited set of merging cases, because it can only extend the base metamodel with additional functionality relative to its domain.

Metamodel embedding has a limitation that the host language must be very expressive to host additional languages that are to be integrated in it.

The most common metamodel embedding is seen as unified modeling language (UML) profiling [7], since the UML language is a good and expressive language for extending.

Metamodel Template Initiation [8] uses simplistic metamodel merging methods like equality merge, that overcomes the limitation of the UML Package Merge, but lacks the extendibility of different merge types such as complex merge.

Language integration is only one side of the problem. There is also the issue how different users view different aspect of the system. Vallecio [9] addressed this problem by stating that current solutions of metamodel integration lack ways of using the tools available for the underlying metamodels. He also addressed the problems of constraint limitations that languages have like different cardinalities between elements that have to be merged and possible ways of overcoming these issues.

3. DSL DESIGN TIME INTEGRATION

The solution offered is a solution that subsumes previous works on metamodel merging, and extends it practical use towards metamodel integration for the software factory. We have specified the semantics for the integration, reverse-engineering history element, possible conflicts that can occur during the merge phase, specified the rules, discussed the possible use of merge rule editor, defined the algorithm, created a generator-friendly table of origin, discussed evolutionary editors and how the underlying editors can be used and reviewed the benefits of having automated merging based on a centralized ontology repository.

Semantics and History Element – the output of the merge process must be a non-duplicate union of metamodels, with every merged element in the merged metamodel having direct correspondences to the underlying (base) metamodels. The history element is also specified to enable reverse-engineering for the reuse of the underlying tools.

Conflicts – the merge process is not feasible in all cases, since various conflicts can occur during the merge phase. Sometimes merging metamodels is not semantically possible.

For instance when we try to merge BPEL logic with electronic schema modeling, even though we could succeed in merging these two languages, the resulting language would not make sense. For the semantically mergable languages, we identified 3 types of conflicts that can occur:

- **Fundamental Conflicts** – can occur when different metamodels correspond to different meta-metamodels.
- **Representational Conflicts** – are the conflicts that occur when one concept from one metamodel represents several concepts in another metamodel.
- **Metamodel Conflicts** – are the conflicts that occur when the merged metamodel no longer conforms to the meta-metamodel.

Merge Rules – they are the backbone of the merging process, which define the logic behind merging. They have merge statements which further specify the operations and transformations that create and modify the resulting merged metamodel. The rules should be extendible, expressive and decisive. There are also three major types of rules specified:

- **Equality rule type** – when we declare two concepts from different languages as equal
- **Similarity rule type** – when we declare two concepts from different language similar, and express the similarity expression as a merge rule statement
- **Additional elements and relationships** – when we create additional elements and relationships in the merged language to make the merging feasible.

We also stated that merge rules can change the properties of elements during the merge phase, that conform to the research done in [Milanovic]. The properties can be unchanged, *bined to another value*, *bined to another variable* or *newly created variable*.

Merge Rule Editor – is the editor that is used to write rules for the current merge requirement. We have discussed the possibility of automatic rule generation from a centralized ontology repository, and how it could enable faster and error free language merging.

Merge Algorithm – is the algorithm that was later implemented in the software solution. We specified the phases that a concrete merge algorithm should have as well as detailed specification of those phases as shown on figure 2. The phases for metamodel merging are:

- **Validation Phase** – is the phase where the metamodels are evaluated on their semantics and syntax to calculate beforehand if the merge is feasible at all.
- **Merging Phase** – also the most complex of all phases, is where the parsing and execution of specified rules occur. We also specified an algorithm for the merge phase, consisting of 6 steps to execute the specified merge rules: initialization, copying, rule application, reference updates, constraint enforcement and conflict resolution. Merging phase gives a raw metamodel language as a result of the process.
- **Polishing Phase** – is the phase where the raw metamodel is polished, to remove any and all inconsistencies and remove any conflicts that might have occurred on the merging phase.

- DSLs, there are many tools available that bridge the polished KM3 meta-model to any available output formats, like Atlas Transformation Language (ATL).

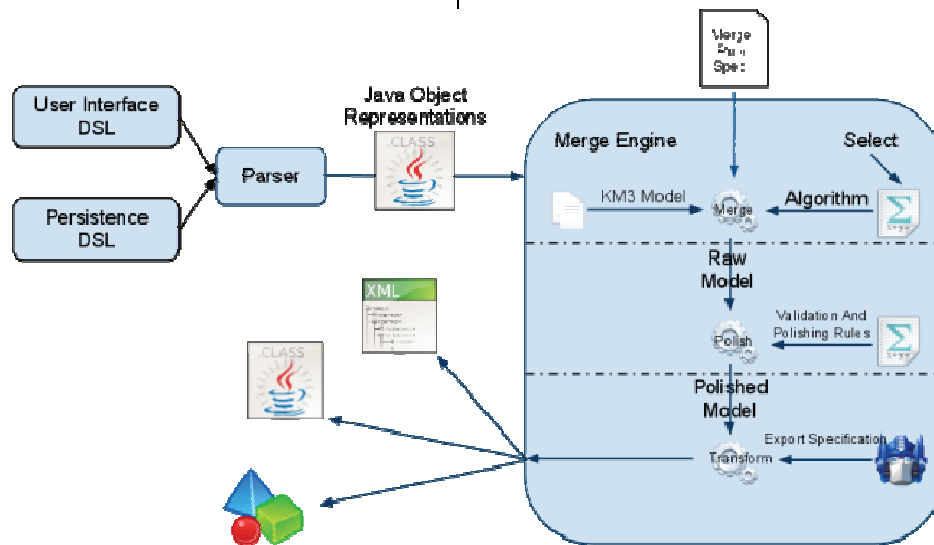
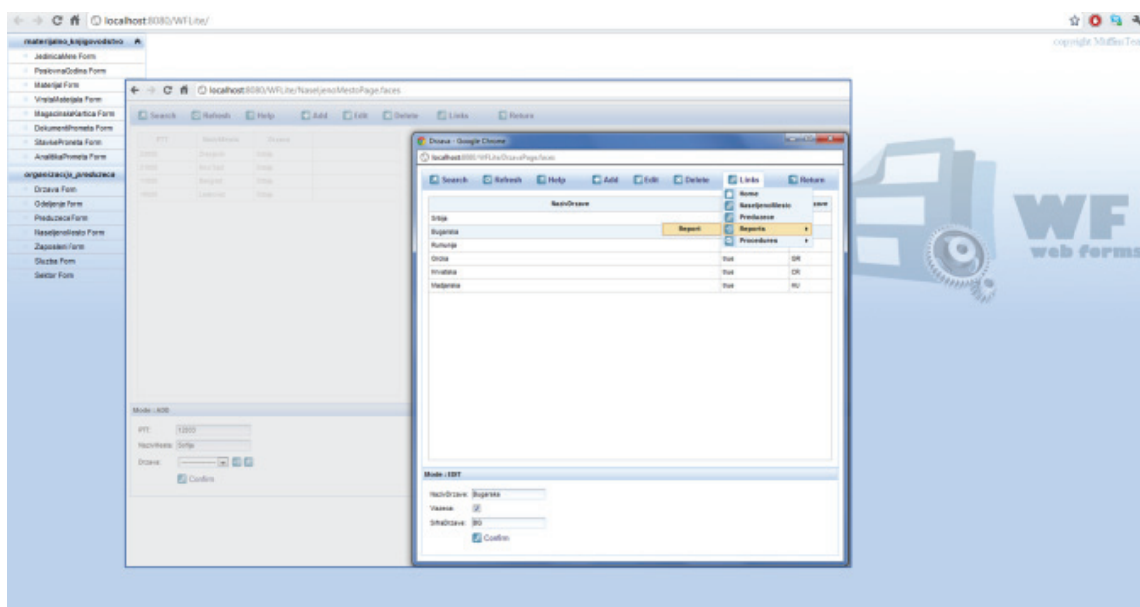


Table of Origin – is a specific table, generated for the sole purpose of code generation. The generator uses the information from this table to backtrack the origins of the merged elements so underlying generator templates can be used.

established since, to get even better time-to-market and error free merging solutions.

We implemented that solution based on the theoretical foundation that we made earlier. The software solution is easy to use, requiring only the eclipse framework, metamodels in KM3 format and a set of rules that describe how the languages are going to be merged.

We then generated the merged metamodel that we used to model the application, that was later on generated as a web form application as shown on figure 3.



1047

5. CONCLUSION

We have successfully merged two languages from two different domains, a persistence language for describing database persistence JPA modeling and a simple language for describing graphical user interface. The languages were merged and used for modeling of the executable application that was described in section 4.

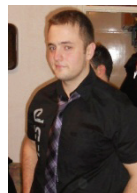
We also specified an algorithm that can be used to merge two languages together for the given rule set, the constraints that must be considered as well as conflicts that can occur during the algorithm. We described in detail the algorithm for the merge phase and how to implement it.

We also discussed a lot of topics for future works such as automatic rule generation, evolutionary editors, merge rule repository etc.

6. REFERENCES

- [1] J. B. Warmer and A. G. Kleppe. Building a flexible software factory using partial domain specific models. In Sixth OOPSLA Workshop on Domain-Specific Modeling (DSM'06), Portland, Oregon, USA, pages 15–22, Jyväskylä, October 2006. University of Jyväskylä.
- [2] Mikal Barbero and Fredric Jouault. A practical approach to model extension. In Third European Conference on Model Driven Architecture Foundations and Applications (ECMDA 2007, 2007.)
- [3] Christian Hofer, Klaus Ostermann, illmann Rendel, and Adriaan Moors. Polymorphic embedding of dsls. In Proceedings of the 7th international conference on Generative programming and component engineering, GPCE '08, pages 137–148, New York, NY, USA, 2008. ACM.
- [4] Henrik Lochmann. HybridMDSD: Multi-Domain Engineering with Model-Driven Software Development using Ontological Foundations. PhD thesis, Technischen Universität Dresden Fakultät Informatik, February 2010.
- [5] Marcos Didonet, Del Fabro, Jean Bzivin, and Patrick Valduriez. Weaving models with the eclipse amw plugin. In Eclipse Modeling Symposium, Eclipse Summit Europe, 2006.
- [6] Juha-Pekka Tolvanen and Steven Kelly. Integrating Models with Domain-Specific Modeling Languages. In Proceedings of the 10th Workshop on Domain-Specific Modeling, pages 61–67, October 2010.
- [7] Terry Quatrani and Uml Evangelist. Introduction to the unified modeling language. Tech. rep., Rational Software, IBM, 2003.
- [8] Matthew Emerson and Janos Sztipanovits. Techniques for metamodel composition. In The 6th OOPSLA Workshop on Domain-Specific Modeling, OOPSLA 2006, pages 123–139. ACM, ACM Press, 2006.
- [9] Antonio Vallecillo. On the Combination of Domain Specific Modeling Languages. In Modelling Foundations and Applications, volume 6138 of Lecture Notes in Computer Science, page 305320. Springer, June 2010.
- [10] Fredric Jouault and Jean Bzivin. Km3: A dsl for metamodel specification. In Roberto Gorrieri and Heike Wehrheim, editors, Formal Methods for Open Object-Based Distributed Systems, volume 4037 of Lecture Notes in Computer Science, pages 171–185. Springer Berlin / Heidelberg, 2006.

Short Biography



Stefan Martinov was born in 1987 in Novi Sad. In 2006 he enrolled at Faculty of Technical Sciences in Novi Sad. In year 2010 he defended Bachelor thesis in the field of Electronical Engineering and Computer Science. In 2012 he defended Master thesis in the same field.

**OMOGUĆAVANJE INTEROPERABILNOSTI I PREUZIMANJA MULTIMEDIJALNIH
METAPODATAKA UZ POMOĆ SEMANTIČKOG FREJMVORKA****ENABLING MULTIMEDIA METADATA INTEROPERABILITY AND RETRIEVAL
USING SEMANTIC FRAMEWORK**

Ana Marija Ćirić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Field – ELECTRICAL ENGINEERING AND
COMPUTER SCIENCE**

Abstract – *In this work we have proposed a solution for multimedia metadata interoperability using framework for semantical mapping heterogeneous multimedia metadata schemas. The end goal of this project was to enable transparent querying of heterogeneous metadata. The applicability of this solution was demonstrated on three different metadata schemas.*

Kratak opis – *U ovom radu, predloženo je jedno rešenje za omogućavanje interoperabilnosti multimedijalnih metapodataka, uz oslonac na semantičko mapiranje heterogenih šema metapodataka. Krajnji cilj projekta bio je da obezbedi korisniku transparentno pretraživanje heterogenih metapodataka. Primenjivost rešenja je dokazana na tri različite šeme multimedijalnih metapodataka.*

Keywords: *metadata; interoperability; ontology*

1. INTRODUCTION

There are numerous metadata standards, which have been developed over the years. Multimedia providers can either use some of these standards, or even non-standard metadata schemas. The outcome is a situation in which different multimedia providers use different metadata standards, which hinders unified multimedia browsing, as well as multimedia exchange. During the last decade, effort has been made to find the means for multimedia metadata interoperability and integration, in order to enable easier browsing, retrieval and exchange of the actual multimedia content.

A proposed solution for the problem is a framework for semantical mapping heterogeneous multimedia metadata schemas in order to provide means of transparent querying. Semantical mapping refers to using concepts of an ontology to annotate elements of different metadata schemas in order to specify which of them have the same meaning. The reason for using an ontology for annotation is the fact that ontologies have an ability to conceptualize particular domains of interest and express their rich semantics.

**2. SEMANTIC FRAMEWORK FOR MULTIMEDIA
METADATA INTEROPERABILITY**

The general idea for this multimedia metadata interoperability project is using an ontology to annotate different metadata schemas and thus enable a unified way for querying and retrieving the metadata. After the schemas are mapped to the ontology, metadata repository can be queried transparently. For the purposes of this project, it was assumed that all metadata schemas are expressed using XML Schema.

In this project, Hunter's MPEG-7 ontology [1] is used as the upper ontology (it may be extended for domain specific usages). The ontology was developed from the MPEG-7 schema documents into first RDFS then into DAML+OIL and finally into OWL. The conversion to OWL was completed by Suzanne Little. It is an OWL Full ontology.

3. SOLUTION ARCHITECTURE

In Figure 1. we can see the framework architecture. Its main components are the **mapping component**, the **matching component** and the **query component**. The mapping component has a graphical user interface, through which a user can map elements of various metadata **schemas** to concepts of MPEG-7 based OWL **ontology**. The results of this process are mapping items which are stored into the **mapping repository**. The matching component does not interact with user. It runs in the background, taking information from the mapping repository and determining which schema elements are equal. The results of this process are matching items which are stored into the **matching repository**. The query component has a graphical user interface through which the user enters search parameters. Using these user-specified parameters and information from the matching repository, the query component forms queries for the **metadata repository** and finds all suitable documents.

3.1. MAPPING COMPONENT

The mapping component provides the means to map elements from different metadata schemas to concepts from the central ontology in order to attain interoperability between those schemas.

In order to better explain the processes taking place within the mapping component, we will define a few essential terms and explain them:

NAPOMENA:

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

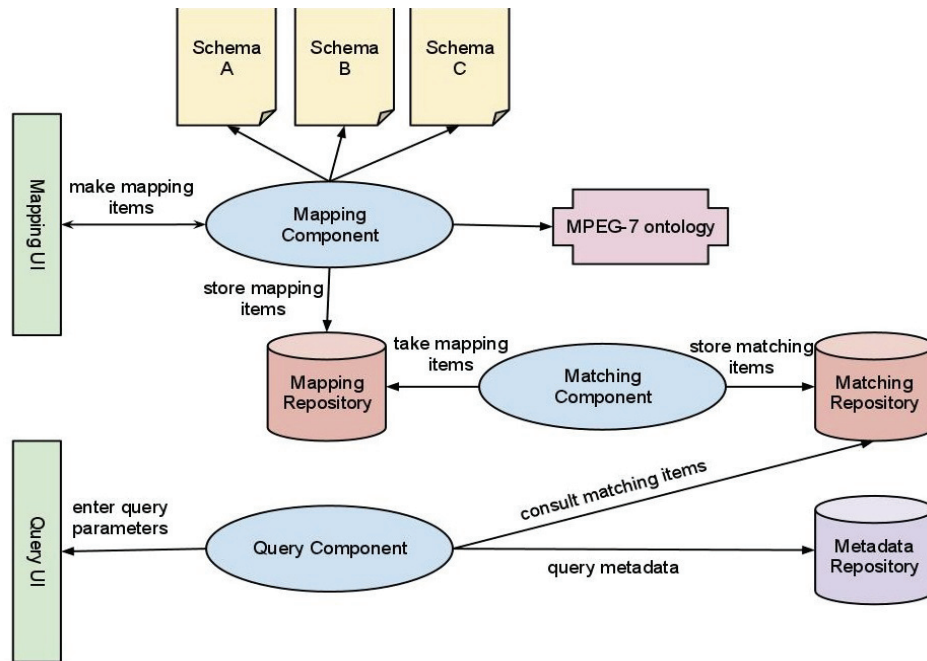


Figure 1. Solution architecture

Schema component is a representation of an element in the metadata schema. Every element is represented by its slash-separated path from the document root. For example, if the schema has a global element *Album*, which has an element named *Artist*, which has *FirstName* and *LastName*, the *FirstName* element will resolve into */Album/Artist/FirstName*.

Ontology component is a representation of an ontology concept. Similarly to schema elements, ontology concepts are represented by paths denoting ontology classes and their properties used to semantically describe schema elements. For example, if the ontology has classes called *Person* and *PersonName* which are related by object property called *name* and *PersonName* has a data property *givenName*, we can use the path */Person/name/PersonName/givenName* to annotate the aforementioned *FirstName* element from the schema.

Mapping item connects one schema component to one ontology component, or one schema component to multiple ontology components (i. e. combination of ontology concepts).

Mapping serves as a container for all mapping items regarding one metadata schema.

Mapping repository is a container for all mappings in one metadata interoperability project, where every mapping represents one metadata schema mapped to the central ontology.

3.2. MATCHING COMPONENT

The matching component sorts through mapping repository and finds matching elements in all mapped schemas, using the matching algorithm.

Matching algorithm is a sequence of actions performed on a mapping repository in order to find matching schema components. The algorithm picks each mapping from the

mapping repository, goes through all its mapping items, and performs mapping item comparison between that item and each item of every other mapping (after the current one). Mapping item comparison compares ontology components of two mapping items, and if a match is found, schema components of corresponding mapping items form a matching item, which is stored into the matching repository.

Matching item is a container of schema components which are declared semantically equal by the matching algorithm.

Matching repository is a container of all matching items found by matching algorithm. It also has a reference to the mapping repository on which the mapping algorithm has been performed.

3.3. METADATA REPOSITORY

The main goal of enabling multimedia metadata interoperability is enabling users to query metadata which belong to different multimedia providers, in a unique manner. This metadata is stored in physically or logically different locations and should be available for querying through web services.

For purposes of this project, which has a goal to show a solution of metadata interoperability, all metadata is stored in a single, local, repository. The *eXist* XML database [2], running as a stand-alone server process, is used as repository. Metadata for each schema is kept in a separate collection of the XML database. Accessing metadata from remote locations is one of the tasks for future work.

3.4. QUERY COMPONENT

The query component enables users to enter search parameters for querying multimedia metadata in the system. It also serves as a transformer of queries in order

to enable querying multimedia metadata formed according to different schemas in a unique way.

First, we will introduce the term **native schema** which denotes the schema for which user enters search parameters. All other schemas in the system will be regarded as **non-native schemas**.

The user enters search parameters as desired values of elements of the native schema, through a graphical user interface of the query component. Then, the querying is performed in the following steps:

1. An XQuery [3] for metadata of the native schema is formed, results are collected and stored for the time being
2. For every non-native schema, a new XQuery is formed, consulting the information in the matching repository (collected during the matching phase)
3. All the results, for native and non-native schemas, are presented to the user

As we can see, this is the final step in enabling metadata interoperability. The user is able to query the entire metadata repository in a unique manner, without knowing how many other metadata schemas exist in the system, or what their elements are named.

4. USE CASE

To support the theoretical solution for multimedia interoperability and apply it to different metadata schemas, we have developed a mapping tool and a query tool. The mapping tool, called “Metadata Mapper” is a Java Swing application through which the user maps fields of a chosen metadata schema. Figure 2. shows the “Metadata Mapper”. The query tool, called “Query Form” is another Java Swing application, used to pose queries to the metadata repository. It collects search parameters specified by the user and forms XQuery queries, consulting the matching repository. This tool is shown in Figure 3.

We have used the “Metadata Mapper” to annotate three different metadata schemas:

1. Dublin Core [4] - a simple and very popular metadata standard
2. Samle Music Schema - a schema developed for the demonstrative purposes of this project
3. PBCore [5] - a metadata standard for audiovisual media, developed by the public broadcasting community

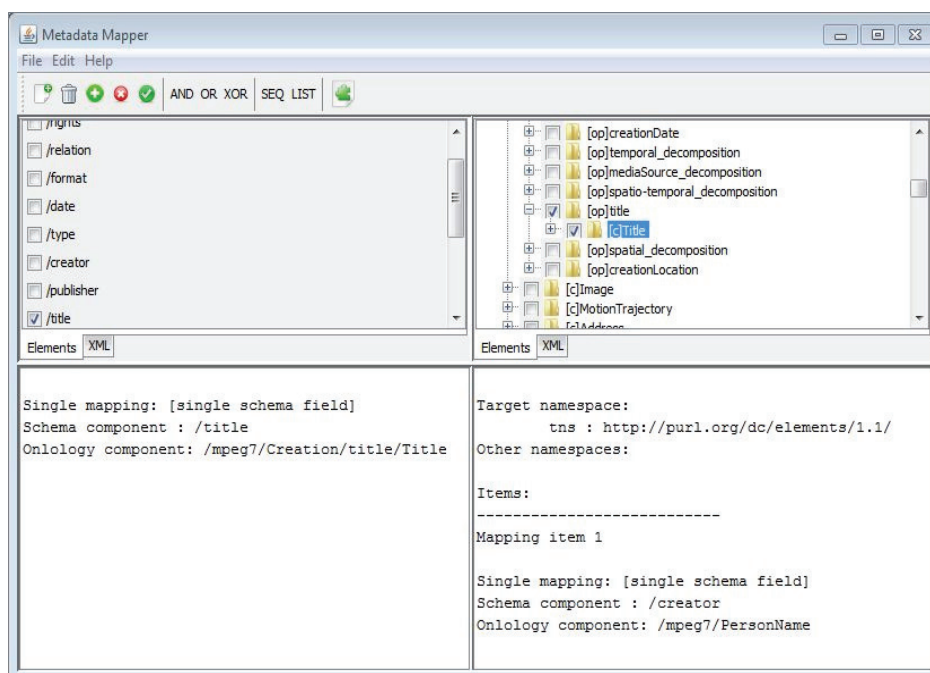


Figure 2. “Metadata Mapper” tool

Mapping and matching details, as well as the explanations of fields of the three schemas, can be found in the master thesis this work is based upon. They will not be presented here, due to their extensiveness. Here, we will only present the resulting queries, created from the user input and the matching repository.

The metadata database has been supplied with XML documents of all three schemas, representing high-level music metadata. More precisely, we have created

metadata for music album “Echoes”, by British singer Will Young. Metadata for two songs from that album, “Jealousy” and “Come On” have also been added to the database.

If we enter search parameters for Dublin Core schema, looking for documents which have “Come On” as a title, the query component will generate the following queries for the XML database:

Figure 3. *Query Form tool*

Dublin Core:

```
for $doc in collection()
return if (contains($doc//tns:title,'Come On'))
then $doc
else ()
```

PBCore:

```
for $doc in collection()
return if
(contains($doc//tns:pbcoreDescriptionDocument/
tns:pbcorePart/tns:pbcoreTitle,'Come On')
or
contains($doc//tns:pbcoreDescriptionDocument/t
ns:pbcoreTitle,'Come On'))
then $doc
else ()
```

Sample Music Schema:

```
for $doc in collection()
return if (contains($doc//album/title,'Come On')
or contains($doc//album/track/title,'Come On'))
then $doc
else ()
```

The results will be one document of Dublin Core schema (the one describing the song called “Come On”), one document of Sample Music Schema (the one describing an album which includes a song called “Come On”) and one for for PBCore schema (describing an album which includes a song called “Come On”).

5. CONCLUSION

The aim of the thesis was to find a solution for enabling multimedia metadata interoperability using ontologies and research existing solutions in this area.

Research showed that most authors attempted to translate metadata of various schemas into RDF instances of a central OWL ontology, thus integrating them into a unique framework, which can be queried by users.

We have decided to try a slightly less common approach – to map elements of various metadata schemas to the concepts of a central ontology, thus producing a record of which elements of the schemas in question are considered equal.

This enables the user to query metadata of all mapped schemas transparently, without changing the original metadata records. We chose a MPEG-7 based OWL ontology as the central ontology, because MPEG-7 is currently the best way to describe all the details about multimedia material.

To show how this solution can work in practice, we developed a tool for mapping metadata schema elements to the central ontology, and a tool for querying metadata of the mapped schemas. Using these tools on concrete multimedia metadata schemas and their instances, we proved this approach to be successful.

6. REFERENCES

1. Hunter, J. (2001) Adding Multimedia to the Semantic Web - Building an MPEG-7 Ontology, *International Semantic Web Working Symposium (ISWC)* Available at: <http://itee.uq.edu.au/~jane/jane-hunter/swws.pdf>
2. eXist XML Database <http://exist.sourceforge.net/>
3. XQuery – XML Query <http://www.w3.org/TR/xquery/>
4. Dublin Core Metadata Initiative <http://dublincore.org/>
5. Pbc core Media Schema <http://pbcore.org/>

Short biography:



Ana Marija Ćirić was born in 1987 in Novi Sad. In 2006 she enrolled at Faculty of Technical Sciences in Novi Sad. In year 2010 she defended Bachelor thesis in the field of Electronical Engineering and Computer Science. In 2012 she defended Master thesis in the same field.

OPTIMIZACIJA SOLARNE FOTONAPONSKE ELEKTRANE**OPTIMIZATION OF A SOLAR PHOTOVOLTAIC POWER PLANT**Danilo Škorić, Vladimir Katić, Zoltan Čorba *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu opisana je optimizacija fotonaponske elektrane. Nakon kratkog uvoda, dat je opis jedne fotonaponske elektrane. U daljem tekstu je izvršen je izbor FN modula i sistema montaže. Nakon toga, opisani su invertori i izabran način kabliranja. Na kraju su predstavljeni ekonomski pokazatelji optimizacije fotonaponske elektrane, i iznet je konačan zaključak.

Abstract - This paper deals with describing of optimization of a photovoltaic power plant. After a brief introduction, a description of a photovoltaic plant is given. In further text is made choice of PV modules and mounting systems. After that, descriptions of inverters are given and variant of cabling is chosen. At the end of this paper, economic indicators of optimization of photovoltaic power plants are presented, and a final conclusion is given.

Ključne reči: Fotonaponska elektrana, optimizacija, modul, inverter

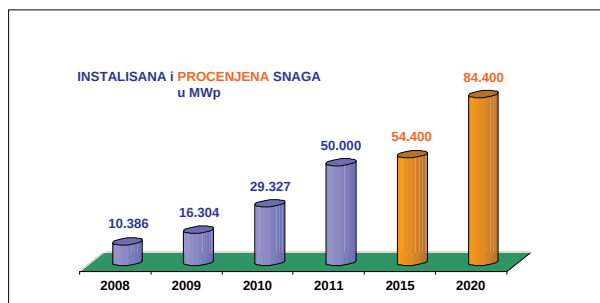
1. UVOD

Pretvaranje energije sunca u električnu predstavlja jedan od glavnih metoda korišćenja obnovljivih izvora, održivog razvoja čovečanstva i borbe za smanjenje emisije štetnih gasova i efekta „zelene bašte“, odnosno strategije Evrope 2020. U Evropskoj uniji (EU) poslednjih godina je zabeležen „boom“ u ovoj oblasti. Na slici 1, prikazan je pregled instaliranih kapaciteta u EU, gde se vidi da je u 2011. godini raspoloživo 50.000 MWp u fotonaponskim (FN) elektranama, od kojih je blizu 75% smešteno u Nemačkoj i Italiji. Moguća je realizacija više tipova FN elektrana: krovnih-domaćinstva (<3kWp), krovnih (ili na tlu)-poslovne zgrade i objekti (10-100 kWp), krovnih (ili na tlu)-industrijske hale i prostori (100-500 kWp) i na tlu - veći energetske objekti (1 – 100 MWp). Trenutno u Srbiji nema ni jednog energetske objekta ovog tipa, već samo nekoliko manjih krovnih postrojenja snage 5-15 kWp. Iz tog razloga veoma važno je razmotriti ključne principe projektovanja FN elektrana i izbora optimalnih rešenja. Zbog prirode postojeće regulative, za investitore su najinteresantniji objekti snage 1 - 5 MWp.

Prvi korak u pokretanju projekta solarne FN elektrane jeste odabir lokacije povoljne za njenu izgradnju, koji u velikoj meri utiče na buduću proizvodnju i sigurnost

NAPOMENA:

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



Slika 1. Instalirani kapaciteti FN elektrana u Evropi i projekcije do 2020.

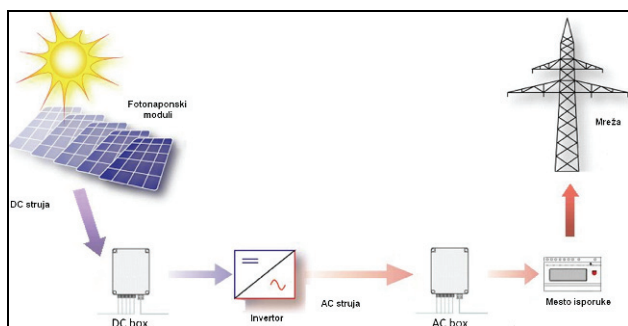
pogona. Osim potencijala sunčevog zračenja kao važnog kriterijuma, bitno je i sagledavanje karakteristika lokacije sa infrastrukturnog, ekološkog i prostornog aspekta.

Pre svega, uglavnom se traže južno orijentisani tereni sa blagim nagibom ili ravničarski tereni, koji ne bi trebali da budu zaklonjeni građevinama ili nekim drugim tehničkim ili prirodnim zaklonima. Prednost imaju lokacije koje su u neposrednoj blizini srednje-naponskog ili visokonaponskog voda i lokacije koje ne zahtevaju izgradnju dugačkih pristupnih puteva. Preporučuju se neiskorišćene površine, niskokvalitetna ili neplodna zemljišta ili površine degradirane privrednim ili drugim antropogenim aktivnostima, koje je potrebno zakonski preimenovati u odgovarajuće namenski upotrebljive.

U ovom radu je dat pregled mogućih rešenja u cilju optimizacije jedne fotonaponske elektrane nominalne snage 1 MWp, koja bi bila izgrađena na području okoline Novog Sada. Optimizacija počiva na nekoliko kriterijuma: efikasnost konverzije energije sunčevog zračenja u električnu, tehnički aspekti konstrukcije, minimizacija gubitaka unutar elektrane i ekonomski kriterijumi proizvodne cene i sveukupne isplativosti.

2. OPIS SOLARNE FN ELEKTRANE

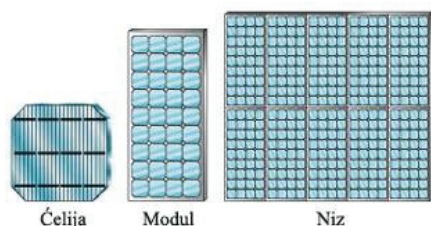
Solarna FN elektrana vrši konverziju energije sunčevog zračenja u električnu energiju. Zahvaljujući FN efektu, fotonaponske ćelije, koje predstavljaju osnovu svakog FN sistema proizvode električnu energiju kada su izložene zračenju Sunca. Osnovni elementi FN elektrana su: FN konvertori (moduli), priključne kutije, invertori i elementi zaštite, kako je prikazano na slici 2 [2]. Najčešće je potrebno podići napon na više vrednosti zbog povezivanja elektrane sa srednje ili visokonaponskom mrežom, te se zbog toga koriste i energetske transformatori. FN moduli razlikuju se po tipovima solarnih ćelija, odnosno materijala od kojih su izrađeni. Zaštitni uređaji se koriste za zaštitu od struja preopterećenja, struja kratkih spojeva, prenapona i podnapona, koji se javljaju, kao i zaštita od impulsnih vrednosti udara groma.



Slika 2. Osnovni elementi solarne FN elektrane

3. FOTONAPONSKI MODULI

FN ćelije predstavljaju osnovu za stvaranje blokova FN sistema. Obično je veličina jedne ćelije nekoliko kvadratnih centimetara i daje snagu od 1-2 W. Kako bi se dobila veća snaga, veći broj ćelija se mehanički i električki povezuje u veće celine, koje se nazivaju moduli ili paneli. Inkapsuliranjem u fotonaponski modul, FN ćelije se štite od vlage, kiše, grada i ostalih atmosferskih uticaja, daje im se mehanička čvrstoća i obezbeđuje električna izolovanost u odnosu na okolinu (slika 3) [3]. Zavisno od izvedbe, standardni FN moduli najčešće sadrže 36, 60, 72 ili 96 ćelija. FN modul najčešće obezbeđuje napon od 12 ili 24 V, a snaga mu je u opsegu od 10 do 300W. Prosečne dimenzije FN modula su 58 cm x 132 cm, a paneli su pravougaonog oblika. Međutim, u zavisnosti od zahteva potrošača proizvode se FN moduli različitih dimenzija.



Slika 3. Osnovni elementi FN sistema

FN modul je najvažnija komponenta FN sistema i to iz dva razloga. Prvi razlog je tehnološki, jer je komponenta koja pretvara sunčevo zračenje u električnu energiju i od njene efikasnosti zavisi efikasnost kompletnog sistema. Drugi je ekonomski, pošto cena FN modula nosi i do 50% od ukupne cene FN sistema.

3.1 Izbor fotonaponskog modula

Izbor FN modula može da se izvede na osnovu više kriterijuma, u zavisnosti od zamisli investitora. To mogu biti estetski, prostorni, ekološki ili ekonomski na koji se najčešće obraća pažnja pri izboru FN modula.

Trenutno (mart 2012. god.) je cena silicijuma nešto niža nego par godina ranije i isplativije je ulagati u FN module izrađene u silicijumskoj tehnologiji nego u tankoslojne FN module. Dalje, cena polikristalnih FN modula manja je od onih izrađenih u tehnologiji monokristalnog silicijuma. To je jedan od glavnih razloga zbog kojeg više od 80% FN elektrana u svetu koristi polikristalne FN module. Zbog navedenih podataka i u slučaju ove FN elektrane je izbor pao na polikristalne module.

3.2 Izbor proizvođača FN modula

Prilikom odabira proizvođača FN modula, treba obratiti pažnju na naglu ekspanziju azijskih kompanija na tržištu FN uređaja, kao i na sve veću pouzdanost i efikasnost uređaja, koji su pri tom i vrlo jeftini.

Kompanija „Hanwha SolarOne“, ranije poznata kao kineska kompanija „Solarfun“, u toku 2011. godine se nalazila na 9. mestu liste prvih 10 svetskih proizvođača fotonaponskih modula [4]. Bavi se proizvodnjom monokristalnih i polikristalnih FN modula i važi za proizvođača jeftinih, ali kvalitetnih FN modula. Primer je FN modul oznake SF 220-30-1PL-x-tra, snage 245Wp, izrađen u tehnologiji polikristalnog silicijuma uz efikasnost od 14.8%. Proizvođač daje garanciju na ovaj modul u trajanju od 12 godina, dok je garancija na performanse 90% u toku prvih 10 godina i 82% u toku 25 godina rada FN modula. Dizajniran je tako da može da izdrži ozbiljne mehaničke pritiske (sneg 5400 Pa, vetar 2400 Pa), garantovana izlazna snaga je u granicama od 0 do +5W, dok je za antireflektujući sloj korišćena inovativna tehnologija koja omogućava visoku apsorpciju sunčeve svetlosti. Posедуje sertifikate ISO 9001 i ISO 14001, CE, TÜV, IEC 61215 i IEC 61730. Dimenzije su 1652 x 1000 x 45 mm, uz težinu od 21 kg. Na svakom modulu se nalazi 60 FN ćelija iznad kojih se nalazi kaljeno staklo, dok je ram izrađen od legure aluminijuma. Priključna kutija FN modula zadovoljava stepen zaštite IP67. Cena je u martu 2012. god. bila 213.15 €, odnosno 0.87 € po Wp [5]. Na slici 4 dat je prikaz fotonaponskog modula SF 220-30-1PL-x-tra 245Wp kompanije Hanwha i jedne FN elektrane u kojoj su instalirani ovi moduli [6].



Slika 4. Izgled FN modula i elektrane sa instaliranim FN modulima

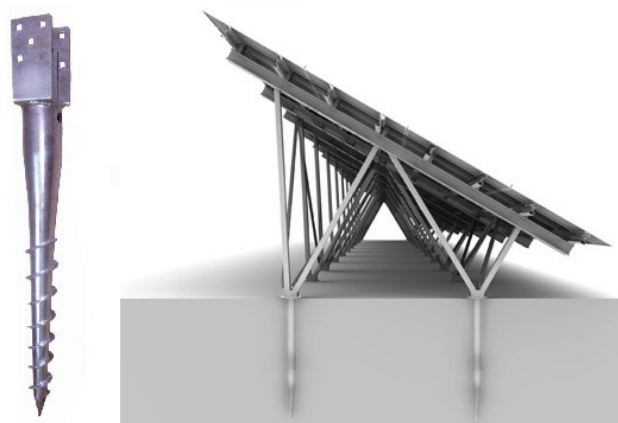
4. VRSTE MONTAŽE FN MODULA

Sama konfiguracija terena ili objekata najčešće određuje sistem montaže fotonaponskih modula koji će se koristiti. Na objektima, u slučaju kosih površina (npr. krovova) kao i zidova, uglavnom se koriste fiksni sistemi, dok na ravnim površinama objekata mogu da se koriste i rotirajući sistemi. U svakom trenutku treba voditi računa da se krovne konstrukcije ne preoptereće težinom sistema koji se postavlja. Ako se FN elektrana postavlja na tlo, potrebno je snimiti teren i napraviti njegove karakteristike u smislu oblika samog terena. Na kosim terenima, zbog same prirode nekad je moguće postaviti FN module paralelno zemlji, što znatno smanjuje troškove izgradnje sistema. Na blažim kosinama i ravnim predelima mogu se

postaviti sve vrste sistema, odnosno i fiksni i pokretni. Važna napomena je da se FN moduli postavljaju tako da budu okrenuti prema jugu, sa određenim nagibom u odnosu na horizontalu.

S obzirom na to da bi potencijalna FN elektrana trebala da se gradi na području okoline Novog Sada, koje je pretežno ravničarski teren i uglavnom predstavlja plodno i obradivo zemljište, kao jedan od osnovnih kriterijuma pored cene je zauzimanje što manje površine. Sistemi montaže sa mogućnošću praćenja pozicije Sunca, osim što predstavljaju skuplju investiciju u startu, zahtevaju više prostora, jer zbog visine same konstrukcije postoji problem senčenja. S druge strane, oni su i do 30% efikasniji!

Fiksni sistemi koje se montiraju na tlu, treba da imaju čvrstu potpornu strukturu koja je otporna na sve vremenske uslove. Izbor nosača i temelja zavisi od toga kakav se kvalitet konstrukcije zahteva, zatim od opterećenja kojeg konstrukcija treba da izdrži, ali i od pH vrednosti zemljišta, jer ukoliko se radi o konstrukcijama koje se direktno pobadaju u zemlju mora se voditi računa o tome da metalni stubovi mogu da korodiraju u nepovoljnoj sredini. Za razmatranu FN elektranu izabran je fiksni sistem montaže koji se pobada direktno u zemljište. Na slici 5 [7] je prikazan izled metalnog stuba koji se pobada u zemljište ukoliko ono ima zadovoljavajuću pH vrednost.



Slika 5. Fiksni sistem montaže sa pobadanjem u zemljište

5. INVERTORI I KABLIRANJE

Invertori imaju dve osnovne funkcije u fotonaponskim elektranama: konverzija DC napona sa FN modula u AC, koji može da se predaje elektroenergetskoj mreži i nalaženje tačke maksimalne snage FN modula (MPPT tehnika). Izbor invertora zavisi od njegove efikasnosti i od konfiguracije instaliranih FN modula.

5.1 Izbor invertora

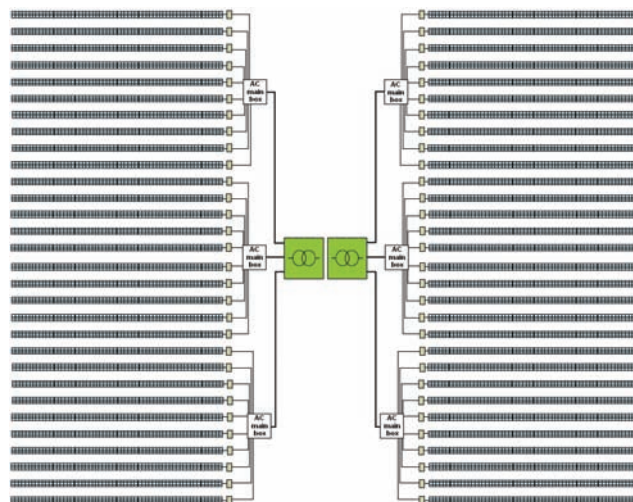
Korišćenjem string invertora ostvarene su mnoge pogodnosti u odnosu na primenu centralnog invertora. Današnji string invertori imaju niz osobina koje poseduju i centralni invertori, poput visokog raspona napona DC strane, posedovanja trofaznog izlaza i više MPPT uređaja, pri tom zadržavajući visoku efikasnost. Sve ovo dovodi do smanjivanja gubitaka i na AC i na DC strani i time obezbeđuje veći prinos. Pored toga, spoljni uređaji za

monitoring i preraspodelu rada string invertora nisu potrebni i time je obezbeđeno i jednostavno kabliranje čitavog sistema.

Invertor, koji odgovara string konceptu i predviđenom dizajnu FN elektrane, je invertor STP 15000TL-10 nemačke kompanije „SMA“. Izborom ovog invertora ostvaren je faktor dimenzionisanja 0.95, što je u dozvoljenim granicama. Maksimalna ulazna snaga ovog invertora je 15.34 kW, maksimalni DC napon na ulazu je 1000 V, pri čemu je nominalni DC napon 600 V, a MPPT prati naponski opseg od 150 V do 800 V. Ovaj invertor ima dva nezavisna ulaza A i B, a samim tim i dva MPP uređaja, maksimalne ulazne struje su 33 A, odnosno 11 A. Maksimalna efikasnost ovog invertora je 98.2%, dok je njegova evropska efikasnost 97.8%. Nominalna snaga na AC strani je 15 kW. Bitno je još napomenuti da ovaj invertor ima tip zaštite IP65, kao i da su njegove dimenzije 665×690×265 mm, a težina 65 kg.

5.2 Kabliranje

Dužina jednog fotonaponskog modula je 1.65 m, i uzimajući u obzir da u jednom redu ima 22 modula i postojanje manjih rastojanja među njima, dužina reda je oko 38 m. Kako je rastojanje od početka jednog reda do početka drugog reda 7.7 m, a u jednoj podstrukturi ima 30 redova, uz uzimanje u obzir činjenice da je širina jednog reda 2.6 m, rastojanje od prvog do poslednjeg reda iznosi 225.9 m. Okvirne dimenzije parcele na kojoj će biti izgrađena fotonaponska elektrana su 225 m × 90 m, odnosno površina parcele je oko 2 hektara. Na slici 6 je prikazan odabrani način kabliranja.



Slika 6. Povezivanje modula grupisanim invertorima.

6. EKONOMSKI POKAZATELJI OPTIMIZACIJE FOTONAPONSKE ELEKTRANE

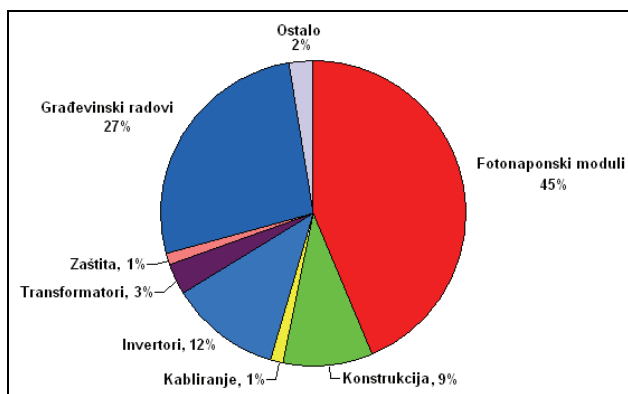
Razmatrana FN elektrana je nominalne snage 970.2 kWp, i od osnovnih elemenata sadrži: 3960 fotonaponskih modula, 60 string invertora i 2 kompaktne transformatorske stanice. Upotrebom softverskog alata „Sunny Design“ [8] utvrđeno je da prosečna godišnja proizvodnja energije iznosi 1236,96 MWh, a prosečna godišnja produktivnost je 1275 kWh/kWp. Prosečno iskorišćenje performansi FN elektrane iznosi 87.6%. U tabeli 1 prikazani su troškovi izgradnje razmatrane FN elektrane.

Tabela 1. Troškovi izgradnje fotonaponske elektrane

	Cena [€]
Fotonaponski moduli	843.480,00
Fiksna konstrukcija	182.400,00
Invertori	228.302,00
Transformatorske stanice	63.820,00
Kabliranje	25.210,00
Instalacije zaštite (od atm. pražnjenja, uzemljenje...)	18.172,00
El. instalacije komandne prostorije	12.245,00
Komunikacija i video nadzor	34.625,00
Građevinski radovi	525.000,00
Ukupno	1.933.254,00

Cene u tabeli 1 su izražene bez PDV-a, sa PDV-om, koji je u Srbiji 18% (april 2012.) cena FN elektrane je 2.281.239,72 €. Na osnovu ove cene dobija se podatak da je neka jedinična cena ove FN elektrane 2,35 €/Wp.

Na slici 7 je prikazan udeo pojedinih troškova kod izgradnje ove FN elektrane. Vidi se da najveći deo nose FN paneli (45%) i da značajnu stavku predstavljaju građevinski radovi (27%), te invertori (12%) i noseća konstrukcija FN modula (9%).



Slika 7. Procentualni udeo troškova pojedinih elemenata FN elektrane

S obzirom na trendove razvoja tehnologije, kao i konstantno smanjivanje cena FN modula, troškovi izgradnje fotonaponske elektrane bi se mogli dodatno smanjiti ukoliko bi cena FN modula nastavila da opada. Na primer, ukoliko bi cena FN modula pala za 10 %, cena kompletne FN elektrane bi bila 1.848.906 €, odnosno sa uračunatim PDV-om 2.181.709,08 € ili 2,25 €/Wp, što bi smanjilo prvobitnu cenu izgradnje elektrane za 4.36%.

7. ZAKLJUČAK

Stalna tendencija opadanja cene fotonaponskih uređaja stvara uslove koji omogućavaju omasovljavanje izgradnje fotonaponskih postrojenja, a time se osim finansijskih ostvaruju i ekološki benefiti. Nagli razvoj fotonaponske industrije u svetu, uz porast proizvodnih kapaciteta i pozitivnu političku i ekonomsku klimu u zemljama kao što su Japan, Nemačka i Kina, obećavaju dobru perspektivu fotonaponskim tehnologijama i u Srbiji.

Uzimajući u obzir današnji značaj fotonaponske tehnologije i njene dugoročne potencijale, u potpunosti je opravdano očekivati podršku države u vidu donošenja zakonskih olakšica i subvencionisanja ovakvih projekata. Fotonaponska industrija može znatno da doprinese privredi zemlje otvaranjem novih radnih mesta, kao i malih i srednjih preduzeća.

8. LITERATURA

- [1] European Photovoltaic Industry Association (EPIA), <http://www.epia.org>
- [2] A. Bonhomme: *Optimization of a photovoltaic power plant*, master thesis, KTH, Enertime, 2010.
- [3] M. Miladinović: *Obnovljivi izvori električne energije*, diplomski rad, Elektronski fakultet, Niš, 2008.
- [4] http://www.solarplaza.com/top10_estimated_module_production_capacity_2011/
- [5] HaWi Energietechnik AG: *Trade Price List (Gross) Q1/2012*, Eggenfelden, 2012.
- [6] http://www.hanwhasolarone.com/en/products/module_s/polycrystalline-modules
- [7] *Planning and installing photovoltaic systems*, The German Energy Society (Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie), Berlin, 2008.
- [8] <http://www.sma.de/en/products/software/sunny-design.html>

Kratka biografija:



Danilo Škorić rođen je u Novom Sadu 1985. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Energetska elektronika i električne mašine odbranio je aprila 2012.god.



Vladimir Katić rođen je u Novom Sadu 1954. god. Diplomirao je na FTN u Novom Sadu 1978., a doktorirao na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu 1991. god. Od 2002. god. je redovni profesor Univerziteta u Novom Sadu. Oblasti interesovanja su Energetska elektronika, Obnovljivi izvori električne energije i Kvalitet električne energije.



Zoltan Čorba magistrirao je na FTN 2009. god. Radio je u razvojnom timu Novkabela, a od 1992. je na FTN kao šef Laboratorije za energetska elektroniku. Od 2008 je i šef Laboratorije za obnovljive i distribuirane izvore energije.

IMPLEMENTACIJA PROTOKOLA PTP IEEE 1588 ZA PRECIZNU VREMENSKU SINHRONIZACIJU SCADA MREŽNIH STANICA**IMPLEMENTATION OF PTP IEEE 1588 PROTOCOL FOR PRECISION TIME SYNCHRONIZATION AMONGST THE SCADA NETWORK STATIONS**Miroslav Bojić, Branislav Atlagić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – Ovaj rad prikazuje osnovne principe funkcionisanja PTP IEEE 1588 protokola i predlaže jedno programsko rešenje za sinhronizaciju lokalnog vremena personalnih računara, zasnovano na PTP protokolu. U ovom radu su takođe prikazani i rezultati ispitivanja preciznosti vremenske sinhronizacije predloženog rešenja.

Abstract – This paper presents the basic principles of PTP IEEE 1588 protocol and proposes a software solution for time synchronization of personal computers, which is based on PTP. This paper also presents the test results of time synchronization accuracy for proposed solution.

Ključne reči: Vremenska sinhronizacija, protokol, PTP IEEE 1588, SCADA

1. UVOD

Vremenska sinhronizacija je u velikoj meri neophodna i koristi se u mnogim distribuiranim sistemima. U industrijskim distribuiranim upravljačkim sistemima, kao što su SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) sistemi, sinhronizacija vremena predstavlja kritičan deo infrastrukture [1]. Mnogi procesi u SCADA sistemima zahtevaju da lokalni časovnici individualnih senzorskih čvorova, aktuatora, kao i nadzorno upravljačkih stanica budu sinhronizovani. Skoro bilo koji vid grupisanja podataka ili koordiniranog sakupljanja informacija, zahteva sinhronizovanje sa fizičkim vremenom, kako bi se pravilno razumela zbivanja u fizičkom svetu. Međutim zahtevi za tačnošću lokalnih časovnika i njihovom preciznošću su znatno strožiji u SCADA nego u drugim tipovima distribuiranih sistema. Ovaj rad je nastao kao potreba da se ispituju performanse programske realizacije PTP protokola i mogućnosti njegove primene za vremensku sinhronizaciju SCADA mrežnih stanica zasnovanih na PC platformi.

2. PTP PROTOKOL

PTP (*Precision Time Protocol*), je relativno novi protokol, namenjen za sinhronizaciju vremena u distribuiranim sistemima.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Branislav Atlagić, vanr.prof.

Ovaj protokol je definisan 2002. godine, IEEE 1588-2002 standardom [2]. Revizija ovog standarda je predstavljena 2008. godine pod oznakom IEEE 1588-2008 [3], a poznata je i pod nazivom PTP IEEE 1588 verzija. Nova verzija standarda je uvela poboljšanja u pogledu preciznosti, tačnosti i robusnosti ali nije unazad kompatibilna sa prethodnom verzijom standarda.

PTP protokol je dizajniran za vremensku sinhronizaciju posredstvom paketske računarske mreže kao što je Ethernet. Razvijen sa ciljem da unapredi postojeće sinhronizacione metode, kao što su NTP i SNTP, i omogućava izuzetnu visoku preciznost vremenske sinhronizacije, ispod 1 μ s. Minimalne performanse procesora kao i minimalna propusnost mreže koje su dovoljne za ovaj protokol, omogućavaju korišćenje jednostavnih i jeftinih uređaja. Pored toga, ovaj protokol omogućava upotrebu uređaja sa različitim karakteristikama (preciznost, tačnost, stabilnost, itd) u istom PTP sistemu. Ostale karakteristike PTP protokol su: jednostavna konfiguracija, podržava PnP (*Plug And Play*) funkcionalnost, niski troškovi održavanja, brza konvergencija i visoka otpornost na greške.

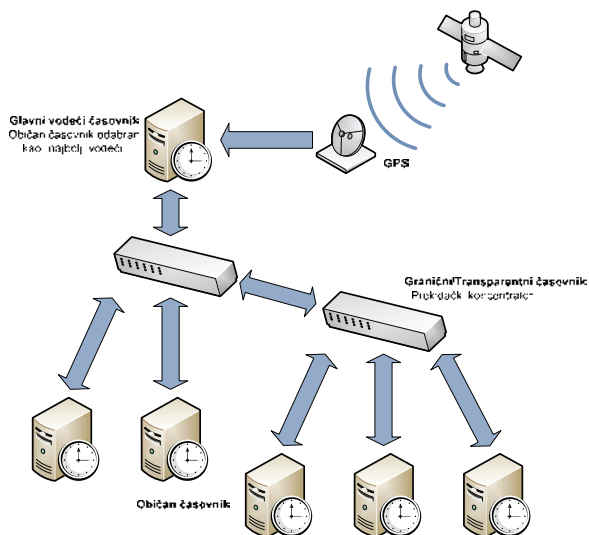
Zbog ovih karakteristika PTP protokol je primenljiv za širok spektar aplikacija. Inicijalno PTP je dizajniran da zadovolji potrebe u aplikacijama namenjenim za merenje i testiranje, ali je primenu našao i u drugim oblastima kao što su industrijska automatizacija, sistemi za proizvodnju električne energije, vojni sistemi, određene telekomunikacione aplikacije, upravljanje u robotici, itd.

2.1. PTP sistem

Slika prikazuje jedan primer PTP sistema. PTP sistem je distribuiran, umreženi sistem koji se sastoji od kombinacije PTP uređaja, ali i drugih uređaja koji ne podržavaju PTP protokol kao što su usmerivači, prekidački koncentratori, personalni računari i sl.

IEEE 1588 standard definiše četiri osnovna tipa PTP uređaja: običan časovnik - OC (*Ordinary Clock*), granični časovnik - BC (*Boundary Clock*), transparentni časovnik - TC (*Transparent Clock*) i upravljački čvor (*Management node*)

OC je uređaj koji poseduje samo jedan fizički prolaz preko koga je povezan na PTP mrežu. Ovaj uređaj može da služi kao izvor referentnog vremena (da bude vodeći časovnik) ili da sinhronizuje vreme sa dugim uređajem u PTP mreži (prateći časovnik). OC je tip uređaja koji se najčešće koristi u PTP sistemima jer ima ulogu krajnjih čvorova PTP mreže.



Slika 1.1 Primer PTP sistema

BC je uređaj koji poseduje više od jednog fizičkog prolaza. Ovaj uređaj se ponaša slično kao običan usmerivač ili prekidački koncentrator propuštajući sav saobraćaj izuzev PTP poruka koje prihvata i obrađuje. Primenom algoritama za izbor najboljeg vodećeg časovnika, BC odabira jedan prolaz koji je povezan sa najkvalitetnijim referentnim izvorom vremena, postavlja ga u prateće stanje i preko njega BC sinhronizuje svoj lokalni časovnik sa vodećim uređajem. Svi ostali prolazi se postavljaju u vodeće stanje i služe kao izvori referentnog vremena ostalim uređajima sa kojima su povezani. Osnovna namena ovog uređaja je da smanji grešku u sinhronizaciji koja nastaje usled promenljivog kašnjenja u prenosu PTP poruka koje generišu obični prekidački koncentratori i slični uređaji. Nedostatak ovog tipa PTP uređaja su kaskadne veze, s obzirom da preciznost sinhronizacije vremena dva krajnja PTP uređaja zavisi od broja BC uređaja posredstvom kojih su povezani i od kvaliteta lokalnih časovnika BC uređaja.

TC je tip PTP uređaja koji kao i BC poseduje više fizičkih prolaza. Ovaj tip PTP uređaja je uveden u verziji 2 PTP protokola kao alternativa za BC uređaje. Za razliku od BC, TC ne može biti ni vodeći ni prateći PTP uređaj, ali se koristi kao neka vrsta mosta između njih. TC prosleđuje sve primljene poruke ostalim uređajima u mreži, uključujući i PTP poruke. Prilikom prosleđivanja PTP poruka vrši se merenje vremena koje poruka provede u TC uređaju na osnovu čega se modifikuju vremenski zapisi unutar PTP poruka kako bi se kompenzovala kašnjenja u prenosu koje unosi sam uređaj.

Upotrebom TC uređaja preciznost sinhronizacije pratećih časovnika ne zavisi od karakteristika lokalnih časovnika TC uređaja posredstvom kojih su povezani sa vodećim časovnikom.

Upravljački čvor je uređaj namenjen za praćenje i kontrolu ostalih PTP uređaja u sistemu. Može se kombinovati sa drugim tipovima PTP uređaja, odnosno jedan PTP uređaj istovremeno može biti upravljački čvor i bilo koji drugi tip PTP uređaja, npr. OC.

2.2. Uspostavljanje hijerarhije

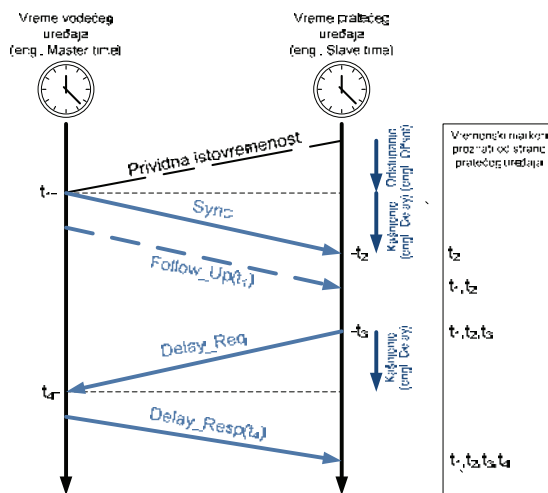
Uređaji u PTP mreži su organizovani u hijerarhiju tipa vodeći-prateći (*Master-Slave hierarchy*). Hijerarhija PTP

mreže se uspostavlja automatski koristeći BMC (*Best Master Clock*) algoritam. BMC algoritam specificira način na koji svaki uređaj određuje najbolji vodeći časovnik među svim njemu vidljivim uređajima, uključujući i njega samog. Odluka se donosi na osnovu karakteristika koje svaki časovnik objavljuje slanjem *Announce* poruka. Parametri na osnovu kojih se određuje najbolji vodeći časovnik su: prioritet, klasa i tačnost časovnika, kvalitet izvora vremena (atomske časovnik, GPS, NTP, ručno podešen, itd) i pozicija u mreži. Svaki PTP časovnik u sistemu nezavisno izvršava BMC algoritam i na osnovu dobijenih rezultata određuje stanja svih svojih prolaza. Drugim rečima, PTP časovnici ne vrše pregovaranje o tome koji će biti u vodećem a koji u pratećem stanju, nego svaki časovnik nezavisno određuje stanje na svojim prolazima.

Na osnovu BMC algoritma uređaj sa najboljim karakteristikama u PTP pod-domenu postaje glavni vodeći časovnik, GMC (*Grand Master Clock*). GMC čini primarni referentni izvor vremena u PTP pod-domenu i obično je sinhronizovan sa visoko preciznim vremenskim izvorom, kao što je atomski časovnik, GPS i slično. Svi časovnici u sistemu se direktno ili indirektno sinhronizuju sa GMC časovnikom.

2.3. Sinhronizacija vremena

Sinhronizacija vremena se obavlja periodično, razmenom poruka koje sadrže vremenske informacije (Slika 2.1). Na osnovu ovih informacija vrši se određivanje kašnjenja u prenosu (vreme potrebno da poruka prođe kroz vezu mreže između dva prolaza PTP čvorova) i odstupanja časovnika (vremenska razlika lokalnih časovnika vodećeg i pratećeg uređaja).



Slika 1.2 Sekvenca poruka za sinhronizaciju vremena

Prilikom slanja i prijema *Sync* i *Delay_Req* poruka generišu se vremenski markeri t_1 , t_2 , t_3 i t_4 . *Follow_Up* i *Delay_Resp* poruke se koriste za prenos vremenskih markera koji su kreirani od strane vodećeg uređaja.

Računanje srednjeg vremena kašnjenja D i vremenskog odstupanja časovnika Δt se vrši na osnovu formula (1) i (2) redom:

$$D = [(t_2 - t_1) + (t_4 - t_3)] / 2 \quad (1)$$

$$\Delta t = (t_2 - t_1) - D \quad (2)$$

Nakon izračunavanja vremenskog odstupanja prateći uređaj vrši korekciju lokalnog časovnika za dobijenu vrednost.

2. ANALIZA PROBLEMA

Da bi se ispunili zahtevi postavljeni u ovom radu, bilo je potrebno realizovati programsku podršku koja implementira IEEE 1588-2008 standard sa sledećim karakteristikama: 1. Običan časovnik, 2. BMC algoritam, 3. Multicast režim slanja poruka, 4. Generisanje vremenskih markera na aplikativnom nivou, 5. Sinhronizacija u dva koraka, 6. DRRM (*Delay request-response mechanism*) mehanizam za određivanje kašnjenja u prenosu, 7. Jednostavna grafička korisnička sprega, 8. Realizovan za Windows 7 operativni sistem.

2.1. Generisanje vremenskih markera

Preciznost i performanse PTP protokola u najvećoj meri zavise od preciznosti vremenskih markera koji se generišu prilikom slanja i prijema PTP poruka. Kako je jedan do osnovnih zahteva nezavisnost od fizičke platforme, vremenske markere je potrebno generisati na aplikativnom nivou. Međutim, funkcije za dobijanje sistemskog vremena na Windows operativnom sistemu su ograničene na maksimalnu rezoluciju od 10-15 ms, što je nedovoljno za vremensku sinhronizaciju visoke preciznosti. Da bi se sistemsko vreme odredilo sa većom preciznošću neophodno je dodatno koristiti i neki od raspoloživih fizičkih vremenskih brojača visoke preciznosti: PIT (*Programmable Interval Timer*), PMT (*Power Management Timer*), TSC (*TimeStamp Counter*) ili najnoviji HPET (*High Precision Event Timer*) [4]. Windows operativni sistem poseduje QPC (*QueryPerformanceCounter*) aplikativnu spregu koja omogućava korišćenje vremenskih brojača nezavisno od korišćene platforme. QPC sprega se sastoji od funkcije za dobijanje trenutne vrednosti brojača i funkcije za odrađivanje frekvencije brojača.

Za visoko precizno određivanje vremenskih markera je najpre potrebno odrediti referentnu vrednost QPC brojača i brojača sistemskog vremena u trenutku promene sistemskog vremena. QPC brojač nije namenjen za merenje dužeg vremenskog perioda. Brojač sistemskog vremena i QPC brojač koriste različite oscilatore, zbog čega se nakon dužeg vremenskog perioda javljaju značajna odstupanja. Iz tog razloga, referentne vrednosti brojača je potrebno periodično osvežavati, na nekoliko sekundi.

Vrednost vremenskih markera t_{vm} se određuje na osnovu sledećeg izraza:

$$t_{vm} = t_{ref} + (p - p_{ref}) / f$$

pri čemu su p i p_{ref} trenutna i referentna vrednost QPC brojača, f frekvencija QPC brojača i t_{ref} referentna vrednost sistemskog vremena.

3. PROGRAMSKO REŠENJE

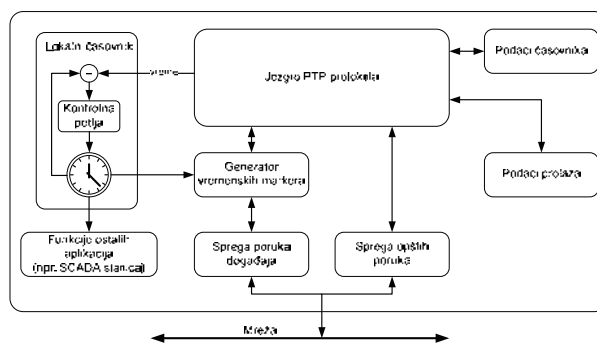
Realizacija kompletnog rešenja se može podeliti u dva dela: realizacija PTP protokola u obliku DLL biblioteke i realizacija grafičke korisničke sprege.

Pošto je sistem namenjen za platformu sa Windows operativnim sistemom, kao razvojno okruženje izabran je *Visual Studio 2010 Professional*. Za realizaciju DLL

biblioteke, korišćen je programski jezik C++ pre svega zbog najboljih performansi za razvoj programa za rad u realnom vremenu, ali i zbog prenosivosti programskog koda na sve platforme. Grafička korisnička sprega je realizovana za *Microsoft .NET 4.0* okruženje koristeći C# programski jezik.

3.1. PTP DLL biblioteka

PTP DLL biblioteka predstavlja realizaciju funkcija običnog PTP časovnika prema specifikaciji IEEE 1588-2008 standarda (Slika 3.1).



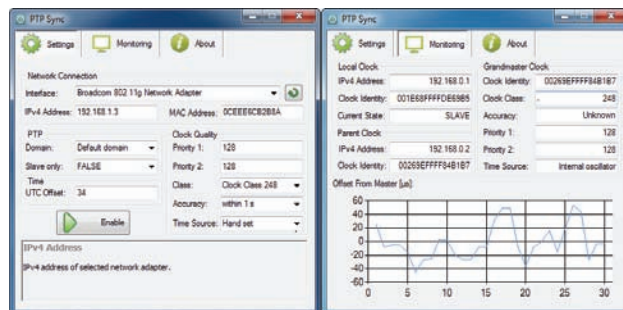
Slika 3.1 Model običnog PTP časovnika

DLL biblioteka poseduje vrlo jednostavnu aplikativnu programsku spregu koja se sastoji od sledeće četiri funkcije:

- *setUserOptions* – funkcija za postavljanje konfiguracionih parametara,
- *getMonitoringData* – funkcija za dobavljanje podataka,
- *startPtpProtocol* – funkcija za pokretanje procesa vremenske sinhronizacije,
- *stopPtpProtocol* – funkcija za zaustavljanje procesa vremenske sinhronizacije.

3.2. Grafička korisnička sprega

Celokupna grafička korisnička sprega je realizovana u jednom prozoru i sastoji se od tri logičke celine podeljene po karticama (Slika 3.2). Izborom kartice *Settings* prikazuje se panel za unos konfiguracionih parametara. Kartica *Monitoring* omogućava praćenje parametara bitnih za odvijanje procesa vremenske sinhronizacije a kartica *About* prikazuje osnovne informacije o programu

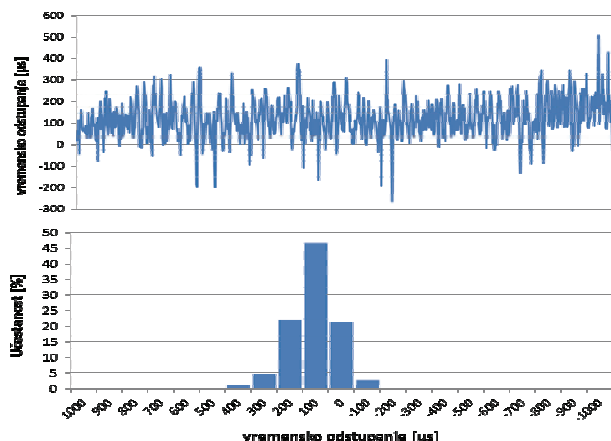


Slika 3.2 Prikaz grafičke korisničke sprege

4. ISPITIVANJE PRECIZNOSTI VREMENSKE SINHRONIZACIJE I REZULTATI

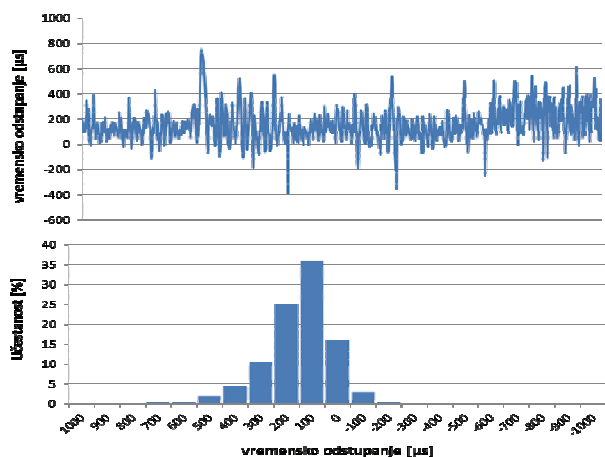
Ispitivanje preciznosti vremenske sinhronizacije je vršeno merenjem vremenskog odstupanja lokalnih časovnika

vodećeg i pratećeg uređaja na aplikativnom nivou. U prvom ispitnom slučaju vršeno je merenje preciznosti vremenske sinhronizacije za dva računara koja su direktno povezana u Ethernet mrežu (Slika 4.1).



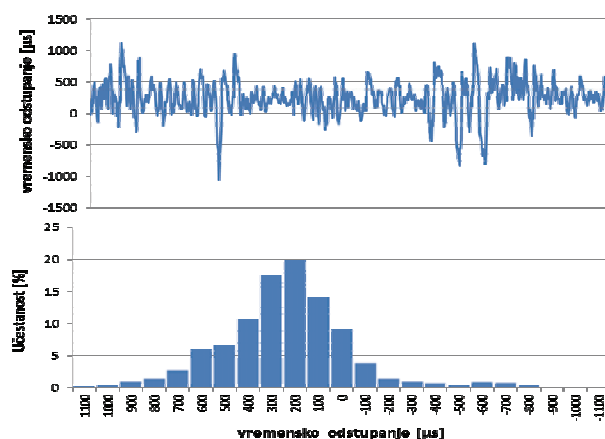
Slika 4.1 Rezultati merenja za prvi ispitni slučaj

U drugom ispitnom slučaju vršeno je merenje preciznosti između računara koji su povezani u Ethernet mrežu posredstvom usmerivača (Slika 4.2).



Slika 4.2 Rezultati merenja za drugi ispitni slučaj

U trećem slučaju vremenska sinhronizacija se obavlja bežičnom IEEE 802.11 vezom, dok je merenje vršeno posredstvom fizičke Ethernet veze radi smanjenja greške merenja (Slika 4.3).



Slika 4.3 Rezultati merenja za treći ispitni slučaj

Na osnovu rezultata ispitivanja ustanovljeno je da se primenom ovog rešenja u Ethernet mreži ostvaruje preciznost vremenske sinhronizacije ispod 1 ms, odnosno u granicama od -300 do 500 μ s pri direktnoj komunikaciji i od -400 do 800 μ s pri komunikaciji posredstvom jednog usmerivača. Kod sinhronizacije koja se obavlja posredstvom bežične veze ostvaruje se smanjena preciznost u granicama od -1.1 do 1.1 ms. Ovo je posledica asimetrije u prenosu PTP poruka bežičnim putem i većih promena kašnjenja u prenosu koje unosi bežični usmerivač.

4. ZAKLJUČAK

PTP IEEE1588 predstavlja odgovor na izazove vremenske sinhronizacije u paketskim računarskim mrežama. Ovaj protokol je već dokazao svoje sposobnosti u laboratoriji kao i u industrijskim sistemima u kojima se u sve većoj meri koristi. Pored toga na tržištu se pojavljuje sve veći broj uređaja koji podržavaju PTP protokol zbog čega se može očekivati da će u skoroj budućnosti PTP protokol preuzeti primat u odnosu na slične protokole.

U ovom radu je prikazano jedno programsko rešenje za sinhronizaciju lokalnog vremena personalnih računara u LAN mreži. Ovo rešenje je zasnovano na PTP IEEE 1588-2008 protokolu i omogućava sinhronizaciju sa tačnošću od oko 1 ms. Iako je predloženo rešenje razvijeno za potrebe vremenske sinhronizacije SCADA stanica, rešenje predstavlja samostalnu aplikaciju koja se može koristiti i u drugim tipovima distribuiranih sistema.

5. LITERATURA

- [1] Branislav Atlagić: "GAUS, Generalizovani Akvizicioni Upravljački Sistem", Novi Sad, 2005.
- [2] IEEE Std 1588™-2002: "IEEE Standard for a precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems", Mart 2002.
- [3] IEEE Std 1588™-2008: "IEEE Standard for a precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems", Jul 2008.
- [4] Jan Wassenberg, "Timing Pitfalls and Solutions", Jun 2007

Kratka biografija:



Miroslav Bojić rođen je u Brčkom 1985. godine. Bachelor rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarska tehnika i računarske komunikacije odbranio je 2011. godine.



Branislav Atlagić rođen je u Novom Kneževcu 1960. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka juna 2001. god. U zvanje vanredni profesor izabran je 2006. godine. Oblast interesovanja mu je dalje usavršavanje sopstvenog koncepta akviziciono – upravljačkih sistema.

JEDNO REŠENJE KLIJENTSKOG PROTOKOLA SCADA SISTEMA**IMPLEMENTATION OF A CLIENT PROTOCOL FOR DISTRIBUTED SCADA SYSTEM**Vojkan Stefanović, Branislav Atlagić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratak sadržaj – Komunikacija sa operaterom je jedna od prioritetnih funkcija SCADA sistema. U radu je realizovan klijentski protokol i prototip grafičke korisničke sprege akviziciono upravljačkog sistema oSCADA. Razvoj ovih komponenti izvršen je korišćenjem aktuelnih tehnologija, tako da se klijentska strana prilagođava proizvoljnom formatu primljenih SCADA podataka. Novi protokol nazvan RAUS, zasnovan je na XML porukama, a klijentska strana je realizovana kao WPF aplikacija koja se generiše na osnovu primljenih meta-podataka.

Abstract – Contemporary SCADA systems emphasize the importance of flexible and effective HMI subsystem. It relays basically on clear definition of formats of data used within the system. The aim of the thesis presented here was to develop client protocol and GUI for the transfer and the presentation of SCADA data. New communication protocol, called RAUS, is based on XML messages to simplify GUI development. Use of XML enables easy data parsing, which made possible generation of WPF graphical user interface according to metadata transferred to the client station.

Ključne reči: SCADA, replikacija podataka, protokol, WPF, XML

1. UVOD

Zbog sve veće kompleksnosti proizvodnih procesa, upravljanje savremenim industrijskim postrojenjima je nezamislivo bez pomoći integrisanog akviziciono upravljačkog sistema, tj. bez primene SCADA sistema (eng. SCADA – *Supervisory Control and Data Acquisition*) radi potpunijeg nadzora i bolje kontrole proizvodnog procesa. Ovi sistemi su opšte prisutni u raznim granama privrede, a pre svega u procesnoj industriji, energetici, telekomunikacijama, poljoprivredi, industriji nafte i gasa, transportu i sl. Nadzor ili nadgledanje postrojenja, kao osnovna funkcija SCADA sistema, koristi komunikacione protokole i grafičku korisničku spregu kako bi krajnjem korisniku - operateru dostavili podatke o stanju sistema i omogućili njihov pregled na što pregledniji način. Na toj osnovi, operater sistema može na kvalitetan način proceniti situaciju i doneti poslednju odluku o eventualnim promenama unutar sistema. Grafička korisnička sprega operatorske radne stanice je veoma bitan segment SCADA sistema, jer je to kontakt operatera (čoveka) sa procesnim sistemom.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Branislav Atlagić, vanredni profesor.

Zato prilikom njenog razvoja treba koristiti najnovije tehnologije, koje pružaju najbolje okruženje za realizaciju složenih korisničkih zahteva.

Zadatak ovog rada je razvoj i implementacija komunikacionog protokola i osnove korisničke konzole u okviru novog akviziciono upravljačkog sistema oSCADA, koji je trenutno u fazi razvoja. Ovako definisan zadatak zahteva razvoj poslužioca (servera) SCADA podataka, i klijenta koji realizuje grafičku korisničku spregu. Pošto sama komunikacija sa operaterom ne mora imati karakteristike tvrdog realnog vremena, pa i komunikacioni protokol ne mora biti optimizovan do najvišeg stepena. Sam protokol i format podataka koji se prenose treba odrediti tako da se olakša njihova obrada na klijentskoj strani.

Pri tom, jedan od glavnih ciljeva novog komunikacionog protokola je prenos meta-podataka koji definišu format SCADA podataka koji se prenose u realnom vremenu. Na toj osnovi mogućen je prenos podataka promenljivog formata, a klijentska strana, u okviru oSCADA sistema, može lako da se prilagodi i dinamički izgeneriše izgled grafičke korisničke sprege. Prenošeni podaci su zbog toga sačinjeni od XML (eng. *Extensible Markup Language*) poruka koje se lako obrađuju tj. parsiraju.

Za izradu korisničke konzole korišćena je *Microsoft* WPF (eng. *Windows Presentation Foundation*) tehnologija koja pored lake obrade XML poruka, pruža i savremen alat za kreiranje grafičke korisničke sprege koja se može izvršavati kao samostalna aplikacija, ali i u okviru internet pretraživača nezavisno od rezolucije ekrana.

2. RAUS PROTOKOL

Kao server u SCADA sistemu u kojem je implementiran novi protokol korišćeno je rešenje pod nazivom oSCADA, koje predstavlja naslednika akviziciono upravljačkog sistema opšte namene GAUS (*Generalizovani Akviziciono Upravljački Sistem*). Oba sistema su razvijena na katedri za računarsku tehniku Fakulteta Tehničkih nauka u Novom Sadu.

U cilju omogućavanja komunikacije između serverske stanice u oSCADA sistemu i operatorskih terminala, razvijen je protokol nazvan RAUS. Ovaj protokol omogućuje distribuciju SCADA podataka i baziran je na XML porukama.

Za potrebe protokola, formirana je RAUS kartica koja objedinjuje više procesnih promenljivih i njihove podatke iz internog oSCADA formata podataka prevodi u XML poruke RAUS protokola.

Komunikacija po ovom protokolu sastoji se iz dve faze. U prvoj se, samo jednom, nakon uspostavljanja veze šalju detaljni opisi podataka (metapodaci) procesnih promenljivih koje su konfigurisane za datu RAUS karticu (obično je to podskup promenljivih za čiji nadzor je zadužen operater koji se povezuje sa datom karticom –

prikazano na Sliku 0.1) na osnovu kojih se može generisati izgled grafičko korisničke sprege na klijentskoj strani. U drugoj fazi se šalju podaci na svaku promenu vrednosti podskupa procesnih promenljivih. Prilikom slanja se u svaku poruku integriše XML zaglavlje

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
```

kako bi se eksplicitno naglasilo da je reč o XML formatu 1.0 kodnog sistema UTF-8.

Slanje metapodataka (opšteg opisa podataka) se kreće od stanice prema terminalima, i prenosi opis podataka iz dostupne konfiguracije sistema datom terminalu.

```
<metadata>
<Identifikacija procesne promenljive>
<Tip procesne promenljive>
<Deo Procesne promenljive>
<VALUE>
<Name>Ime promenljive</Name>
<Type>Tip promenljive</Type>
</VALUE>
...
</ Deo Procesne promenljive>
...
</ Tip procesne promenljive>
</ Identifikacija procesne promenljive>
...
</metadata>
```

Slanje vrednosti prenosi aktuelne vrednosti procesnih promenljivih. U trenutnoj implementaciji RAUS protokola, slanje vrednosti se obavlja u smeru od servera prema klijentu.

```
<data>
<Identifikacija procesne promenljive>
<Tip procesne promenljive>
<Deo Procesne promenljive>
<VALUE>
<Name>Ime promenljive</Name>
<CurrentValue>
Trenutna vrednost promenljive
</CurrentValue>
</VALUE>
...
</ Deo Procesne promenljive>
...
</ Tip procesne promenljive>
</ Identifikacija procesne promenljive>
...
</data>
```

Data ili Metadata predstavljaju korenski element XML poruke koja se šalje i pritome predstavljaju oznaku da li je reč o metapodacima ili trenutnim vrednostima.

Identifikacija procesne promenljive je podelement *data/metadata* elementa čije ime sadrži kombinaciju karaktera koja predstavlja jedinstveni ključ procesne promenljive unutar oSCADA sistema.

Tip procesne promenljive je podelement elementa *Identifikacija procesne promenljive*. Označava tip procesnog ulaza ili izlaza (analogni ulaz/izlaz, digitalni ulaz/izlaz ili brojač).

Deo procesne promenljive je podelement elementa *Tip procesne promenljive*. Daje oznaku unutar poruke koji se deo poruke opisuje (fiksni, privremeni ili promenljivi).

VALUE je podelement elementa *Deo procesne promenljive* i predstavlja oznaku elementa u čijem se sadržaju (podelementima) prenose podaci koji opisuju procesnu promenljivu.

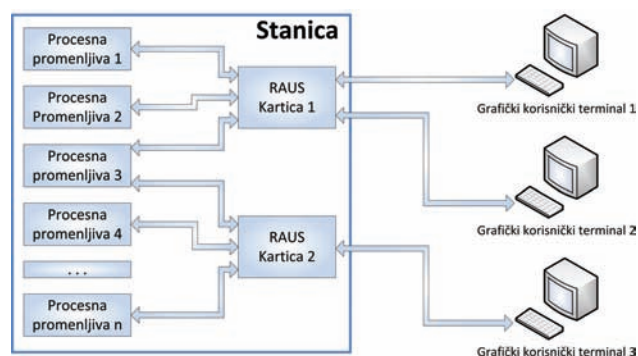
Name je podelement elementa *VALUE* čiji sadržaj predstavlja ime podatka koji se prenosi. Polje *Name* je jedinstvenog sadržaja unutar jedne procesne promenljive, tj. u jednoj procesnoj promenljivoj se ne mogu naći dva podatka sa istim imenom.

Type je podelement elementa *VALUE* u slučaju prenosa metapodataka. Podaci koje sadrži ovaj element predstavljaju tip podataka sadržaja elementa *Name* sa kojim je u istom hijerarhijskom nivou.

CurrentValue je podelement elementa *VALUE* u slučaju prenosa trenutnih vrednosti. Podaci koji sadrži ovaj element predstavljaju trenutnu vrednost podataka sadržaja elementa *Name* sa kojim je u istom hijerarhijskom nivou. Ukoliko je tip podataka koji se šalje klasa, njeni atributi mogu biti i nizovi, pa je to sve potrebno smestiti unutar jednog podatka elementa *CurrentValue*. Odlučeno je da znakovi za razdvajanje logičkih celina unutar jednog niza znakova budu ",", "|" i "#". Spakovana struktura jedne klase bi u ovom slučaju trebalo da izgleda na sledeći način.

```
<CurrentValue>
promenljiva1[n],njenaVrednost|
promenljiva2[n],njenaVrednost|
promenljiva3[n],njenaVrednost#
promenljiva1[n+1],njenaVrednost|
promenljiva2[n+1],njenaVrednost|
promenljiva3[n+1],njenaVrednost
</CurrentValue>
```

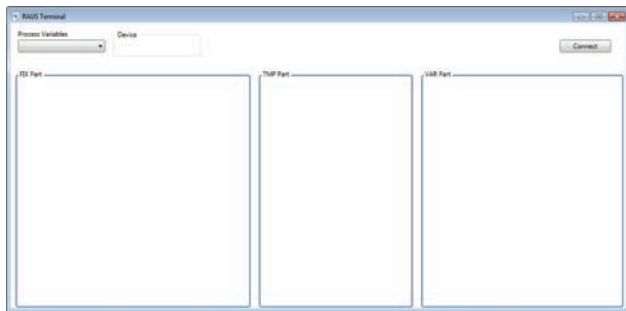
U okviru jedne stanice, moguće je imati više RAUS kartica i na svakoj od njih drugi podskup dodeljenih procesnih promenljivih (prikazano na Sliku 0.1). Operater se vezuje na RAUS karticu koja sadrži podskup procesnih promenljivih za koje je on ovlašćen i nadležan.



Slika 0.1 Konfiguracija oSCADA stanice sa više RAUS kartica

3. GRAFIČKA KORISNIČKA STRANA – KLIJENTSKA STRANA

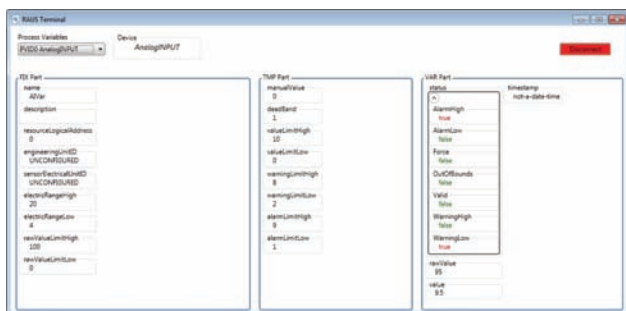
Slika 2.2. prikazuje izgled grafičke korisničke sprege - klijentske strane, nazvane "RAUS Terminal".



Slika 0.2 Izgled grafičke korisničke sprege – klijentske strane

Izrađena je WPF tehnologijom u jednom prozoru u kome se nalaze sledeći elementi:

- Dugme *Connect– Disconnect*:
o u slučaju da veza nije uspostavljena pritiskom na *Connect* uspostavlja se veza i preuzimaju podaci.
o u slučaju da je veza uspostavljena pritiskom na *Disconnect* prekida se veza i preuzimanje podataka.
- Padajuće polje (eng. *Combo Box*) *Process Variables* sadrži listu identifikacije procesnih promenljivih (PVID) sa njihovim tipom.
- Tekstualno polje *Device* prikazuje tip procesne promenljive odabrane u padajućem polju *Process Variables*.
- Paneli *FIX Part*, *TMP Part* i *VAR Part* za prikaz fiksnih, trenutnih i promenljivih podataka, respektivno, koji opisuju izabranu procesnu promenljivu. Trenutno raspoloživi tipovi procesnih promenljivih u oSCADA centralnom računaru i njihov prikaz u grafičkoj korisničkoj sprezi su analogni ulaz (eng. analog in), analogni izlaz (eng. analog out), digitalni uređaj (eng. digital device) i brojač (eng. counter). Slika 2.3.prikazuje grafičko korisničku spregu sa izabranom procesnom promenljivom tipa analogni ulaz.



Slika 0.3.Grafičko korisnička sprega – prikaz procesne promenljive tipa analogni ulaz

3.1 Kratak opis funkcionisanja klijentske strane

U delu koji sledi biće kratko opisan algoritam *RAUS Terminal* aplikacije.

Prilikom pritiska na dugme *Connect*:

- uspostavlja se TCP veza prema unapred određenoj IP adresi i portu,
- pokreće se nit za primanje podataka sa te veze i samo prvi put se preuzimaju metapodaci iz kojih se izdvaja PVID lista. Nakon toga primaju se trenutne vrednosti i upisuju u rečnik *dictNameValue*, gde je ime podatka ključ a vrednost predstavlja podatak rečnika.

Prijemna nit se nakon ovog procesa stavlja u stanje spavanja na dve sekunde.

- popunjava se rečnik (eng. *dictionary*) *dictPVIDObject* koji se sastoji od identifikacije procesne promenljive (koja je u svojstvu ključa) i objekata koji sadrže parsirane informacije opisa procesnih promenljivih,
- za svaki podatak iz svake procesne promenljive se prema njegovom tipu popunjava rečnik *dictNameType*, gde ime podatka predstavlja ključ a tip podatka – podatak unutar rečnika.
- prema tipu promenljive se određuje grafička komponenta u kojoj će biti prikazan i upisuje u predviđeni rečnik *dictNameGUIComponent*, gde je ime podatka ključ a grafička komponenta podatka.

Odabiranjem jedne od ponuđenih procesnih promenljivih iz polja *Process Variables*:

- pronalazi se određena procesna promenljiva čija identifikacija predstavlja ključ u rečniku *dictPVIDObject*,
- nakon toga se selekcijom uz pomoć imena podatka iz rečnika *dictNameGUIComponent* određuje grafička komponenta koja se prikazuje u odgovarajućem panelu (*FIX Part*, *TMP Part* i *VAR Part*) jer RAUS poruka sadrži jasno definisane delove poruka,
- iz rečnika se *dictNameValue* se periodično na dve sekunde, upotrebom tajmera, obrađuju podaci prema njihovom tipu i upisuju u grafičke komponente.

Prilikom pritiska na dugme *Disconnect*:

- Zatvara se TCP veza
- Završava se nit za primanje podataka

3.2 Osobine i prednosti implementirane klijentske strane

Bitne osobine i prednosti kod realizacije dinamičkog kreiranja grafičke sprege su:

- **Proširivost** – Ne postoje unapred napravljena polja za određene podatke koja bi se punila nakon ostvarivanja veze sa centralnim računom. Sve grafičke komponente se generišu u odnosu na XML sadržaj RAUS poruke prilikom primanja metapodataka, a zatim se prilikom odabira procesne promenljive iscrtavaju u *wrap* panele nezavisno od broja podataka koji im se šalje niti od njihovog sadržaja. U svakom trenutku se bilo koja procesna promenljiva može proširiti sa proizvoljnim brojem akviziranih podataka. Za ispravan prikaz potrebno je samo opet primiti metapodatke. Jedino ograničenje u proizvoljnom proširenju je definisanost određenih tipova podataka u vidu struktura/klasa koje se moraju parsirati, u kojima nije implementirano parsiranje podataka pakovanog na više od tri nivoa (prikazano u poglavlju 2. RAUS PROTOKOL). Svi ostali nepoznati tipovi podataka prikazuju se u tekstualnom polju.
- **Mogućnost optimizacije slanja podataka**– U okviru svake procesne promenljive, postoji rečnik *dictNameValue* čijim elementima se može pristupiti uz pomoć ključa koji predstavlja ime podatka. Kao posledica ove osobine, pri akviziciji je poželjno prenositi samo vrednost podataka koji su promenjeni. To donosi značajnu optimizaciju prenosa podataka koja je i više nego potrebna, jer je količina podataka prenesenih putem

RAUS protokola dosta veća u odnosu na bilo koji binarni protokol.

4. ZAKLJUČAK

Ovim radom je realizovano jedno rešenje klijentskog protokola SCADA sistema. Detaljno su predstavljeni formati prenosa podataka u vidu XML struktura kao i redosled slanja.

Urađena je implementacija slanja poruka RAUS protokolom u oSCADA sistemu koji je u razvoju, koristeći prednosti objektno-paradigme.

Klijentska strana napravljena u WPF tehnologiji predstavlja samo jedan deo funkcionalnosti koja se zahteva od grafičke korisničke sprege, ali realizovani deo dokazuje ispravnost koncepta RAUS protokola. Dinamičko generisanje polja omogućava gotovo potpunu nezavisnost aplikacije od poslanih podataka sa klijentske strane, a samim tim i proširivost novim tipovima procesnih promenljivih u sklopu oSCADA sistema.

Pravci daljeg razvoja su:

- Optimizacija slanja podataka od stanice prema grafičkoj korisničkoj sprezi. Prilikom slanja vrednosti potrebno je poslati samo prvi put fiksne i privremene delove poruka, a kasnije slati samo promenljive delove i to samo one u kojima je došlo do promene vrednosti.
- Kao sastavni deo optimizacije potrebno je razviti slanje podataka samo skupa procesnih promenljivih koje se trenutno posmatraju u okviru grafičke korisničke sprege, kao način smanjivanja opterećenja komunikacionih kanala.
- U okviru RAUS protokola planiran je razvoj verzije sa slanjem trenutnih vrednosti procesnih promenljivih u binarnom formatu. Očekivani rezultat je optimizacija veličine poruka koje čine većinu podataka RAUS protokola koji zauzimaju komunikacione kanale.
- Uvođenje komunikacije u smeru od klijentske aplikacije prema centralnom računaru, radi prenosa komandi i operaterskih direktiva.
- Dalji razvoj klijentske aplikacije radi upotpunjavanja njene funkcionalnosti.
- Prevođenje i izvršavanje klijentske strane sa tehnologijom Silverlight u okviru internet pretraživača.

5. LITERATURA

- [1] B. Atagić, GAUS – Generalizovani akviziciono upravljački sistem, Novi Sad, 2005.
- [2] *National Communications System* - Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) Systems, October 2004.
- [3] *Department of the Army, TM 5-601* - Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) Systems for Command, Control, Communications, Computer, Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance (C4ISR) Facilities, 21 January 2006.
- [4] Laslo Kraus – Programski jezik C++, Akademska misao, Beograd, 2003.
- [5] Elliotte Rusty Harold, W. Scott Means, XML za programere, Mikroknjiga, Beograd, 2006.
- [6] Adam Nathan, WPF 4 Unleashed, 2010.
- [7] Šagi Mihalj, Predlog jedne arhitekture savremenog SCADA sistema, Novi Sad, 2011.
- [8] Microsoft Developer Network Library, www.msdn.microsoft.com
- [9] Wikipedia, the free encyclopedia, www.wikipedia.com
- [10] Boost C++ libraries, www.boost.org

Kratka biografija:



Vojkan Stefanović, rođen je u Zaječaru 1983. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarske tehnike i računarske komunikacije odbranio je 2012. god.



Branislav Atagić rođen je u Novom Kneževcu 1960. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka juna 2001. god. U zvanje vanrednog profesora izabran je 2006. godine. Osnovna oblast interesovanja mu je dalje usavršavanje sopstvenog koncepta akviziciono – upravljačkih sistema.

**PRIMENA TEHNOLOGIJE LASERSKOG SKENIRANJA
U SNIMANJU KORIDORSKIH OBJEKATA****IMPLEMENTATION OF SCANNING TECHNOLOGY
IN MAPPING CORRIDOR OBJECTS**

Jovica Jovanić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu je predstavljena LiDAR (*Light Detection and Ranging*) tehnologija i njena uloga u uslovima gde je pristupačnost terena ograničena, zabranjena ili opasna. Sistem za snimanje iz vazduha poznat kao LiDAR sistem, predstavlja relativno nov način za prikupljanje podataka koji obezbeđuje veliki broj informacija o objektima na površini Zemlje kao i o zemljišnim oblicima sa velikom gustinom trodimenzionalnih koordinata tačaka, omogućavajući visoki kvalitet predstavljanja snimljene površine. LiDAR je rezultat integracije tri tehnologije u jedan sistem. Ove tehnologije su laserski skener (*Laser Scanning and Ranging System*), globalni pozicioni sistem (*Global Positioning System – GPS*) i inercijalni navigacioni sistem (*Inertial Navigation System – INS*). Njihovom kombinacijom se može odrediti položaj dodirne tačke lasera na površi Zemlje sa visokom preciznošću.

Abstract – In this paper is presented LiDAR (*Light Detection And Ranging*) technology and its purpose in conditions where the accessibility of the terrain is restricted, prohibited or dangerous. The airborne laser mapping, called LIDAR, provides fast acquisition of a great volume of information on the variation of the surface region through a high density of three-dimensional points, allowing a great quality representation of the land surface. LIDAR is the result of the integration of three technologies. These technologies are: a Laser Scanning and Ranging System, a Global Positioning System (GPS) and an Inertial Navigation System (INS). Combined, they provide the positions where the laser beams touch the surface with high precision.

Ključne reči: LiDAR, GPS, INS

1. UVOD

Razvojem GPS tehnologije i njenom dostupnošću za komercijalne primene, postalo je moguće koristiti svetski geodetski sistem WGS84. Uz pomoć GPS-a dolazi se do koordinata merene tačke sa zadovoljavajućom tačnošću, na svakom mestu na Zemljinoj kugli, bilo na kopnu ili u vazduhu. Razvojem tehnike i tehnologije moguće je proizvesti veoma pouzdan inercijalni sistem koji detektuje i najmanja pomeranja. Takav sistem je našao primenu i u geodeziji gde registruje pomeranje (njihanje, ljučenje i propadanje) pokretnog prevoznog

sredstva, a ti podaci se uzimaju u obzir kada se računaju koordinate u premeru.

Postoji nekoliko vrsta lasera kojima je moguće meriti dužinu. Odlikuje ih brzina i tačnost, pa samim tim su našli primenu u geodeziji. Spajanjem GPS-a, inercijalnog sistema i laserskog merenja dužina dobijamo integrisani sistem LiDAR. Isti je našao primenu u geodeziji, uz pomoć koga se vrlo brzo dolazi do podataka o terenu na velikim površinama. Iz LiDAR sistema nastaje FLI-MAP (*Fast Laser Imaging and Mapping Airborne Platform*) sistem, koji objedinjuje sve gore navedene tehnologije uz digitalne video i foto kamere, kao i namenski programski paket koji se koristi za precizno prikupljanje podataka i sveobuhvatnu analizu i naknadnu obradu podataka.

2. FLI-MAP

FLI-MAP je akronim za brzo lasersko altimetrijsko snimanje koridora sa video i foto snimanjem visoke rezolucije, za prikupljanje i obradu podataka i za izradu kartografskih podloga (i drugih dodatnih proizvoda) iz helikoptera. Premer koridora je dug, skup i kompleksan proces. S jedne strane težak teren, prirodne i veštačke prepreke mogu da uspore uobičajeno terestičko snimanje, dok s druge strane aerofotogrametrijsko snimanje često ne može da obezbedi zahtevanu tačnost.

Multi-senzorska platforma FLI-MAP sistema je adaptabilna i može se montirati na različite vrste helikoptera, koji leti duž koridora po prethodno utvrđenom planu leta. Princip FLI-MAP sistema se zasniva na činjenici da se energija laserskih zraka delimično reflektuje, a delimično apsorbuje tlom ili objektima u prostoru.

Reflektujući deo laserskog zraka se snima uz pomoć senzora (prijemnika) koji se nalazi pored lasera, a vremenska razlika između emitovanja signala i prijema refleksije daje dužinu između helikoptera i tačke na tlu. Sa prosečno snimljenih 150.000 tačaka u sekundi, na visini leta do 400 m i brzinom letelice do 40-80 km/h, ovim sistemom se može prikupiti oko 15.000.000 tačaka po kilometru [1].

3. LiDAR

Laserska metoda – LiDAR zasniva se na korišćenju laserske svetlosti za određivanje rastojanja od senzora do objekta u prostoru. Obradom ovih podataka i podataka koji se prikupljaju korišćenjem dodatnih uređaja, ugrađenih u jedan LiDAR sistem dobijaju se polarne koordinate za svaku tačku na površini terena od koje se odbio laserski zrak. Neophodno je istaći da je potrebno

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je prof. dr Miro Govedarica.

izabrati odgovarajuće delove LiDAR sistema u smislu tehničkih karakteristika, kao i njihove kompatibilnosti, odnosno, samo njihovim dobro sinhronizovanim radom moguće je doći do kvalitetnih podataka o skeniranom terenu.

4. KOMPONENTE LiDAR SISTEMA

4.1. Laser

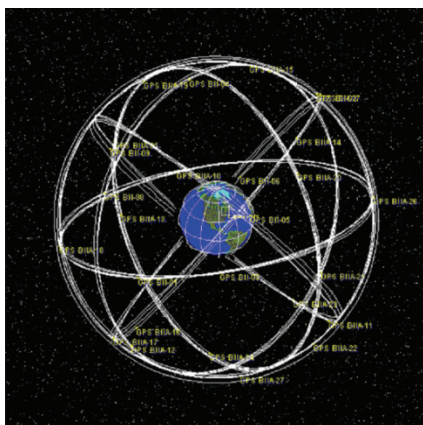
Laser (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) je izvor svetlosnog zračenja koji emituje koherentan snop fotona. Laser kao izvor svetlosti stabilan je po frekvenciji, talasnoj dužini i snazi.

Sastavni delovi lasera su:

- aktivna sredina
- sistem pobude
- rezonator.

4.2. GPS – Globalni pozicioni sistem

Sistem globalnog pozicioniranja stvoren je radi tačnog i preciznog pozicioniranja objekata i pojava na zemljinoj površini. Sastoji se od mreže 24 satelita (Slika 1), sa po četiri satelita raspoređena u šest orbita, pri čemu svaki satelit napravi pun krug oko Zemlje svakih 24 časa [2].



Slika 1. Raspored satelita

GPS se može podeliti na tri segmenta:

- kosmički
- kontrolni
- korisnički

4.3. Inercijalni sistem

Inercijalna navigacija se pojavila dvadesetih godina prošlog veka u Nemačkoj za potrebe razvoja sistema navođenja balističkih raketa. Prvi inercijalni navigacioni sistem (INS) za letelice konstruisao je Charles S. Draper [3].

Inercijalni sistemi su sastavljeni primarno od uređaja koji nam pomažu pri prikupljanju prostornih podataka, a takav skup uređaja nazivamo senzorima.

Svrha ugradnje INS u LiDAR-ski sistem je beleženje pomeranja aviona između dva GPS očitavanja, odnosno pri gubitku signala GPS-a. Pomeranja aviona mogu biti translacije i rotacije po sve tri ose X, Y i Z, gde su:

- X osa je u pravcu leta aviona
- Y osa se nalazi u horizontalnoj ravni i upravna je na pravac leta
- Z osa se nalazi u vertikalnoj ravni i upravna je na pravac leta.

4.4. Vremenska sinhronizacija podataka

Tokom leta, sistem prikuplja podatke sa svakog od svojih senzora zasebno, najčešće u takozvanom sirovom formatu, kako bi se što više smanjilo vreme potrebno za procesiranje i povećala propusnost i kapacitet sistema. Radi objedinjavanja podataka sa svih senzora, izuzetno tačna njihova međusobna vremenska sinhronizacija je od najvećeg značaja za tačnost celokupnog sistema. Vremenska sinhronizacija se vrši nakon leta i obuhvata sledeće faze[4]:

1. Direktno georeferenciranje mernih podataka
2. Izjednačenje nizova i kalibracija sistema
3. Segmentacija oblaka tačaka
4. Klasifikacija i filtriranje
5. Proređivanje podataka.

5. LASERSKO SKENIRANJE IZ VAZDUHA: POSTOJEĆI SISTEMI I POREĐENJA

Ova tehnologija je počela da se razvija u poslednjih deset godina i vrlo brzo je u razvijenim zemljama Evrope i SAD(*Sjedinjene Američke Države*) u pojedinim segmentima i potisnula foto-grametrijsku metodu, kako po zahtevima tačnosti tako i po troškovima vezanim za realizaciju.

5.1. Proizvođači

Godine 1996. postojala je samo jedna kompanija koja je prodavala komercijalne ALS (*Airborne laser scanning*) sisteme, isto tako bilo je jako malo firmi koje su proizvodile delove. Danas, postoji nekoliko proizvođača kompletnih sistema ili glavnih ALS komponenti, dok je broj firmi koje proizvode delove prekoračio 40. Uprkos svom širenju i sve većoj primeni, ALS je još uvek u fazi razvoja.

Neki od vodećih proizvođača su: Optech, Leica Geosystems, Riegl, IGI, TopoSys, TopEye, AHAB, Fugro.

5.2. Poređenje tačnosti

S obzirom na to da se radi o novoj tehnologiji, koja se još dinamično razvija, vrlo je teško govoriti o nekim opštim merama tačnosti.

Visina je vrlo bitan parametar projektovanja snimanja, jer se minimalni razmak mernih podataka (razmak u rasteru) dobija se, kao što može da se vidi iz[5], iz sledeće formule:

$$\Delta d = \frac{hl \cdot \gamma}{2000} \quad (1)$$

gde je:

hl – visina leta

γ – ugao rasipanja laserskog zraka izražen u mrad.

Uobičajena vrednost za γ je 1 mrad, tako da se minimalni razmak dobija iz odnosa $\frac{hl}{2000}$.

U tabeli 1. prikazani su različiti standardi tačnosti kako pozicione tako i visinske za neke od proizvođača koji se bave proizvodnjom ALS sistema.

(Tabela 1. Tačnost različitih sistema za lasersko snimanje terena[5])

Naziv sistema	Horizontalna tačnost (m)	Visinska tačnost (cm)
ALTM 1020 Aero Asahi	0.1% <i>hl</i>	<15
TopoSys	0.05% <i>hl</i>	<15
Nakanihon	1 (na visini leta 200 m)	10-25 (<i>hl</i> =200m)
FLI-MAP II	<0.10	<10
ScaLARS	1 (na visini leta 700 m)	<20 (<i>hl</i> =700 m)
AeroScan	0.30	20
RAMS	0.30	30
DATIS	1	15
HawkEye	3	30

6. STUDIJA SLUČAJA - MODELOVANJE OBJEKATA ŽELEZNIČKE INFRASTRUKTURE IZ OBLAKA TAČAKA

Uz poboljšanje senzorske tehnike, postalo je moguće, ne samo da se prati površina Zemlje, već i da se identifikuju uski objekti kao što su šine ili kablovi. Na taj način upotreba LiDAR tehnologije postala alternativa zemaljskom premeru za dokumentaciju i kontrolu šina ili dalekovoda. Potrebna gustina laserskih tačaka se može postići samo uz visok kvalitet opreme i odgovarajuću brzinu leta. Po tome što su u stanju da detektuju male i tanke elemente, kao što su pruge ili žice, relativna i apsolutna tačnost laserskih tačaka mora biti na centimetarskom nivou. Posle izvršenog snimanja dobijene podatke je potrebno obraditi u cilju dobijanja željenih podataka.

Dobijeni sirovi oblaci tačaka se dalje obrađuju korišćenjem TerraSolid-ovog TerraScan softvera gde se sprovodi klasifikacija tipova objekata.

6.1. Familija TerraSolid aplikacija

TerraScan je samo jedna iz familija aplikacija. Sve TerraSolid aplikacije su usko povezane sa MicroStation-om i predstavljaju grafičko okruženje koje je lako za korišćenje. Ostale TerraSolid aplikacije su: TerraBore, TerraMatch, TerraModeler, TerraPhoto, TerraPipe, TerraSlave, TerraStreet i TerraSurvey.

6.2. MicroStation

MicroStation je CAD (*Computer Aided Design*) programski paket, proizvod kompanije Bentley Systems. Ovaj program predstavlja rešenje raznih zadataka u arhitekturi, mašinstvu, građevini, geodeziji i ostalim tehničkim granama. To je sistem za interaktivno geometrijsko 2D i 3D modelovanje sa mogućnošću dopunjavanja različitim grafičkim sadržajima, takođe alfa-numeričkim i tekstualnim podacima.

Značajne karakteristike ovog programskog sistema su: podržava rad jedne osobe ili rada u mreži; mogućnost definisanja vlastitih kataloga simbola; povezivanje sa relacijskim bazama podataka, te zapise i u raznim grafičkim formatima (tiff, jpeg, itd.). Takođe raspolaže posebnim programskim jezikom MDL (MicroStation Developing Language) za programiranje pomoću višeg programskog jezika C.

6.3. TerraScan

TerraScan[6] je specijalizovano softversko rešenje za obradu lasersko skeniranih tačaka. U stanju je da obrađuje milione tačaka i svi koraci su usmereni ka cilju dobijanja optimalnih performansi. Njegovi raznovrsni alati pokazali su se korisnim i u postavljanju dalekovoda, planiranju autoputeva, šumskim područjima, ili za modele gradova. TerraScan je potpuno integrisana sa MicroStation-om. Ovo CAD okruženje pruža ogroman broj korisnih alata i mogućnosti u oblastima manipulacije pogleda, vizualizacije, postavljanja vektora, postavljanja oznaka i crtanja. Osnovno poznavanje rukovanja MicroStation-om je potrebno da bi se mogao koristiti TerraScan. Što se bolje snalazite sa MicroStation-om to ćete moći bolje da iskoristite mogućnosti koje pruža TerraScan.

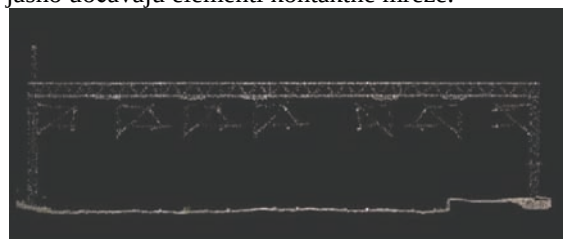
6.4. Metode za izdvajanje objekata iz LiDAR podataka

Rezultate koje dobijemo laserskim skeniranjem iz vazduha (Slika 2), obrađujemo kako bi mogli da izdvojimo željene elemente.



Slika 2. 3D prikaz podataka dobijenih laserskim skeniranjem iz vazduha

Na slici 3. izdvojen je sa slike 2. poprečni presek na kome se jasno uočavaju elementi kontaktne mreže.



Slika 3. Poprečni presek na kome se jasno uočavaju elementi kontaktne mreže

Pored alata koje nam pruža TerraScan postoji i nekoliko algoritama koji su posvećeni izdvajanju objekata železničke infrastrukture. Od nekoliko algoritama koje se koriste za izdvajanje objekata iz LiDAR podataka, ja sam prilagodio dva koja pružaju najbolje rezultate. To su prilagođeni RANSAC (*RANdom SAMple Consensus*) algoritam, i drugo, metod zasnovan na znanju za izdvajanje železničkih šina koji koristi 2D profile.

RANSAC metod se bazira na unapred klasifikovanim tačkama, koje su klasifikovane u TerraSolid softveru, kao ulaznim podacima. RANSAC algoritam je razvijen kako bi bio u stanju da uspešno vrši izdvajanje objekata u MATLAB i ArcGIS okruženju [7]. Slika 4 daje nam rezultate ekstrakcije RANSAC metodom.



Slika 4. Izdvojeni kolosek: šine (puna),
železnička srednja linija (isprekidana) i filtrirane
železničke tačke (bela)

Metoda klasifikacije zasnovana na znanju je dizajnirana da uporedi reference profila šina sa situacijom duž pruge koristeći IDL (*Interactive Data Language*). Putanja predstavlja približnu železnicu. Zbog toga neklasifikovane merne tačke su analizirane korak po korak na ovoj putanji [8].

6.5. Rezultati izdvajanja objekata železničke infrastrukture

Razvijene metode su posebno pogodne za duge sekcije sa jednim ili više koloseka. Dalja istraživanja su potrebna da bi se procenio stepen ispravnosti, ali vizuelne provere izdvojenih karakteristika obećavaju pouzdanost iznad 90%. Čak i ako još uvek ima nekoliko nedostataka za oblasti oko železničke stanice (kompleksna geometrija) prednost je visok stepen automatizacije. Pošto železnički sistem uglavnom karakterišu duge sekcije staza, primenjene metode se mogu koristiti vrlo efikasno.

6.6. Primena i upotreba dobijenih rezultata

Tokom izgradnje, održavanja i korišćenja železničke infrastrukture, prostorni podaci o železničkoj mreži i železničkoj infrastrukturi se prikupljaju, primenjuju i modifikuju. U isto vreme, sve ove prostorne informacije se čuvaju u bazama podataka širom sveta (npr. u okviru informacionog sistema železnica). Prikupljeni podaci dobijeni LiDAR tehnologijom mogu da zadovolje potrebne zahteve i na taj način da postanu relevantan izvor za prikupljanje podataka, zbog svog visokog stepena automatizacije u toku snimanja podataka i analize.

LiDAR podaci o železničkoj mreži i pripadajućoj infrastrukturi mogu biti unapređeni što se tiče širine oblasti sa visokom preciznošću, i bez ometanja u toku železničkog saobraćaja.

Buduća istraživanja u ovoj oblasti će se fokusirati na napredne primene metoda, posebno za rukovanje područjima sa složenom geometrijom železnice i da ih prošire i na izdvajanje pratećih objekata, kao i performanse optimizacije. Pošto su železničke geometrije i građevinski standardi slični širom sveta, metode se mogu, uz odgovarajuća podešavanja, svugde koristiti.

7. ZAKLJUČAK

Ovim radom želeo sam da predstavim LiDAR tehnologiju, od njenih početaka, preko načina na koji se razvijala, do toga kako je postala idealan alat za dobijanje digitalnih površinskih modela (*Digital Surface Model* – DSM)

FLI-MAP lasersko altimetrijski sistem kao precizan metod za prikupljanje i obradu podataka je izuzetno isplativ sistem pomoću koga se u kratkom roku dobijaju tačni i iscrpni rezultati. Zbog svojih osobina laserske tehnike snimanje LiDAR sistemom može biti korišćeno u okolnostima gde je pristupačnost terena ograničena, zabranjena ili opasna.

Zbog prednosti u primenama i u rešavanju problema inženjerske geodezije, snimanja koridora, GIS-a itd. Na osnovu principa koji su prikazani u ovom radu može se smatrati da je FLI-MAP metod budućnost snimanja koridora iz vazduha.

8. LITERATURA

- [1] M. Gligorić, "Lasersko altimetrijsko snimanje koridora iz helikoptera", Geodetski žurnal, Beograd, 2003.
- [2] B. Božić, "Globalni sistem pozicioniranja", Građevinski fakultet, Beograd, 2001.
- [3] D. Blagojević, "Satelitska geodezija (pisana predavanja)", Beograd, 2007.
- [4] D. Gajski, "Osnove laserskog skeniranja iz zraka", Ekscentar, 2007.
- [5] E.P. Baltsavias, "Airborne laser scanning: existing systems and firms and other resources", Institute of Geodesy and Photogrammetry, ETH-Hoenggerberg
- [6] TerraScan User's Guide.
- [7] H. B. Kim, G. Sohn, 3D CLASSIFICATION OF POWER-LINE SCENE FROM AIRBORNE LASER SCANNING DATA USING RANDOM FORESTS", Saint-Mandé, France, September 1-3, 2010.
- [8] M. Neubert, R. Hecht, C. Gedrange, M. Trommler, H. Herold, T. Krüger, F. Brimmer, "EXTRACTION OF RAILROAD OBJECTS FROM VERY HIGH RESOLUTION HELICOPTER-BORNE LIDAR AND ORTHO-IMAGE DATA".
- [9] Spisak korišćenih internet stranica:
- <http://www.bentley.com>
- <http://www.terrasolid.fi>
- <http://www.flimap.com>
- <http://www.optech.ca>
- <http://www.leica-geosystems.com>
- <http://www.riegl.com>

Kratka biografija:



Jovica Jovanić rođen u Sisku 1984. god. Apsolvent na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu na odseku elektrotehnika i računarstvo.

PREDIKTIVNO MODELOVANJE SIGNALA KOJI OPISUJU PROCES SAGOREVANJA METANA U ZATVORENOJ PROSTORIJI**PREDICTIVE MODELING OF SIGNALS WHICH DESCRIBE ENCLOSURE METHANE COMBUSTION PROCESS**

Jelena Lozanov, Vojin Šenk, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu opisan je postupak prediktivnog modelovanja signala koji opisuju proces sagorevanja gasa metana u zatvorenoj prostoriji, koja je podeljena na četiri komore.

Abstract – This paper describes process of predictive modeling of signals which represent enclosure methane combustion. The enclosure is divided into four cells.

Ključne reči: predikcija, uzorci, sagorevanje, Arhenijus

1. UVOD

Vatra predstavlja brzo oksidisanje materijala tokom procesa sagorevanja, pri čemu se emituje svetlost, oslobađa toplota i formiraju drugi proizvodi reakcije. Da bi se vatra zapalila neophodna su tri elementa:

1. kiseonik,
2. toplota,
3. zapaljivi materijal.

Požar nastaje kada se navedeni elementi kombinuju u odgovarajućoj proporciji. Ukoliko se samo jedan od ovih elemenata ukloni vatra će se ugasi. Postoje određeni požari kod kojih se mora ući u problem hemijskih reakcija da bi se mogao razumeti način njihovog gašenja. Proces sagorevanja je hemijski proces u toku koga se oslobađa toplota koja potpomaže daljem gorenju vatre. Većina požara može se opisati modelom tri elementa, dok se za požare, kao što je npr. sagorevanje metala, moraju uzeti u obzir i hemijske reakcije koje se tom prilikom dešavaju. Ukoliko se pokuša gašenje ovakvog požara vodom, situacija se može samo pogoršati. Požar se još više rasplamsava, moguće je čak da dođe i do eksplozije zato što je reakcija koja se odvija egzotermna tj. dolazi do oslobađanja toplote i formiranja zapaljivog vodonika u gasovitom stanju [2]. Takođe je, korišćenje ugljen-dioksida, kao sredstva za gašenje požara u slučaju određenih metala kao što je npr. titanijum, neefikasno. U tom slučaju najčešće se koristi suvi pesak za prekidanje lančane reakcije. Na taj način jedan od tri elementa trougla je uklonjen i požar se zaustavlja.

2. EKSPERIMENTALNI MODEL

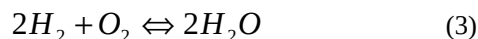
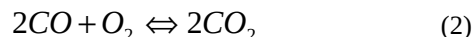
Eksperimentalni model, razvijen u sklopu ovog rada, vrši predikciju sagorevanja metana u zatvorenoj prostoriji bez prozora, vrata i nameštaja. Smatra se da je gas u prostoriji idealan. Predikovane su vrednosti za vremenski period u kojem se dese značajnije promene fizičkih parametara.

NAPOMENA:

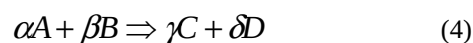
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Vojin Šenk.

2.1 Opis modela

Prostorija je podeljena na 4 komore zapremine 1 m³. U svakoj od komora nalaze se gasovi metana, kiseonika i azota u zadatim količinama. Takođe, za svaku komoru moguće je zadati početne vrednosti temperature i pritiska. Za opis procesa sagorevanja metana korišćene su sledeće hemijske jednačine:



Za model predikcije od ključnog značaja je brzina hemijske reakcije, koja je računata na sledeći način:



$$\frac{d[C + D]}{dt} = k[A]^{n_1}[B]^{n_2} \quad (5)$$

A, B - reaktanti

C, D - proizvodi reakcije

n_1, n_2 - red reakcije

$\alpha, \beta, \gamma, \delta$ - stehiometrijski koeficijenti

$[A], [B]$ - koncentracije elemenata A i B

$\frac{d[C + D]}{dt}$ - brzina hemijske reakcije

Koeficijent brzine hemijske reakcije k , računa se na osnovu Arhenijusove jednačine kao:

$$k = AT^\beta e^{\frac{-E_a}{RT}} \quad (6)$$

Parametri A, E_a, β, n_1, n_2 određeni su eksperimentalno. Za predikciju korišćeni su uzorci signala dobijeni pomoću programa Kantera (eng. *Cantera*), koji razvija Caltech (eng. *California Institute of Technology*). Kantera je *open source* programski paket, koji je namenjen proučavanju problema kao što su hemijska kinetika i termodinamika. U Kanteri je simuliran proces sagorevanja metana i iz signala, koji predstavlja promenu koncentracije metana u vremenu uzeto je 500 uzoraka sa učestanošću od 1ms u intervalu od 0,5s. Zatim su uzorci normalizovani, tako što su svi podeljeni sa brzinom promene koncentracije za vrednost temperature u prvoj milisekundi. Na taj način

prvi uzorak ima jediničnu vrednost, dok su ostali skalirani na odgovarajuću veličinu. Uzorci su odabrani nad određenim vremenskim intervalom u kom se brzina hemijske reakcije - rop (eng. *rate of progress*), nalazi u definisanim granicama. Podeljeni su u tri grupe. Prvu grupu čine uzorci za jako male brzine, gde se skoro ništa ne menja, u drugu grupu spadaju uzorci koji simuliraju eksponencijalne promene, dok se treća grupa uzoraka koristi za skokovite promene koncentracije.

2.2 Algoritam

Kod je napisan u C/C++ jeziku i algoritam predikcije dat je u sledećim koracima:

1. Izračunavanje brzina reakcija
2. Određivanje koji od tri seta uzoraka se koristi za koju reakciju
3. Određivanje maksimalnog vremenskog koraka tako da unutar njega ne dođe do promene seta uzoraka
4. Dodatno usporavanje reakcije, ukoliko se ispostavi da neka od koncentracija može da ode u minus
5. Izračunavanje novih vrednosti koncentracija nastalih posle procesa sagorevanja
6. Određivanje nove vrednosti za temperaturu Njutr-Rapsonovim postupkom
7. Na osnovu temperature određuju se nove vrednosti za entalpiju, unutrašnju energiju i pritisak

Brzina hemijske reakcije za reverzibilne jednačine računa se u oba smera. U smeru ka napred, brzina se računa kombinovanjem formula (5) i (6), dok se u smeru ka nazad računa pomoću standardne Gibsove energije i NASA-inih koeficijenata [6]. NASA-ini koeficijenti su definisani za svako hemijsko jedinjenje za dva toplotna opsega i uzeti su kao težinski, usrednjeni koeficijenti. Za hemijska jedinjenja, koja su zastupljena u većoj meri u datoj komori, odgovarajući težinski koeficijent je veći. Na samom početku simulacije proverava se kom opsegu brzina pripada rop svake od reakcija i na osnovu toga svakoj od reakcija dodeli se odgovarajući set uzoraka. u toku odvijanja reakcije, zbog njene prirode dešavanja i načina definisanja uzoraka, dolazi do promene seta uzoraka, kako bi se postigla što realnija predikcija. Da bi se sprečilo da se unutar istog vremenskog intervala radi nad dva različita seta uzoraka za istu reakciju, vremenski korak je potrebno smanjiti na maksimalnu dužinu trajanja u toku koga ne dolazi do promene seta uzoraka. Opis algoritma dat je na sledeći način:

1. Provera da li je brzina hemijske reakcije u datom trenutku veća od maksimalne brzine za taj set uzoraka
2. Ako jeste, vremenski interval se deli na pola i bira se levi opseg
3. Ako brzina nije veća od maksimalne i ako nije prvi prolaz kroz petlju, bira se desni opseg unutar prepolovljenog levog opsega iz tačke 2.
4. Postupak se ponavlja od tačke 1. sve dok se ne dođe u tačku kada deljenje vremenskog intervala nije više moguće

Za prethodno određen vremenski korak, potrebno je vršiti proveru da unutar njega neka od koncentracija hemijskih jedinjenja, koja su u nestajanju, ne postane negativna. Da bi se to sprečilo, potrebno je dodatno usporiti brzinu reakcije:

1. Za svaki element sumira se njegova promena koncentracija u svakoj od reakcija. Promena koncentracije u slučaju da je jedinjenje u nestajanju ima predznak minus, a u slučaju da je jedinjenje u nastajanju ima pozitivan predznak
2. U slučaju da je zbir ove dve sume manji od 30% trenutne koncentracije tog jedinjenja, skaliraju se sve reakcije koje doprinose smanjenju njegove koncentracije
3. Posle svakog skaliranja, pamti se faktor kojim je vršeno skaliranje. Ako je taj faktor veći od faktora skaliranja za narednu reakciju, onda je potrebno i prethodnu reakciju skalirati tim novim faktorom, tako što se podeli sa starim i pomnoži sa novim faktorom

Spomenuto je već da uzorci predstavljaju promenu koncentracije neke supstance. Na osnovu toga, promena koncentracije se računa kao proizvod vrednosti uzorka za tu reakciju u datom trenutku i promene koncentracije u prvoj milisekundi. Ova vrednost se zatim dodaje na prethodnu vrednost koncentracije odgovarajućeg jedinjenja. Proces sagorevanja metana je modelovan kao adijabatski proces tokom koga ne dolazi do razmene toplote sa spoljašnjom sredinom. Takođe, ovo je adijabatski proces sa konstantnom zapreminom, pa pošto nema širenja onda se ne obavlja rad.

Zbog ovog važi da je promena unutrašnje energije u toku procesa sagorevanja nula [7]. Na osnovu predikovanih vrednosti koncentracija hemijskih jedinjenja, računaju se fizički parametri kao što su pritisak, temperatura, unutrašnja energija i entalpija. Za izračunavanje ovih termodinamičkih parametara koriste se NASA-ini koeficijenti. Na osnovu činjenice da je unutrašnja energija konstantna i formule za entalpiju, date u funkciji temperature u kombinaciji sa NASA-inim koeficijentima, nova vrednost temperature računa se iterativno Njutr-Rapsonovim postupkom. Na osnovu temperature računaju se nove vrednosti za entalpiju, unutrašnju energiju i pritisak. Prilikom sagorevanja, usled porasta pritiska u jednoj od komora, zapremina gasa se poveća tj. gas se raširi i deo mase se pri tome „prelije“ u susedne komore u kojima je vrednost pritiska manja. Ovakvom promenom zapremine dolazi do izjednačavanja pritiska u susednim komorama. Razmena mase aproksimirana je adijabatskim procesom pri konstantnoj zapremini. Razmena mase modelovana je tako da se obavlja podjednako tj. svaka komora, iz koje masa odlazi, predaje svim komorama, u koje masa dolazi, jednak procenat te mase Takođe, radi lakšeg simuliranja provođenja toplote, iako to u stvarnosti nije slučaj, u modelu se smatra da su sve komore međusobno povezane metalnim cevima, pa je za provođenje toplote iskorišćen Furijeov zakon [1].

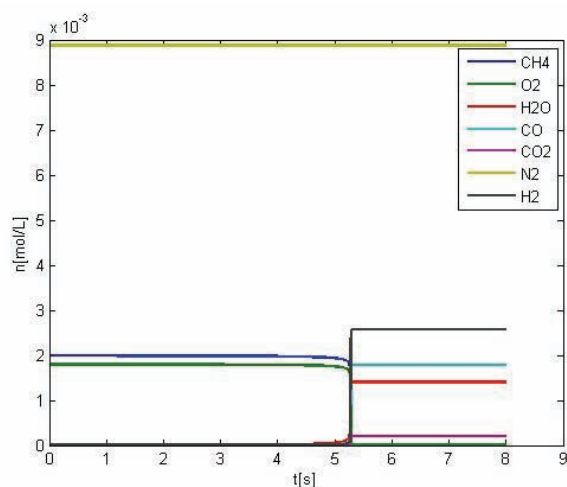
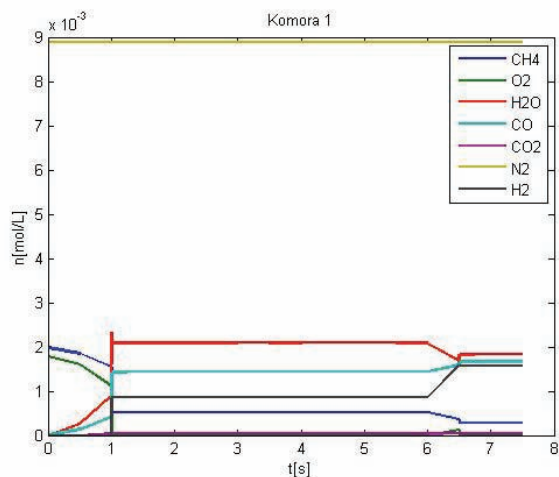
3. REZULTATI

Za poređenje rezultata korišćena je Kantera, a za grafički prikaz rezultata Matlab. U Tabeli 1. navedeni su početni uslovi korišćeni za simulaciju u modelu i Kanteri, a na Slici 1. prikazane su koncentracije jedinjenja dobijene simulacijom u modelu (gore) i Kanteri (dole). U Tabeli 2. dati su početni parametri korišćeni za simulaciju u modelu, a na Slici 2. prikazani su rezultati te simulacije. Sa Slike 1. može se primetiti da se proces sagorevanja u modelu dešava nekoliko sekundi ranije.

Razlog za to leži u tome što parametri, koji definišu brzinu hemijske reakcije nisu isti u obe simulacije.

Tabela 1. Ulazni parametri simulacije

Temperatura	950 K	
Pritisak	100 000 Pa	
Molarni udeo koncentracije izražen u procentima	CH ₄	0,157002
	O ₂	0,141685
	N ₂	0,701313
Broj komora	1	
Trajanja simulacije	Kantera	16,010439 s
	model	4,3 ms



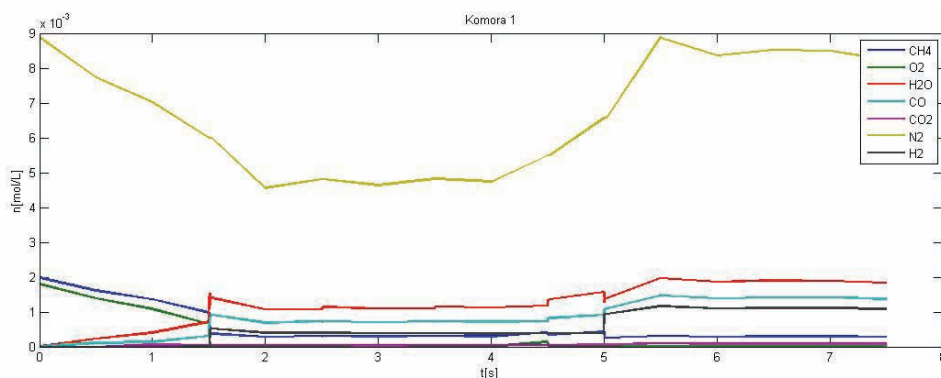
Slika 1. Rezultati simulacije modela (gore) i Kantere (dole)

Takođe, koncentracija metana u Kanteri posle sago-
revanja pada skoro na nulu, dok u modelu to nije slučaj.
Ovo se dešava iz razloga što simulacijom u Kanteri
nastaje velik broj međuproizvoda, koji svojim prisustvom
utiču na koncentraciju kiseonika.
Ipak, sam oblik krivih je zadovoljavajuć, a i koncentracije
na izlazu simulacija su u sličnim granicama.

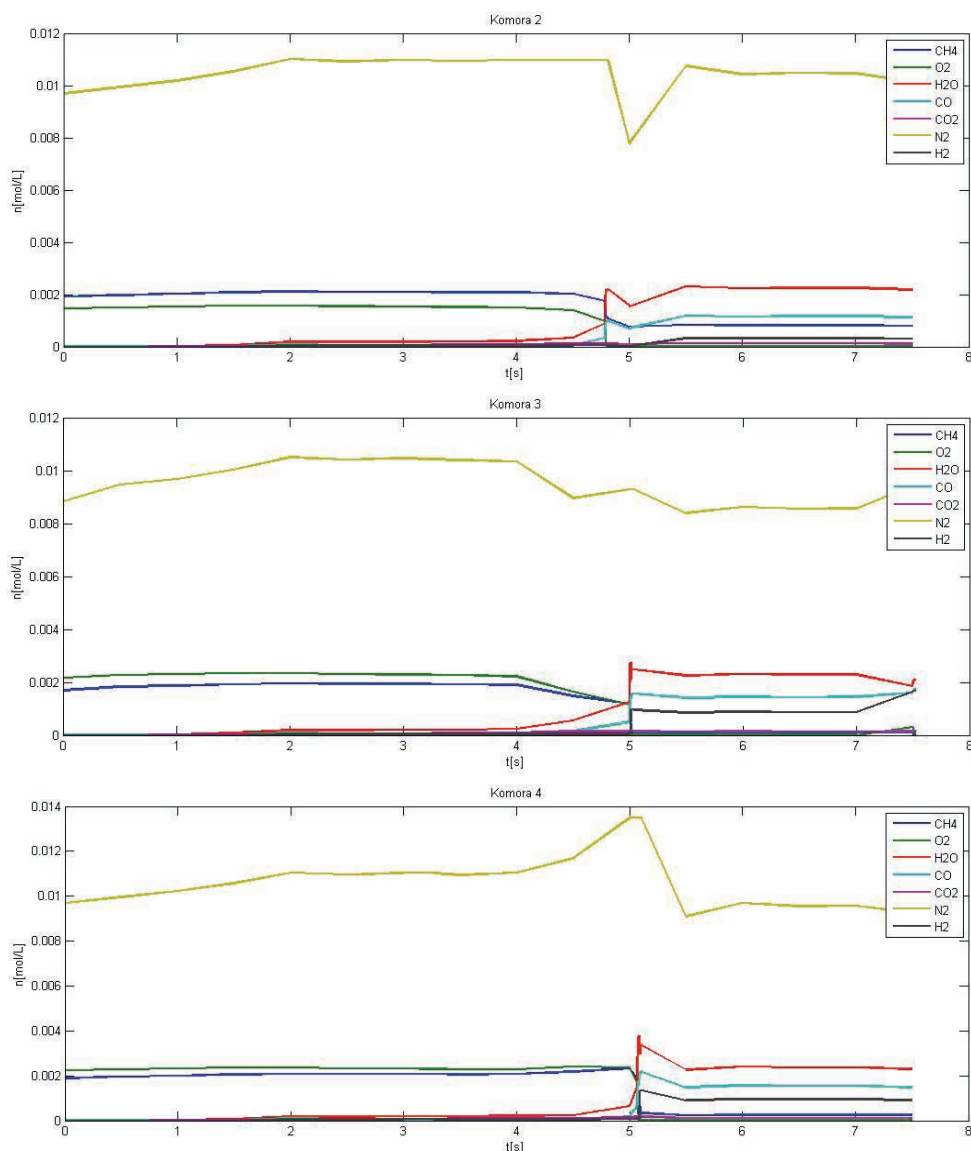
Tabela 2. Ulazni parametri simulacije

Komora 1	Temperatura	950 K	
	Pritisak	100 000 Pa	
	Molarni udeo koncentracije izražen u procentima	CH ₄	0,157002
		O ₂	0,141685
N ₂		0,701313	
Komora 2	Temperatura	920 K	
	Pritisak	100 000 Pa	
	Molarni udeo koncentracije izražen u procentima	CH ₄	0,147002
		O ₂	0,111685
N ₂		0,741313	
Komora 3	Temperatura	900 K	
	Pritisak	100 000 Pa	
	Molarni udeo koncentracije izražen u procentima	CH ₄	0,127002
		O ₂	0,161685
N ₂		0,661313	
Komora 4	Temperatura	900 K	
	Pritisak	100 000 Pa	
	Molarni udeo koncentracije izražen u procentima	CH ₄	0,137002
		O ₂	0,161685
N ₂		0,701313	
Broj komora		4	
Trajanje simulacije		model	12 ms

Na slici 2. zbog podele prostora na više od jedne komore,
dolazi i do razmene mase između komora, pa zbog toga
krive koncentracija imaju toliko neravnina.



Slika 2. Rezultati simulacije modela



Slika 2. Nastavak, rezultati simulacije modela

4. ZAKLJUČAK

Dobijeni signali su sličnog oblika kao i signali dobijeni izvršavanjem istog procesa u Kanteri. Takođe su i brojne vrednosti, svakog od signala, u okvirima koji odgovaraju vrednostima dobijenim u Kanteri. Ipak, u daljem radu potrebno je još dublje ući u fizičko-hemijske procese koji se dešavaju, kako bi se oni mogli na odgovarajuć način implementirati.

5. LITERATURA

- [1] B. Karlsson, J. Quintiere, *Enclosure Fire*, CRC Press LLC, Boca Raton, Florida, 2000.
- [2] L. Bengtsson, *Enclosure fires*, NRS Tryckeri, Huskvarna, Sweden, 2001.
- [3] http://www.nist.gov/el/fire_research/cfast.cfm
- [4] W. Jones, R. Peacock, G. Forney, P. Reneke, *CFast - Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport (Version 6)*, Technical reference guide, NIST Special Publication 1026, 2006.B.
- [5] Sklar, *Digital Communications; Fundamentals and Applications*, Prentice-Hall International, London, 1988.
- [6] K. McGrattan, S. Hostikka, J. Floyd, H. Baum, R. Rehm, W. Mell, R. McDermott, *Fire Dynamics Simulator (Version 5)*, Technical reference guide, Volume 1: Mathematical Model, NIST Special Publication 1018-5, 2010.
- [7] D. Goman, *Cantera C++ User's Guide*, California Institute of Technology, 2002.
- [8] M. Satarić, *Fizika (termodinamika, talasno kretanje i osnovi kvantne mehanike)*, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, 1997.

Kratka biografija:



Jelena Lozanov rođena je u Novom Sadu 1987. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Komunikacione tehnologije i obrada signala odbranila je 2012.godine.

RAZVOJ SOFTVERA ZA OBRADU PRIJAVA KANDIDATA ZA POSAO

DEVELOPMENT OF A SOFTWARE TOOL FOR PROCESSING CANDIDATE JOB APPLICATIONS

Dušan Maksimović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je prikazan postupak razvoja softverskog rešenja koje omogućava online slanje prijava kandidata za posao, kao i podršku za kasniju obradu tih prijava od strane zaposlenih u kadrovskoj službi kompanije. Posebna pažnja posvećena je metodološkom pristupu u razvoju softverskog rešenja. Aplikacija je razvijena uz oslonac na .NET okruženje.

Abstract – This paper describes development of a software tool that enables online submission of candidate job applications, as well as support for subsequent processing of those applications by employees of companies human resources department. Special attention was paid to the methodological approach to developing software solutions. The application was developed using .NET framework.

Ključne reči: Razvoj softvera, projektovanje baza podataka, prijave kandidata za posao

1. UVOD

Jedan od značajnih faktora koji utiču na uspeh svake kompanije svakako je i potencijal ljudskih resursa sa kojima kompanija raspolaže. Za velike kompanije koje zbog obima svog posla imaju stalnu potrebu za zapošljavanjem novih kadrova, i kojima svakodnevno pristižu nove prijave kandidata za posao, pojednostavljanje procesa obrada prijava kandidata sve više dobija na značaju. Kako je cilj svake kompanije da zaposli samo najbolje od prijavljenih kandidata, sledi da je u interesu kompanije da se svaka prijava kandidata obradi na najbolji mogući način. U ovom radu opisan je razvoj softverskog rešenja koje bi trebalo da pruži podršku procesu obrade prijava za posao, kao i da olakša komunikaciju sa samim kandidatima. Dato softversko rešenje razvijeno je za potrebe kompanije Telvent DMS iz Novog Sada.

Pred projektovano rešenje postavljeno je nekoliko ciljeva, kao što je obezbeđivanje podrške za: slanje prijava kandidata posredstvom web sajta kompanije, skladištenje datih prijava u obliku pogodnom za kasniju obradu, pregled i pretraživanje svih pristiglih prijava, njihovo dopunjavanje internim podacima nastalim na osnovu razgovora i testiranja obavljenih sa kandidatima, kao i praćenje toka komunikacije sa kandidatom od trenutka slanja prijave, pa sve do njegovog eventualnog zapošljavanja.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Ivan Luković, red. prof.

Ostvarivanje prethodno navedenih ciljeva omogućilo bi objedinjavanje podataka o svim kandidatima na jednom mestu i praćenje toka komunikacije sa kandidatima, tako da bi se tačno znalo do koje tačke u razgovorima se stiglo sa svakim od kandidata, kao i koji je njegov status.

Metodološki pristup primenjen u toku razvoja ovog rešenja obuhvatio je najpre analizu procesa poslovanja službe koja se bavi obradom prijava kandidata za posao, zatim prikupljanje i specifikaciju korisničkih zahteva i procesa poslovanja, nakon čega je usledilo projektovanje arhitekture sistema. Nakon ovoga, usledila je faza projektovanja i implementacije šeme baze podataka i na kraju implementacija same aplikacije.

Osim uvoda i zaključka rad sadrži još tri poglavlja. U drugom poglavlju opisan je metodološki pristup primenjen prilikom razvoja rešenja. U trećem delu opisana je arhitektura aplikacije, dok se četvrti deo bavi opisom funkcionalnosti i načinom implementacije aplikacije.

2. METODOLOŠKI PRISTUP PRIMENJEN U RAZVOJU REŠENJA

Prilikom razvoja prikazanog softverskog rešenja primenjen je tradicionalni pristup u razvoju softverskih proizvoda. Cilj je bio da se razvoj podeli u nekoliko faza sa jasno definisanim zadacima i ciljevima koje te faze treba da ostvare. Posebna pažnja u toku razvoja posvećena je određivanju potrebnog nivoa dokumentovanja svake od faza. Faze koje je razvoj obuhvatio su:

1. prikupljanje korisničkih zahteva i kreiranje njihove specifikacije,
2. specifikacija poslovnih procesa kojima projektovano rešenje treba da pruži podršku,
3. projektovanje arhitekture softverskog rešenja,
4. modelovanje šeme baze podataka i
5. implementacija softverskog rešenja.

Svaka od ovih faza imala je jasno definisane zadatke, očekivane rezultate, kao i tehnike koje je bilo potrebno koristiti u realizaciji svake od njih.

U fazi prikupljanja korisničkih zahteva i kreiranja njihove specifikacije bilo je potrebno definisati sve korisničke zahteve prema projektovanom rešenju. Zahtevi su opisani korišćenjem adekvatnog *Software Requirements Specification* (SRS) dokumenta. Takođe, radi boljeg dokumentovanja korisničkih zahteva, oni su dodatno opisivani *Unified Modeling Language* (UML) formalizmima, putem modela slučajeva korišćenja.

Cilj faze specifikacije poslovnih procesa kojima projektovano rešenje treba da pruži podršku jeste povezivanje

aktivnosti tih procesa sa ispostavljenim korisničkim zahtevima, kako bi se utvrdilo da li će zadovoljavanjem korisničkih zahteva uspešno biti pokrivene sve aktivnosti procesa poslovanja. Za opisivanje procesa poslovanja korišćeni su UML modeli aktivnosti.

U fazi modelovanja šeme baze podataka kreiran je konceptualni model šeme baze podataka za podršku ranije opisanim procesima poslovanja i korisničkim zahtevima. Ovaj model kreiran je uz oslonac na *Entity-Relationship* (ER) model podataka, a zatim je preveden na relacioni model podataka preko kog je predstavljen implementacioni model šeme baze podataka. [1]

U fazi projektovanja arhitekture softverskog rešenja odlučeno je da se rešenje implementira kao troslojna *web* aplikacija, pa je i projektovanje arhitekture išlo u tom smeru. Za predstavljanje različitih aspekata projektovane arhitekture korišćeni su UML modeli komponenti, modeli klase i modeli redosleda. Kao rezultat ove faze razvoja nastala je specifikacija arhitekture buduće aplikacije.

Finalna faza razvoja softverskog proizvoda bila je sama implementacija. Odlučeno je da se rešenje implementira u

.NET okruženju, uz oslonac na ASP .NET MVC razvojni okvir i SQL Server sistem za upravljanje bazama podataka. Rezultat ove faze je u potpunosti funkcionalna aplikacija dokumentovana adekvatnim korisničkim uputstvom.

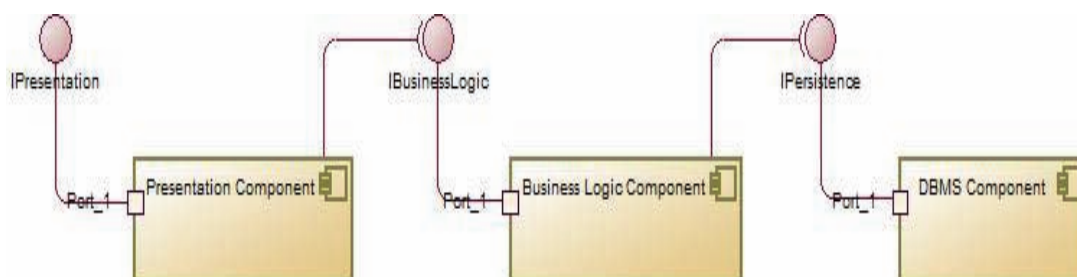
3. ARHITEKTURA APLIKACIJE

Arhitektura projektovanog softverskog rešenja predstavlja primer implementacije troslojne arhitekture *web* aplikacija. Funkcionalnosti su podeljene na tri nezavisne komponente sa jasno definisanim odgovornostima. [2]

Te komponente su:

1. prezentaciona komponenta,
2. aplikaciona komponenta i
3. komponenta za fizičko upravljanje podacima.

Na slici 1 prikazan je model komponenti projektovanog softverskog rešenja.



Slika 1 Model komponenti projektovanog softverskog rešenja

Prezentaciona komponenta zadužena je za implementaciju korisničkog interfejsa. Ona omogućava komunikaciju korisnika sa aplikacijom. Budući da je u pitanju *web* aplikacija, ova komponenta se izvršava u *web* browserima korisnika.

Aplikaciona komponenta predstavlja implementaciju srednjeg sloja troslojne arhitekture koji je zadužen za implementaciju poslovne logike aplikacije. Postoji mogućnost da se srednji sloj dodatno raščlani na manje komponente sa zasebnim odgovornostima, tako da jedna komponenta opslužuje *web* zahteve, a druga da implementira poslovnu logiku sistema. Ove komponente bile bi raspoređene na zasebnim serverskim računarima, čime bi se povećala skalabilnost sistema. Međutim, ovakav način implementacije zahtevao bi uvođenje dodatnog protokola komunikacije između komponenti aplikacionog sloja. Sa druge strane, kako se ne očekuje veliki broj korisnika aplikacije, te bi zbog toga mogućnosti koje ovakav vid implementacije pruža bile praktično neiskorišćene, odlučeno je da se ne vrši dodatno raslojavanje sloja poslovne logike. Dakle, aplikaciona komponenta se u konkretnom slučaju stara i o obradi pristiglih *web* zahteva, i o implementaciji poslovne logike sistema. Ipak, kako bi se dobio kvalitetniji programski kod koji bi kasnije bilo lakše održavati i modifikovati po potrebi, aplikacioni sloj je podeljen na nekoliko manjih modula. Ti moduli su:

1. modul za opsluživanje *web* klijenata,
2. modul za implementaciju poslovne logike i
3. modul za pristup podacima

Komponenta za fizičko upravljanje podacima svodi se na sistem za upravljanje bazama podataka. Ova komponenta se u okviru rešenja koristi u svom izvornom obliku.

Modul za opsluživanje *web* klijenata aplikacione komponente zadužen je za prihvatanje i obradu *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP) zahteva koji dolaze sa klijentske strane. Nakon obrade zahteva, argumenti HTTP poziva se dalje prosleđuju modulu poslovne logike koji je zadužen za njihovu obradu.

Modul za implementaciju poslovne logike realizovan je u .NET okruženju i kao takav u potpunosti je nezavisan od drugih biblioteka, što znači da i eventualna zamena korišćenih biblioteka neće zahtevati izmene ovog modula. Druga prednost ovog modula je ta što za predstavljanje podataka iz tabela baze podataka koristi *Plain Old CLR Objects* (POCO) klase. Za svaku tabelu iz baze podataka postoji odgovarajuća POCO klasa sa atributima koji predstavljaju kolone date tabele, a ograničenja stranih ključeva predstavljena su vezama asocijacije između ovih klasa. Dobra strana ovog pristupa je što POCO klase takođe nemaju nikakvih zavisnosti ka drugim bibliotekama, što ih čini veoma pogodnim za razmenu podataka između slojeva aplikacije. Modul poslovne logike realizovan je tako da za svaku tabelu baze podataka postoji odgovarajuća klasa poslovne logike zadužena za obradu podataka te tabele. Ukoliko za to postoji potreba, klase poslovne logike mogu ostvariti međusobnu komunikaciju u cilju obezbeđivanja potrebnih podataka.

Modul za pristup podacima zadužen je za obezbeđivanje apstrakcije podataka iz relacione baze, kako bi se oni prilagodili principima objektno-orientisanog dizajna aplikacije. Ovaj modul zapravo vrši konverziju podataka iz relacionog modela u objektni, koji je pogodniji za korišćenje u aplikaciji. Iz prethodnog sledi da je ovaj modul u velikoj meri zaslužan za nezavisnost sloja poslovne logike od pomoćnih biblioteka koje se koriste u aplikaciji. Osim ovoga, prednost uvođenja sloja za rukovanje podacima je i ta što je programski kod koji tu obradu obavlja izolovan od sloja poslovne logike, čime je postignut znatno bolji kvalitet programskog koda. Za realizaciju ovog modula korišćen je *Repository* dizajn šablon, koji upravo omogućava ispunjavanje prethodno navedenih zadataka apstrakcije podataka. Kako bi se pojednostavio razvoj modula za pristup podacima, korišćen je već postojeći objektno-relacioni mapper ADO .NET Entity Framework. Prednost *Repository* dizajn šablona je ta što obezbeđuje uniforman način pristupa podacima svih tabela putem zajedničkog interfejsa koji implementiraju sve klase zadužene za pristup podacima iz pojedinačnih tabela. To praktično znači da sve klase zadužene za pristup podacima iz tabela baze podataka poseduju zajednički skup metoda koje obezbeđuju uobičajene funkcionalnosti kao što su preuzimanje svih podataka iz tabele, preuzimanje podataka koji zadovoljavaju određeni uslov, ili dodavanje novog sloga tabele. Sledeći programski kod opisuje preuzimanje podataka iz dve različite tabele koji se vrši na identičan način, zahvaljujući prethodno opisanim prednostima *Repository* dizajn šablona. Razlika je jedino u tabeli kojoj se pristupa i tipu podataka koji se dobija kao rezultat.

```
List<Candidate> allCand =
candidateRepository.GetAll()
```

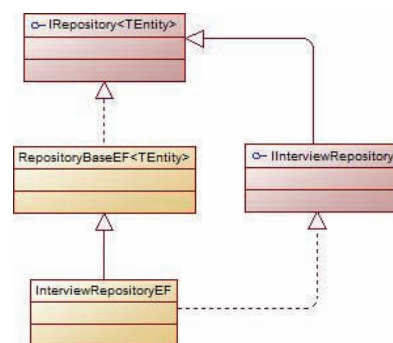
```
List<Interview> allInterv =
interviewRepository.GetAll()
```

Još jedna prednost koju pruža *Repository* dizajn šablon u saradnji sa osobinom generičnosti koju podržava .NET okruženje jeste mogućnost da se sve zajedničke funkcionalnosti repozitorijuma implementiraju samo na jednom mestu, a da kasnije konkretne instance repozitorijuma samo nasleđuju te funkcionalnosti. Ovakav način implementacije stvara mogućnost da se u nekom trenutku u budućnosti na veoma jednostavan način izvrši zamena korišćenog objektno-relacionog mapera tako što će zajedničke funkcionalnosti biti implementirane samo na jednom mestu, ali ovog puta uz oslonac na neki drugi objektno-relacioni mapper. Ovo se može pokazati kao značajna prednost ukoliko se nekad u budućnosti, iz bilo kog razloga, ukaže potreba za zamenom korišćenog objektno-relacionog mapera.

Razlozi za promenu OR mapera mogu biti različiti, počevši od toga da se u nekom trenutku u budućnosti prestane razvoj datog mapera, ili se pak odluči za prelazak na neki od sistema za upravljanje bazama podataka koji nije podržan od strane trenutno korišćenog objektno-relacionog mapera.

Još jedna prednost koju nudi *Repository* šablon je ta što on omogućava da se pojedinačni repozitorijumi za pristup pojedinačnim tabelama baze prošire specifičnim

funkcionalnostima koje nisu zajedničke za sve repozitorijume. To je omogućeno korišćenjem zasebnih interfejsa i klasa za svaki od repozitorijuma. Na slici 2 prikazana je struktura klasa zaduženih za implementaciju *Repository* šablona u aplikaciji, na primeru repozitorijuma za tabelu *Interview*.



Slika 2- Implementacija *Repository* šablona

4. OPIS FUNKCIONALNOSTI I NAČINA IMPLEMENTACIJE APLIKACIJE

Projektovana aplikacija poseduje funkcionalnosti koje omogućavaju slanje prijave kandidata za posao posredstvom web sajta kompanije, kao i kasniju obradu tih prijava. Takođe, ona omogućava dopunjavanje prijave kandidata dodatnim podacima nastalim u toku procesa obrade prijave. Ovi podaci nastaju na osnovu testiranja i razgovora obavljenih sa kandidatima. Zatim, aplikacija omogućava praćenje istorije promena statusa kandidata i pruža mogućnost ostavljanja napomena o kandidatima. Još jedna važna funkcionalnost predstavlja mogućnost pretrage prijave po svim podacima koje sadrže. Osim funkcionalnosti vezanih za obradu prijave kandidata, aplikacija omogućava rukovanje podacima koji se nude na odabir kandidatima prilikom popunjavanja prijave za posao.

Način implementacije funkcionalnosti biće opisan na reprezentativnom primeru dodavanja podataka o razgovoru obavljenom sa kandidatom za posao. Korisnik najpre unosi podatke o razgovoru koji obuhvataju ime osobe koja je razgovor obavila, datum i komentar razgovora, nakon čega potvrđuje da želi da snimi date podatke. Zatim se od unetih podataka kreira *JavaScript Object Notation* (JSON) objekat koji ima sledeći format:

```
{
  "candidateId": "ID_kandidata",
  "interviewer": "Autor_komentara",
  "interviewDate": "Datum_razgovora",
  "interviewComment": "Komentar_razgovora"
}
```

Za razmenu podataka sa web serverom korišćen je JSON format podataka zbog njegove jednostavnosti i prednosti koje pruža u odnosu na *Extensible Markup Language* (XML) jezik, kao što je činjenica da on ne zahteva posebno definisanje formata za svaki od objekata, već koristi skup unapred definisanih pravila za proveru validnosti formata. Zatim se dati JSON objekat asinhrono, uz oslonac na *Asynchronous JavaScript and XML* (AJAX) tehnologiju šalje web serveru. Kada ovaj zahtev stigne do instance klase *InterviewController* koja se izvršava na web serveru, najpre se proverava da li korisnik ima pravo

da vrši dodavanje, izmenu i brisanje podataka u aplikaciji. Provera prava pristupa realizovana je uz oslonac na **ASP .NET Forms Authentication** tehnologiju. [3] Ako korisnik poseduje odgovarajuća prava pristupa, vrši se preuzimanje argumenata iz JSON objekta, nakon čega se oni prosleđuju metodi *addInterview* klase *InterviewBusinessLogic*. Zatim ona poziva metodu *getCandidate* klase *CandidateBusinessLogic* kako bi se iz baze podataka učitali podaci o kandidatu sa kojim je razgovor obavljen.

Instanca klase *CandidateBusinessLogic* injektovana je u instancu klase *InterviewBusinessLogic* tehnikom injekcije konstruktora, o čemu se stara *Dependency Injection* (DI) kontejner. Za konkretnu implementaciju zadužen je **Ninject Dependency Injection** kontejner. Na ovaj način ostvarena je komunikacija između dve klase poslovne logike neophodna za dobijanje podataka o traženom kandidatu koji su mogli biti dobavljeni jedino posredstvom klase *CandidateBusinessLogic*. Zatim se kreira nova instanca POCO klase *Interview* i njeni atributi se popunišu vrednostima unetim od strane korisnika i nakon toga se za datog kandidata vezuju podaci o obavljenom razgovoru, preko kreirane instance klase *Interview*. Kada se sve ovo obavi, poziva se metoda *saveChanges* klase *CandidateBusinessLogic* kojoj se prosleđuje objekat POCO klase *Candidate* koji je prethodno učitao iz baze podataka, a zatim su mu pridruženi odgovarajući podaci o razgovoru obavljenim sa tim kandidatom. Rezultat poziva ove metode je smeštanje novih podataka o razgovoru obavljenim sa kandidatom u bazu podataka. Nakon završetka obrade, korisnik biva obavешten o njenim rezultatima adekvatnom porukom koja mu se prikazuje.

5. ZAKLJUČAK

Primenom klasičnog metodološkog pristupa u razvoju softverskih proizvoda uspešno je realizovana aplikacija koja omogućava obradu prijave kandidata za posao. To znači da je implementirano softversko rešenje u potpunosti ispunilo sve zadate korisničke zahteve i podržalo sve procese poslovanja onako kako je bilo planirano zadatkom rada. Tokom razvoja ovog rešenja, održavan je visok nivo komunikacije sa budućim korisnicima, što je bilo od velikog značaja za usklađivanje promena u zahtevima korisnika sa promenama odgovarajućih funkcionalnosti aplikacije. Takođe, pokazalo se da je značajnu ulogu u prilagođavanju aplikacije potrebama korisnika imalo kreiranje prototipskih aplikacija koje su zatim stavljane na raspolaganje korisnicima kako bi imali uvid u trenutno stanje razvoja aplikacije, kao i da bi mogli da daju sugestije za dalji razvoj aplikacije u budućim fazama.

Najveća prednost koja se dobija primenom ovakvog pristupa jeste adekvatno dokumentovanje svake faze razvoja softverskog proizvoda. Zahvaljujući kvalitetnoj dokumentaciji moguće je na jednostavan način ispratiti nit razvoja softverskog rešenja i povezati određene korisničke zahteve sa funkcionalnostima aplikacije zaduženim za njihovu realizaciju ili pak, ukoliko neki od korisničkih zahteva nije podržan, pronaći razlog izostanka njegove implementacije.

Takođe, postojanje kvalitetne dokumentacije značajno olakšava kasnije održavanje aplikacije.

Klasični pristup u razvoju softverskih proizvoda može sa sobom da donese i izvestan balast koji bi mogao da oteža razvoj samog rešenja, ukoliko se pažljivo ne proceni potreban nivo dokumentovanja svake faze razvoja rešenja. Softversko rešenje prikazano u ovom radu predstavlja primer kako rešenja razvijana uz oslonac na klasični pristup u razvoju softverskih proizvoda mogu na adekvatan način i u zadatom roku da odgovore na sve korisničke zahteve koji su postavljeni, a da se uz to dokumentacija za svaku fazu razvoja održi na odgovarajućem nivou.

Dalji razvoj opisanog rešenja mogao bi da ide u pravcu implementacije dodatnih funkcionalnosti koje nisu bile obuhvaćene prvobitnim korisničkim zahtevima, a u toku korišćenja aplikacije se pokazalo da bi one mogle biti korisne, kao što je praćenje istorije promena nad podacima o fakultetima, smerovima i stranim jezicima, kao i mogućnost evidentiranja podataka o više razgovora obavljenih sa jednim kandidatom.

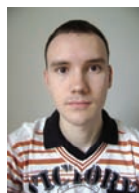
Još jedan od mogućih pravaca daljeg razvoja mogla bi da bude integracija prikazane aplikacije sa softverskim rešenjem koje se koristi u kadrovskoj službi kompanije kako bi se izbegla potreba za ponovnim unošenjem podataka o kandidatu u sistem prilikom njegovog zapošljavanja, a time bi bio rešen i problem postojanja redundantnih podataka.

Takođe, podaci nastali korišćenjem ove aplikacije mogli bi da posluže kao vredan izvor podataka za neku buduću *Data Mining* aplikaciju koja bi kreirala profile kandidata na osnovu kojih bi se u budućnosti lakše pronalazili kandidati koji prema statistici najbolje odgovaraju potrebama kompanije. Kreiranje takve aplikacije bi omogućilo i da se u saradnji sa institucijama koje školuju kadar ovog profila utiče na modifikaciju sadržaja odgovarajućih studijskih programa, tako da kadar koji izlazi iz tih institucija u startu poseduje određeni nivo znanja i veština, što bi olakšao njihovo uključivanje u proces rada.

6. LITERATURA

- [1] P. Mogin, I. Luković, M. Govedarica, "Principi projektovanja baza podataka", II izdanje, FTN, 2004.
- [2] B. Milosavljević, M. Vidaković, "Java i internet programiranje", I izdanje, FTN, 2007.
- [3] ASP .NET MVC Official Web site.
<http://www.asp.net/mvc> (dostupno u maju 2012.)

Kratka biografija:



Dušan Maksimović rođen je u Novom Sadu 1987. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Primenjene računarske nauke odbranio je 2012.god.

**AsemWebRestaurant: SISTEM SEMANTIČKIH WEB SERVISA RESTORANSKE
PONUDE NA PLATFORMI ANDROID****AsemWebRestaurant: A SEMANTIC WEB SERVICES SYSTEM FOR RESTAURANT
OFFERS ON THE ANDROID PLATFORM**

Mirko Božović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je opisana primena semantičkog veba na android platformi. Razvijena je aplikacija koja predlaže korisniku vino i hranu na osnovu osobina koje korisnik izabere. Omogućeno je i geopozicioniranje i pretraga restorana na mapi..

Abstract – *This master thesis describes the application of Semantic Web on the Android platform. Developed an application that proposes to wine and food on the basis of characteristics that the user selects. Users can search restaurants on the map.*

Ključne reči: *Semantički veb, Android operativni sistem*

1. UVOD

Turizam je u tesnoj vezi sa IKT u poslednjih 40 godina. Osnivanjem kompjuterskog sistema rezervacija 1970. godina, globalnog sistema distribucije 1980. godine i Interneta u kasnim devedesetim godinama došlo je do transformacije operativne i strateške prakse u turizmu. Turistička industrija je fokusirana na korišćenje kompjuterskih sistema u cilju obrade informacija i distribucije istih. Internet i IKT su relevantni na svim operativnim, strateškim i marketing nivoima da olakšaju globalnu interakciju između dobavljača, posrednika i dobavljača širom sveta [1].

Informacije su dostupne preko različitih medija a korisnici mogu da koriste mobilne uređaje kao što su prenosivi računari, mobilni telefoni i servisne terminale za interakciju i obavljanje poslovnih funkcija, što vodi ka prelasku organizacija i pojedinaca na elektronsko poslovanje.

E-turizam ili elektronski turizam predstavlja primenu IKT u turističkoj industriji. E-turizam objedinjuje sve poslovne funkcije u elektronskoj formi kao što su trgovina, marketing, finansije, nabavke, proizvodnja, strategija, planiranje i upravljanje u svim sektorima turističke industrije. Dakle, povezuje tri karakteristične discipline: poslovni menadžment, informacione sisteme i turizam.

2. APLIKACIJA AsemWebRestaurant

AsemWebRestaurant je demonstraciona aplikacija koja treba da predstavi primenu semantičkog veba na Android platformi. Osnova je "The Tetherless World Wine Agent" aplikacija [2] koja implementira funkcije ponude vina i hrane na Apple-ovim platformama. Prilikom analize

arhitekture aplikacije „The Tetherless World Wine Agent“ i analize komponenti ovog agenta vina došlo se na ideju da se napravi aplikacija na Android platformi koja podržava skoro svu funkcionalnost kao i na Apple-ovim platformama. Softverska arhitektura je zamišljena kao klijent-server aplikacija.

Za izradu aplikacije korišćene su tri tehnologije: semantički veb, Google Maps i Android.

Osnovna ideja semantičkog veba je da pruži podršku na nivou semantičkog povezivanja podataka, a ne samo na nivou prezentacije. Umesto da jedna veb stranica ukazuje na drugu, jedan podatak može da ukaže na drugi koristeći globalnu referencu URI (niz znakova koji se koristi za identifikaciju imena ili resursa na Internetu.). Semantički veb koristi jedan koherentan model podataka koji nije ugrađen u aplikacijama koje ga koriste, već je to deo veb infrastrukture. Semantički veb je fokusiran na veštinu modelovanja, a ne na veze između modela i stvarnog entiteta. [3]

Tehnologije semantičkog veba (konkretno tehnologije vezane za ontologije) aplikacija „The Tetherless World Wine Agent“ koristi za predstavljanje i korišćenje znanja o vinu i hrani. Tri ontologije (ontologija vina, ontologija hrane i ontologija preporučivanja) su preuzete iz ove aplikacije i iskorišćene za razvoj aplikacije AsemWebRestaurant.

Rad sa ontologijama je podržan Jena Semantic Web Framework-om koji je implementiran u Javi. Ontologija *recommend.rdf* sadrži preporuke korisnika TW agenta vina. Svaka preporuka je sačinjena od vina i jela, s tim što su oba predstavljeni kao presek kolekcije svojih osobina. Ontologija *restorani.rdf* nosi podatke o restoranima koji imaju kartu vina i jelovnike u rdf dokumentu. Pored liste vina i jela, u ovoj ontologiji se nalaze i podaci o geografskoj širini i geografskoj dužini lokacije na kojoj se nalazi restoran.

Tehnologija Google Maps [4] iskorišćena je za predstavljanje geo-prostornih podataka u ovoj aplikaciji. Aplikacija je implementirana za Android platformu, po ugledu na demonstracionu platformu „The Tetherless World Wine Agent“ koja je implementirana za Apple iPhone i Apple iTouch platforme.

2.1. Serverske komponente

Serverska strana aplikacije je realizovana putem http servleta koji se nalaze na lokalnom *Apache Tomcat* serveru. Servleti služe za dobavljanje informacija klijentskoj strani koja je zadužena za njihovo kasnije prezentovanje. Opisi servleti su u dokumentu *web.xml* [6].

NAPOMENA:

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

Na ovom serveru su dostupna četiri servleta i to su http servleti koji kreiraju odgovor na osnovu dobijenog zahteva. Odgovor se prosledjuje kao niz znakova i realizovan je tako da bude forma xml dokumenta radi lakšeg i bržeg parsiranja dokumenta što je i glavni razlog zbog koga je ovaj deo realizovan kao http servleti. Raspoloživi servleti su:

- AmobileServlet (zadužen za dobavljanje xml dokumenta sa informacijama vezanim za vino koje se pronašlo za zadate parametre, vraća listu vina)
- GetSauceListServlet (zadužen za dobavljanje xml dokumenta sa informacijama o svim vrstama preliwa koji se nalaze u dosadašnjim preporukama)
- GetFoodListServlet (zadužen za dobavljanje xml dokumenta sa informacijama o svim sastojcima hrane koji se nalaze u dosadašnjim preporukama)
- GetRestaurantServlet (zadužen za dobavljanje xml dokumenta sa informacijama o restoranima i njihovim vinskim kartama, jelovnicima, geografskom širinom i geografskom dužinom lokacije na kojoj se nalaze).

Procedura za pretragu ontologija je uvek ista. Prvo se kreira prazan model pa se učita model iz rdf dokumenta, nakon toga se kreira upit koji se primeni na model pa se dobije responseSPARQL u kom se nalaze rezultati pretrage.

2. 2 Klijentska aplikacija AsemWebRestaurant

Klijentska strana aplikacije je na Android platformi. Klijentska strana se ne bavi semantičkim vebom već je zadužena da komunicira sa veb servisima i da dobavi podatke koje će prikazati korisniku na što jasniji i jednostavniji način.

Svaka Android aplikacija mora da ima AndroidManifest.xml [5] dokument koji se nalazi u korenskom direktorijumu. Dokument sadrži osnovne informacije o aplikaciji koje pruža Android sistemu, informacije koje sistem mora da ima pre nego što može da pokrene bilo koji kod aplikacije. Između ostalog zadužen je da:

- Imenuje Java paket za aplikaciju. Ime paketa služi kao jedinstven identifikator za aplikaciju
- Opisuje komponente aplikacije- aktivnosti, servise... Imenuje klase koje imlementiraju svaku od komponenti tako da Android sistem šta su komponente i pod kojim uslovima se pogu pokretati.
- Deklariše koje dozvole aplikacija mora da ima da bi se pristupilo zaštićenim delovima i da bi bila omogućena interakcija sa drugim aplikacijama. Takođe deklariše i dozvole da druge aplikacije moraju imati da bi imale interakciju sa komponentima aplikacije.
- Deklariše minimalni nivo Adroida koji aplikacija zahteva.
- Navodi biblioteke sa kojim aplikacija mora biti uvezana.

Layout predstavlja arhitekturu za korisnički interfejs u nekoj aktivnosti. Sadrži sve elemente koji su vidljivi korisniku kao i strukturu rasporeda tih elemenata. Trebalo bi da isključivo služi za prezentaciju podataka i da bude odvojen od koda koji kontroliše ponašanje aplikacije. Kada se klijent obrati servletu za neki podatak ili listu podataka, kao odgovor se dobija XML dokument koji treba preuzeti i parsirati da bi se moglo upravljati sa tim podacima u daljem radu.

Kao primer, u Listingu 1 se navodi xml dokument koji opisuje aktivnost koja je korisniku vidljiva kao mapa. Pored ugrađene komponente za prikaz mape u *RelativeLayout*-u ovog dokumenta se nalazi i opis dugmića za udaljavanje i približavanje mape.

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<RelativeLayout xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    android:layout_width="fill_parent"
    android:layout_height="fill_parent">

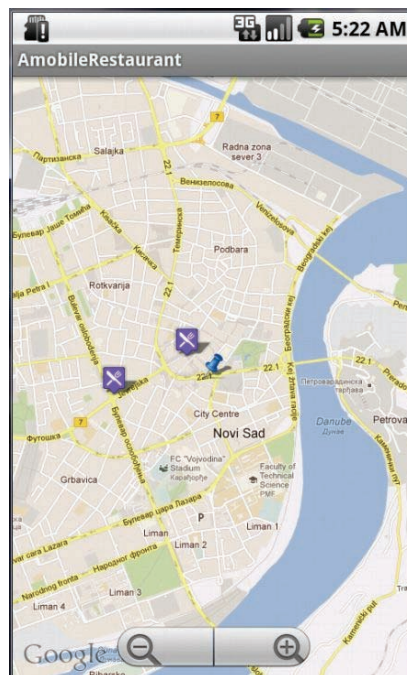
    <com.google.android.maps.MapView
        android:id="@+id/mapView"
        android:layout_width="fill_parent"
        android:layout_height="fill_parent"
        android:enabled="true"
        android:clickable="true"
        android:apiKey="0Sg1h1pXcmc9YGNdWtLYEybG9Y8pDPvuPfR1-Q"
    />

    <LinearLayout android:id="@+id/zoom"
        android:layout_width="wrap_content"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:layout_alignParentBottom="true"
        android:layout_centerHorizontal="true"
    />

</RelativeLayout>
```

Listing 1. Dokument *activity_restorani_map.xml*

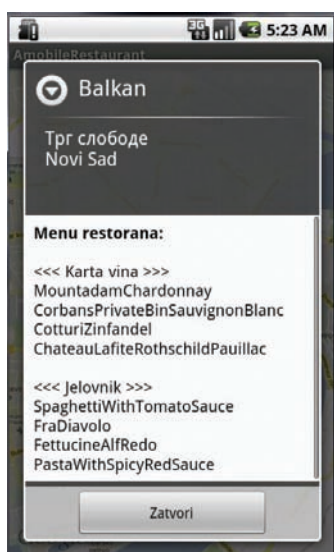
Aplikacija AsemWebRestaurant koristi prednost telefona koji može da pruži trenutnu geografsku poziciju korisnika i da iscrtava mapu sa prikazanim restoranima koji se nalaze u blizini i koji imaju jelovnike i karte pića u RDF formatu. Na slici 1 prikazan je primer korišćenja aplikacije za lociranje restorana. Plava čioda na mapi predstavlja trenutnu lokaciju korisnika dok su restorani predstavljani grafičkim simbolom sa ukrštenim nožem i viljuškom što bi trebalo korisnika da asocira da je u pitanju objekat koji pruža restoranske usluge.



Slika 1. Aplikacija AsemWebRestaurant koristi GPS kordinate da iscrtava mapu sa restoranima u blizini

Pored geolociranja aplikacija omogućava korisnicima da dobiju informacije o ponudi vina i hrane u odabranom

restoranu. Kada se selektuje jedan restoran dobija se dobija se prikaz jelovnika i karte vina kao na slici 2.

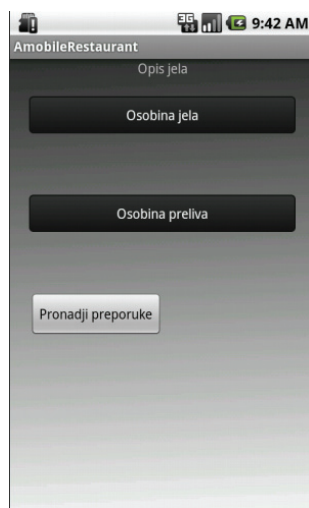


Slika 2. Podaci o odabranom restoranu

Isto tako je omogućeno da se na osnovu karakteristika vina preporuči jelo i da se na osnovu sastojaka hrane u kombinaciji sa prelivom dobiju preporuke koje vino da konzumirati.

Preporuka se dobija na osnovu predašnjih preporuka korisnika aplikacije.

Kada se korisnik odluči za opciju **Nadi vino za hranu**, otvara se prozor koji pruža mogućnost odabira karakteristike hrane i preliava. Taj prozor je Opis jela i prikazan je na slici 3.



Slika 3. Opis jela

Pritiskom na dugme **Osobina jela** i na dugme **Osobina preliava** otvara se dijalog u kom su ponuđeni svi raspoloživi sastojci koji se nalaze u preporukama.

Kada se korisnik odluči za neki sastojak on ostaje zapisan da bi se videlo šta je selektovano, iako korisnik može da promeni svoje sastojke u opisu jela. Slika 4. ilustruje ovu situaciju.

Nakon pritiska na dugme **Pronadji preporuke** korisnik će dobiti listu vina koja se preporučuju uz ovo jelo.



Slika 4 Opis jela sa osobinama preliava i jela

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazana je prototipska aplikacija ASemWebRestaurant za mobilne uređaje na platformi Android koja omogućuje kreiranje ponude vina i hrane, prostorno lociranje restoranskih objekata, prikaz ponude hrane i vina restoranskih objekata, i preporučivanje kombinacija hrane i vina.

Primena semantičkog veba je u porastu i svakodnevno se razvijaju aplikacije koje podržavaju semantički veb. Aplikacije na mobilnim uređajima i Android platformi pružaju mogućnost da veliki broj korisnika, koji nisu bliski sa načinom na koji funkcioniše semantički veb, počne da intenzivno konzumira ovakve servise.

Ovaj rad je imao za cilj da demonstrira primer jednostavne a efektne primene semantičkog veba u turističkoj delatnosti kroz aplikaciju koja ostavlja mogućnost za jednostavan dalji razvoj.

Pravci daljeg razvoja mogu da budu višestruki. Jedan od njih je uključivanje društvene interakcije kao i mogućnost da vlasnici restoranskih objekata sami kreiraju jelovnike i karte vina u RDF formatima kako bi se što brže i lakše priupljali podaci za kreiranje baze znanja.

Drugi pravac je proširivanje skupa predmeta ponude. Iz tog aspekta mogućnosti ove aplikacije su velike zato što se vrlo lako može proširiti tako da pruža turistima najbitnije informacije o mestu koje posećuju ili planiraju da posete, pa bi se pored restoranske ponude u ovaj sistem mogli uključiti i hotelski smeštaj, izložbe, koncerti, predstave.

5. LITERATURA

- [1] Buhalis D, and Jun S. E-Tourism. In: Chris Cooper, editor. Contemporary Tourism Reviews. Woodeaton, Oxford; 2011. P. 1-38.
- [2] The Wine Agent. [Internet]. [cited 2012 March]. Available from: <http://wineagent.tw.rpi.edu/>
- [3] Hebel, J., Fisher, M., Blace, R and Perez-Lopez, A. Semantic Web Programming. Indianapolis: Wiley Publishing; 2009.
- [4] Google Maps, From Wikipedia, the free encyclopedia. [Internet]. [updated 2012 April; cited 2012 April].

Available from:

http://en.wikipedia.org/wiki/Google_Maps

[5] <http://developer.android.com>

[6] Božović, M. ASemWebRestaurant - sistem semantičkih veb servisa restoranske ponude na platformi Android. Master rad, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 2012.

Kratka biografija:



Mirko Božović rođen je 03.02.1986. godine u Kotoru. Osnovnu školu i srednju školu završio je u Budvi. Osnovne akademske studije na Fakultetu tehničkih nauka je završio i diplomirao na temu „Implementacija web servisa za RTGS naloge u okviru projekta sistema platnog prometa“ sa ocenom deset. Položio je sve ispite predviđene planom i programom na master akademskim studijama.

**PROGRAMSKI PODSISTEM ZA PRAĆENJE PROMENA PREKIDAČKIH ELEMENATA
ELEKTROENERGETSKOG SISTEMA****SOFTWARE SUBSYSTEM FOR TRACKING STATES OF SWITCHING ELEMENTS IN
POWER SYSTEMS**

Boško Konjović, Veljko Malbaša, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je predstavljen softverski paket za kontrolu i upravljanje elektroenergetskim sistemima. Posebna pažnja posvećena je delu ovog softvera koji vrši kontrolu i upravljanje nad prekidačkim elementima elektroenergetskog sistema.

Abstract – This paper presents software package for power systems control. Part of the package that is underlined is switching control module.

Ključne reči: SCADA, Realtime, Prekidački elementi

1. UVOD

Pod prekidačkim elementima u elektroenergetskim sistemima podrazumevaju se elementi koji imaju dva osnovna stanja otvoreno ili zatvoreno.

Prekidač predstavlja tipičan primer prekidačkog elementa. Uz svaki prekidački element vezan je parametar koji definiše dozvoljen broj akcija (otvaranje/zatvaranje) koje dati element može izvršiti pre remonta[1].

U skladu sa ovim potrebno je voditi evidenciju o broju izvršenih akcija svakog status elementa.

Zadatak ovog rada je istraživanje mogućnosti proširenja softverskog paketa za kontrolu i upravljanje elektroenergetskim sistemima dodavanjem logike koja bi omogućila praćenje promena prekidačkih elemenata.

2. OPIS PROBLEMA

Zadatak ovog rada se može podeliti na dva dela od kojih prvi se odnosi na proširenje SCADA-e, a drugi na proširenje korisničkog interfejsa klijent aplikacije.

Delovi zadatka vezani za SCADA-u:

1. Obezbediti brojanje svih komandovanih i nekomandovanih promena stanja prekidačkih elemenata. Pod komandovanim promenama stanja nekog elementa podrazumevaju se promene koje su inicirane od strane korisnika), dok nekomandovane promene pak podrazumevaju sve ostale situacije koje mogu uzrokovati promenu stanja nekog elementa (npr. promena stanja nastala kao uzrok nekog kvara, promena stanja usled aktiviranja zaštite itd.).

2. Obezbediti mogućnost brojanja komandovanih i nekomandovanih stanja počevši od određenog vremenskog trenutka. Dati vremenski trenutak određen je momentom resetovanja pomenutih brojača od strane klijenta

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Veljko Malbaša, red.prof.

3. Obezbediti soriranje rezultata brojanja komandovanih i nekomandovanih za protekli i tekući sat, dan i mesec

4. Obezbediti registrovanje korisnika koji komanduje prekidačkim elementima. Potrebno je čuvati informaciju o zadnjem korisniku koji je komandovao nekim prekidačkim elementom

5. U okviru status tabele Realtime baze dodati nova polja koja će podržati sve dosad navedene zahteve

Delovi zadatka vezani za klijent aplikaciju aplikaciju:

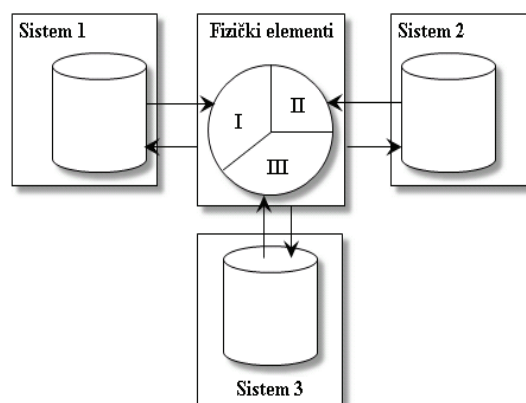
1. Omogućiti tabelarni prikaz svih polja koja su definisana u okviru zadatka

2. Omogućiti filtriranje podataka koji se prikazuju

3. Omogućiti komandovanje resetabilnim brojačima (polja koja broje promene stanja počevši od zadatog vremenskog intervala)

Predstavljeni zadatak je bilo potrebno realizovati u skladu sa potrebama koje definiše distribuirana verzija SCADA-e[2]. Na slici 2.1. predstavljen je uprošćen primer jednog distribuiranog sistema. Sa date slike se može videti da su elementi kojima se upravlja podeljeni na nekoliko podskupova. Svaki podskup dodeljen je odgovarajućem sistemu.

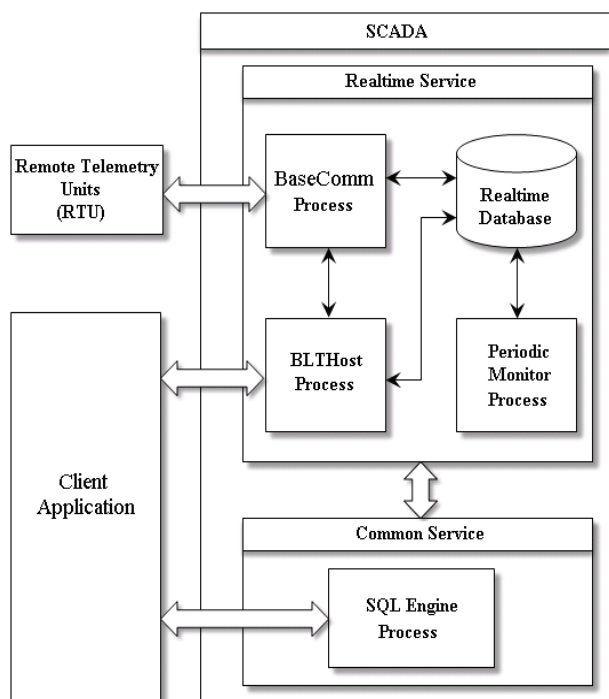
Upravljanje elementima odgovarajućeg podskupa dozvoljeno je samo sistemu kome je dati podskup dodeljen. Svi sistemi su dužni da obaveštavaju jedni druge o promenama koje su se desile nad njihovim podskupom. Ovim je obezbeđeno da svaki od datih sistema ima uvid u stanja svih podskupova.



Slika 2.1. Primer distribuiranog sistema

3 REŠENJE PROBLEMA

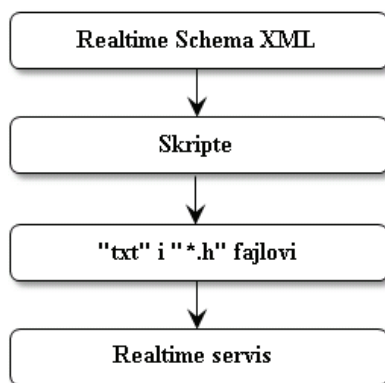
Na slici 3.1 predstavljen je uprošćena blok šema koja opisuje vezu između delova sistema koji su direktno ili indirektno bili uključeni u realizaciju zadatka koji je tema ovog rada.



Slika 3.1. Veza između delova sistema koji su učestvovali u ovom radu

3.1 Realtime baza

Realtime baza predstavlja bazu podataka u okviru koje se čuvaju trenutne vrednosti elemenata na mreži. *Realtime* baza je specifična po tome što su rekordi u tabelama realizovani uz pomoć C-ovskih struktura od kojih neke u sebi uključuju ugneždene tipove i nizove. Ovakva nestandardna realizacija uslovljava mnoge stvari vezane za *Realtime* bazu od kojih je jedna i dodavanje novih polja. Na slici 3.2 predstavljen je sled koraka koji je ispraćen pri dodavanju novih polja koja su definisana od strane ovog zadatka.



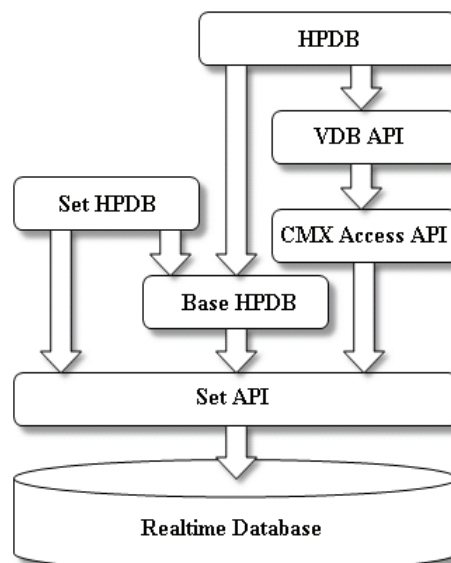
Slika 3.2. Dodavanje novih polja u Realtime bazu

Kao što se može videti sa date slike, početni a ujedno i najvažniji korak u datoj proceduri predstavlja proširenje šeme *Realtime* baze. Data šema realizovana je uz pomoć XML-a a ima ulogu da jednoznačno definiše strukturu i karakteristike *Realtime* baze. U skladu sa zahtevima zadatka, šema baze proširena je dodatnom strukturom kojom su obuhvaćena sva polja definisana zadatkom. Nakon modifikacije šeme baze, vrši se poziv odgovarajuće skripte koja generiše određene *header* i *txt* fajlove. Dati fajlovi se nakon toga koriste pri *build*-ovanju

projekata u okviru kojeg je definisana *Realtime* baza, čime se ujedno i završava dati proces menjanja baze. Prisutnost datih polja u status tabeli proverena je uz pomoć standardnog SQL klijenta. Ovde je važno napomenuti da *Realtime* baza podržava jedino upis i čitanje podataka uz pomoć SQL-a. Data mogućnost ostvarena je uz pomoć *SQL Engine* procesa.

3.2. Registrovanje promena status elemenata

Za komunikaciju između RTU-ova i ostatka SCADA sistema zadužen je *BaseComm* proces. *BaseComm* proces nalazi se u okviru *Realtime* servisa koji predstavlja osnovni servis u okviru SCADA-e.. Komunikacija između *BaseComm* procesa i *Realtime* baze ostvarena je preko VDB-a. VDB predstavlja jedan od nekoliko slojeva preko kojih je moguće pristupiti *Realtime* bazi (sl.3.3).



Slika 3.3. Slojevi za pristup Realtime bazi

Ovaj sloj odlikuje se po tome što su u okviru njega implementirane funkcije specifične za određene tabele ili polja. Mana ovog sloja je ta što je dosta sporiji od ostalih slojeva.

Nakon prijema informacije o promeni stanja nekog elementa *BaseComm* proces poziva odgovarajuću funkciju (komandu) u okviru VDB sloja. U okviru date funkcije vrši se odgovarajuća obrada datog podatka koji se nakon toga upisuje u *Realtime* bazu. U skladu sa ovom činjenicom proširena je komanda koja vrši upis stanja prekidačkih elemenata u *Realtime* bazu. Proširenjem date komande omogućeno je da pored upisa novog stanja ista ažurira i odgovarajuća polja definisana ovim zadatkom (polja za praćenje promena stanja prekidačkih elemenata za tekući sat, dan i mesec, polja za praćenje broja promena stanja prekidačkih elemenata od zadatog vremenskog intervala). Ovde je važno naglasiti da proširivanje ili dodavanje novih VDB komandi treba izbegavati kad god je to moguće. Neoprezno proširivanje datih komandi može vrlo lako dovesti do greške, dok se dodavanjem novih proširuje osnovni produkt.

3.3. Ažuriranje brojača za protekli sat, dan i mesec

Na početku su navedeni detalji koji su važni za datu realizaciju. Neophodno je pomenuti da se pri svakom pristupu bazi vrši zaključavanje tabele i polja kojima se

pristupa. Ideja *Realtime* baze jeste da zaključavanje tabela i polja treba svesti na minimum kako bi se na što kvalitetniji način ispratili promene u realnom vremenu. Iz uslova da data polja trebaju da sadrže informacije o broju promena stanja prekidačkih elemenata za predhodni sat, dan i mesec može se lako zaključiti da se status tabela mora zaključavati svakih sat vremena od strane mehanizma za sortiranje prekidačkih promena. Pri svakom zaključavanju status tabele, dati mehanizam je dužan da pristupi svakom njenom rekordu i u zavisnosti od vremena ažurira potreba polja. Ovde je takođe važno napomenuti da se dato ažuriranje mora izvršiti u jednom mahu.

Ukoliko se svi ovi detalji uzmu u obzir može se doći do zaključka da bi najbolje rešenje bilo ukoliko bi se data logika implementirala u okviru neke već postojeće funkcionalnosti koja periodično pristupa status tabeli. U skladu sa ovim je i izvršena implementacija date logike.

Za implementaciju date logike iskorišćena je funkcionalnost *PeriodicMonitor* procesa koji pripada *Realtime* servisu. Dati proces ima ulogu da periodično inicira izvršavanje određenih funkcija nad nekoliko tabela u *Realtime* bazi među kojima je i status tabela. Svakoј tabeli se dodeljuje po jedan tred koji u zavisnosti od zadatog vremenskog intervala trigeruje određenu komandu u okviru *VDB* sloja.

Iz ovoga se jasno može zaključiti da *PeriodicMonitor* proces zadovoljava uslove navedene u okviru ovog zadatka. Kao što je rečeno, *PeriodicMonitor* proces komunicira sa *Realtime* bazom preko komandi koje su definisane u okviru *VDB* sloja. U skladu sa ovim izvršeno je proširenje date komande shodno zahtevima definisanim u zadatku.

Ovde je važno napomenuti proširenje date komande ni na koj način ne može dovesti do greške jer implementirana logika zavisi isključivo od sistemskog vremena.

3.4. Registrovanje korisnika

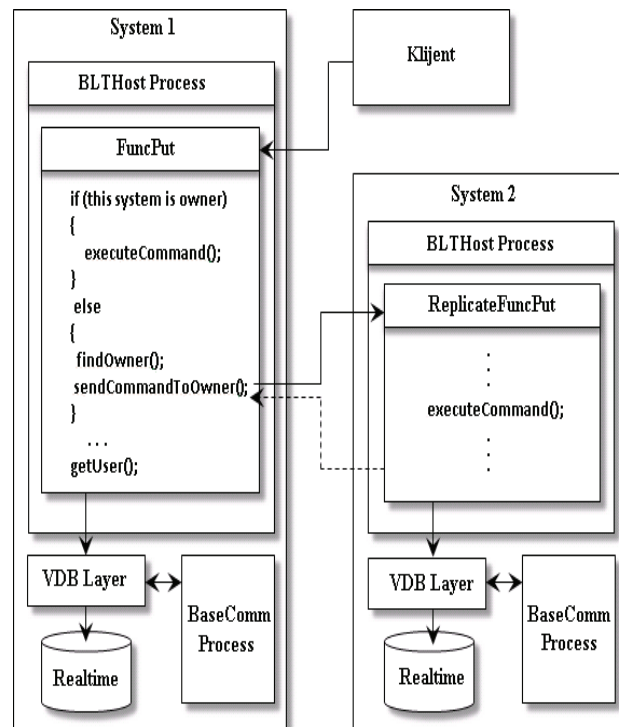
Za prosleđivanje komandi do *SCADA*-e, klijent aplikacija koristi *BLT* (*Business Logic Tier*) mehanizam. *BLT*Host predstavlja proces u okviru *Realtime* servisa koji je zadužen za prijem i obradu datih komandi. U ovom konkretnom slučaju bilo je potrebno ispratiti komandu koja vrši promenu stanja nekog prekidačkog elementa. U okviru *BLT*Host procesa realizovane su odgovarajuće *BLT* komponente.

U zavisnosti od vrste zahteva koji je prosleđen, vrši se poziv odgovarajuće komponente. U okviru date komponente vrši se obrada datog zahteva nakon čega se poziva odgovarajuća *VDB* komanda. Kako je komandi koja je ovde od interesa dodeljen *RF_PRIORITY* replikacioni parametar implementacija logike za registrovanje korisnika nije mogla biti realizovana u okviru nje. *RF_PRIORITY* replikacioni parametar označava da se *VDB* komanda, kojoj je dati parametar dodeljen, može izvršiti samo na sistemu kome je element sa kojim se upravlja dodeljen. Na **slici 3.4** predstavljena je data komunikacija.

Sa date slike se može primetiti da u pomenutoj komunikaciji učestvuju dve *BLT* komponente: *Funcput* i *ReplicateFuncPut*

U zavisnosti od toga ko prosleđuje zahtev u okviru *BLT*Host procesa vrši se poziv odgovarajuće komponente.

Ukoliko se zahtev prosleđuje od strane klijenta vrši se poziv *Funcput* komponente. Ako se prilikom obrade datog zahteva zaključi da element nad kojim je potrebno izvršiti operaciju ne pripada datom sistemu, dati zahtev se prosleđuje do sistema kome je dodeljen dati element. U okviru datog sistema vrši se poziv *ReplicateFuncPut* komponente koja izvršava dati zahtev.



Slika 3.4. Komndovanje elementima

U skladu sa svim dosad navedenim činjenicama jasno je da se implementacija logike za registrovanje korisnika treba realizovati u okviru *Funcput* komponente. Jednostavno *Funcput* komponenta se mora uvek pozvati pri komandovanju nekim elementom. Kako se data *Funcput* komponenta ne koristi samo za komandovanje prekidačkim elementima logika za registrovanje korisnika je morala biti proširena odgovarajućim zastitama.

Na kraju je još potrebno naglasiti da mehanizam za registrovanje korisnika predstavlja najkritičniji deo u ovom radu. Usled nedostatka distribuiranog sistema ovaj deo rada nije mogao biti testiran na odgovarajući način.

3.5. Resetovanje brojača

Mehanizam za resetovanje vremenskog trenutka od kojeg je potrebno početi brojanje promena stanja nekog prekidačkog elementa, podrazumevao je dodavanje nove komande za komunikaciju sa *Realtime* bazom. Data komanda realizovana je u skladu sa pravilima koja nalažu da sve komande koje nisu deo osnovnog koda moraju komunicirati sa bazom preko *HPDB* sloja (**sl.3.3**). Da bi klijent aplikacija mogla da komunicira sa datom komandom ista je realizovana u okviru nove *BLT* komponente. Za razliku od mehanizma za registrovanje korisnika koji je realizovan u okviru *BLT* komponente koja je deo *BLT*Host procesa, komanda za resetovanje prekidačkih brojača realizovana je u okviru nove *BLT* komponente koja predstavlja zaseban projekat nezavisan od *Realtime* servisa. Po pokretanju *Realtime* servisa

učitava se *DLL* date *BLT* komponente čime se omogućava njeno normalno funkcionisanje, kao da je ista implementirana unutar *Realtime* servisa.

Sa **slike 3.1** može videti da klijent aplikacija komunicira sa *SCADA*-om i preko *SQLEngine* procesa. Dati proces omogućava komunikaciju sa *Realtime* bazom preko standardnih *SQL* upita. *SQLEngine* podržava samo upis i čitanje podataka iz *Realtime* baze. Ukoliko se ovo uzme u obzir ovde se može postaviti pitanje zbog čega mehanizam za resetovanje nije realizovan u okviru korisničkog interfejsa?

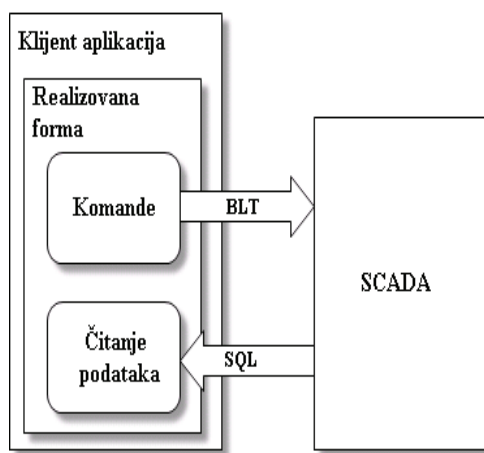
U okviru korisničkog interfejsa se mogu definisati jednostavni *SQL* iskazi koji bi menjali vrednosti datih polja. Odgovor na ovo pitanje je vrlo jednostavan. Ukoliko bi se upisivanje u *Realtime* bazu vršilo na ovaj način tada ne bi postojala nikakva ograničenja tako da bi svi klijenti mogli nesmetano da manipulišu sa podacima u bazi.

Iz ovog razloga je funkcionalnost za resetovanje implementirana u okviru nove komande. U okviru date komande definisane odgovarajuće privilegije čime je automatski obezbeđena mogućnost zabrane izvršavanja date komande na određenim sistemima ukoliko je to potrebno.

3.6. Korisnički interfejs

U skladu sa zadatkom ovog rada u okviru klijent aplikacije definisan je novi prozor pod imenom *Device Operations Summary* (**sl.3.6**). Dati prozor realizovan je u skladu sa pravilima koja definiše *WPF* (*Windows Presentation Foundation*) [3].

Na **slici 3.5** predstavljen je način na koji je ostvarena komunikacija između odgovarajućih delova korisničkog interfejsa i *SCADA*-e.



Slika 3.5. Komunikacija između korisničkog interfejsa klijent aplikacije i *SCADA*-e

Kao što se može videti sa slike, komunikacija u smeru *SCADA* – korisnički interfejs, ostvarena je uz pomoć *SQLEngine*-a, dok je komunikacija u suprotnom smeru (korisnički interfejs-*SCADA*) ostvarena uz pomoć *BLT* mehanizma.

RTU	Point name	Point description	Monitoring start time	Num. uncommanded op.	Last uncommanded op.
dms_remote_1	HSY_CB_12CB21_BKR	DMS V3 Test Point	1/1/1970 1:00:00.000	0	1/1/1970 1:00:00.000
dms_remote_1	HSY_CB_12CB22_BKR	DMS V3 Test Point	1/1/1970 1:00:00.000	1	3/19/2012 16:38:46.527
dms_remote_1	HSY_CB_12CB23_BKR	DMS V3 Test Point	1/1/1970 1:00:00.000	0	1/1/1970 1:00:00.000
dms_remote_1	HSY_CB_12CB24_BKR	DMS V3 Test Point	1/1/1970 1:00:00.000	1	3/19/2012 16:38:46.527
dms_remote_1	HSY_CB_12CB30_BKR	DMS V3 Test Point	1/1/1970 1:00:00.000	0	1/1/1970 1:00:00.000
dms_remote_1	HSY_CB_12CB31_BKR	DMS V3 Test Point	1/1/1970 1:00:00.000	0	1/1/1970 1:00:00.000
dms_remote_1	HSY_CB_12CB310_BKR	DMS V3 Test Point	1/1/1970 1:00:00.000	0	1/1/1970 1:00:00.000
	HSY_CB_12CB310_RAK	DMS V3 Test Point	1/1/1970 1:00:00.000	0	1/1/1970 1:00:00.000
dms_remote_1	HSY_CB_12CB310_RCL	DMS V3 Test Point	1/1/1970 1:00:00.000	1	3/19/2012 16:38:46.527
dms_remote_1	HSY_CB_12CB32_BKR	DMS V3 Test Point	1/1/1970 1:00:00.000	0	1/1/1970 1:00:00.000
dms_remote_1	HSY_CB_12CB321_BKR	DMS V3 Test Point	1/1/1970 1:00:00.000	0	1/1/1970 1:00:00.000
	HSY_CB_12CB321_RAK	DMS V3 Test Point	1/1/1970 1:00:00.000	0	1/1/1970 1:00:00.000
dms_remote_1	HSY_CB_12CB321_RCL	DMS V3 Test Point	1/1/1970 1:00:00.000	1	3/19/2012 16:38:46.527

Slika 3.6. Izgled korisničkog interfejsa

4. ZAKLJUČAK

Osnovni cilj ovog rada bio je istraživanje mogućnosti za proširenje softverskog paketa za kontrolu i upravljanje elektroenergetskim sistemima. Dato proširenje podrazumeva realizaciju mehanizma koji bi omogućio praćenje promena prekidačkih elemenata.

Osnovni problem u radu predstavljao je zahtev koji je nalogao brojanje promena vrednosti prekidačkih elemenata za tekući i predhodni sat. Ukoliko se radi sa velikim sistemima, određeni rekordi u bazi mogu da ostanu zaključani i po nekoliko minuta što je izuzetno loše jer se automatski ruši osnovni koncept upravljanja u realnom vremenu.

Pored ovoga, problemi su se javili i pri testiranju rešenja. Određeni delovi zadatka nisu mogli da budu istestirani na pravi način usled nedostatka distribuiranog sistema.

Što se tiče samog zadatka, isti je mogao biti proširen dodatnim zahtevima. Data proširenja bi se ogledala u dodavanju podataka koji bi ukayivao da li je element otvoren (zatvoren) dok je bio pod naponom ili ne.

LITERATURA

- [1] Milenko B. Đurić, „Osnovi projektovanja visokonaaponskih postrojenja“, „Beopres“, Beograd 2005
- [2] Gordon Clarke, Deon Reynders, Edwin Wright, „Practical Modern SCADA Protocols“, Burlington 2004
- [3] Cris Sells, Lan Griffiths, „Programming WPF“, O'Reilly Media 2007

Kratka biografija:



Boško Konjović rođen je u Boru 1986. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Mikroprocesorski sistemi i algoritmi odbranilo je 2012.godine.

BLUETOOTH. OSOBINE, SNAGA SIGNALA, NAMENA I PRAKTIČNA ISKUSTVA
BLUETOOTH. PROPERTIES, SIGNAL STRENGTH, PURPOSE AND PRACTICAL EXPERIENCE

Miloš Pujić, Željens Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Ovaj rad bavi se analizom poslednje specifikacije Bluetooth v4.0, orijentišući se na niže nivoe Bluetooth arhitekture. Kako se nova Bluetooth specifikacija nadograđuje na prethodne, u ovom radu su uključeni i delovi prethodnih, a koje se koriste i u novoj specifikaciji. Najviše su obrađeni BR/EDR i LE kontroleri, njihovi režimi rada i način komunikacije. Za potrebe ovog master rada napisana je Android aplikacija - BT Master. Ona je namenjena uređajima sa Android operativnim sistemom verzije 2.1 i preko, a koji u sebi imaju Bluetooth adapter. BT Master ima za cilj demonstraciju najosnovnijih funkcija Bluetooth adaptera.

Abstract – This paper deals with the latest Bluetooth specification v4.0 and it is mostly oriented to lower layers Bluetooth architecture. As the new Bluetooth specification builds upon the previous one, this paper contains parts from past specifications which are used in this specification. Great deal of paper deals with BR/EDR and LE Bluetooth controllers, their working states and communication. For purpose of this master thesis Android application - BT Master is written. Application is intended for using on devices with Android OS version 2.1 and above, which have implemented Bluetooth adapter. BT Master aims to demonstrate the basic functions of Bluetooth adapter.

Ključne reči: Bluetooth, BR/EDR, LE, BT Master.

1. UVOD

Bluetooth specifikacija je, najjednostavnije rečeno, globalna tehnološka specifikacija za jeftinu i minijaturnu bežičnu mrežnu opremu kratkog dometa koja služi za povezivanje personalnih računara, mobilnih telefona i ostalih prenosnih uređaja. Kao takav, Bluetooth može da potpuno zameni fizičku vezu između računara, periferija i ostalih elektronskih uređaja, za šta je do sada bio potreban kompatibilan kabl.

Bluetooth tehnologija, koja staje na jedan mikročip, omogućava da se jednostavnim uključivanjem tog čipa ostvari veza. Osim što eliminiše zamršene kablove i time povećava radni prostor, Bluetooth omogućava uređajima da komuniciraju međusobno čim se nađu u dometu jedan drugom, bez ikakve interakcije sa korisnicima.

Njegove glavne prednosti su to što Bluetooth-u nije potrebno stalno podešavanje veze od strane korisnika, nego je ona stalno otvorena u pozadini, kao i odsustvo potrebe za optičkom vidljivošću.

NAPOMENA:

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

2. OSNOVE BLUETOOTH SISTEMA

Bluetooth radi u ISM (Industrial Scientific Medical) opsegu koji obuhvata frekvencije od 2400 MHz do 2483.5 MHz. Ovaj opseg je globalno nelicenciran pa nije potrebna dozvola ni jednog regulatornog tela za njegovo korišćenje.

Radio tehnologija koju Bluetooth koristi naziva se tehnika frekventijskog skakanja u proširenom spektru. Skakanje sa jedne frekvencije na drugu izvršava se prema predodređenoj sekvenci.

Postoje dva tipa Bluetooth bežičnih sistema:

- Basic Rate (BR)
- Low Energy (LE)

Dometa nekog BR/EDR uređaja zavisi i od klase radio tehnologije koja se koristi:

- Klasa 3 - maksimalne snage do 1 mW i dometa do 5 m
- Klasa 2 - maksimalne snage do 2.5 mW i dometa do 10 m (najčešće se nalaze u mobilnim uređajima)
- Klasa 1 - maksimalne snage do 100 mW i dometa do 100 m (primarno se koriste u industrijske svrhe)

Bluetooth LE uređaja može imati maksimalnu snagu do 10 mW i domet do 50 m.

Bluetooth sistem sastoji se od host-a i jednog ili više kontrolera. Host je logički entitet koji se nalazi iznad Host Controller Interface-a (HCI), a kontroleri su logički entiteti koji se nalaze ispod HCI-a.

2.1 BR/EDR kontroleri

Brzina simbola je 1 Ms/s, dok se bitska brzina kreće od 1 Mb/s kod BR-a, do 2 ili 3 Mb/s kod EDR-a. Radio kanal se deli na grupu uređaja koji se sinhronizuju prema zajedničkom taktu i sekvenci frekventijskog skakanja. Fizički kanal je podeljen na vremenske sekcije, poznatije kao slotovi. Podaci se dele u pakete, a ti paketi se pomoću slotova prenose dalje. Obično je da se jedan paket smešta u jedan slot, ali ako okolnosti dozvoljavaju moguće je jedan paket smestiti u više slotova.

2.2 LE kontroleri

Brzina simbola je 1 Ms/s koja podržava bitsku brzinu od 1 Mb/s. Fizički kanal je podeljen na vremenske sekcije, poznatije kao događaji, a podaci između LE uređaja prenose se pomoću paketa, smeštenih u ove događaje. Postoje dve vrste događaja: advertising i connection.

2.3 AMP kontroleri

Alternate MAC/PHY (AMP) su sekundarni kontroleri u Bluetooth sistemima i mogu se javljati kao jedan ili više. BR/EDR se koristi samo da se odradi pronalaženje, uparivanje, ostvarivanje konekcije i njeno održavanje. Kada se između dva uređaja preko BR/EDR uspostavi konekcija, AMP menadžeri mogu otkriti AMP-ove koji su dostupni na drugom uređaju. Ukoliko se otkrije, tada se

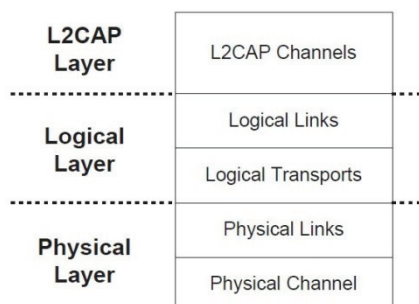
sav korisnički saobraćaj prebacuje sa BR/EDR kontrolera na AMP kontroler.

3. ARHITEKTURA BLUETOOTH SISTEMA

U zavisnosti od implementacije, možemo razlikovati host uređaje za BR/EDR sa Logical Link Control and Adaptation Protocol (L2CAP), Serive Discovery Protocol (SDP) i Generic Access Profile (GAP) blokovima i host za LE koji obuhvata L2CAP, Security Manager Protocol (SMP), Attribute protocol (ATT), Generic Access Profile (GAP) i Generic Attribute Profile (GATT) blokove. Naravno implementacija BR/EDR/LE host uređaja kombinuje blokove oba host-a.

3.1. Arhitektura prenosa podataka

Bluetooth sistem transporta organizovan je u slojeve, kao što prikazano na slici 1.



Slika 1. Arhitektura prenosa podataka Bluetooth-a

Fizički kanal je najniži u slojevitoj arhitekturi Bluetooth transporta. Svi fizički kanali su okarakterisani frekvencijom fizičkog kanala u kombinaciji sa vremenskim i ograničavajućim prostornim parametrom. BR/EDR i LE sistemi se ne razlikuju dosta u načinu na koji koriste fizičke kanale.

Fizički link predstavlja vezu između Bluetooth uređaja koja je uvek dodeljena samo jednom fizičkom kanalu, dok jedan fizički kanal može da ima više linkova.

Logički transport je niži od dva sloja, koliko ih imamo na logičkom nivou. Njega odlikuju karakteristike kao što su kontrola protoka, mehanizmi za potvrdu/ponavljanje, numerisanje sekvenci i organizacione sposobnosti. Logički transport može da nosi različite tipove logičkih linkova u zavisnosti od tipa logičkog transporta.

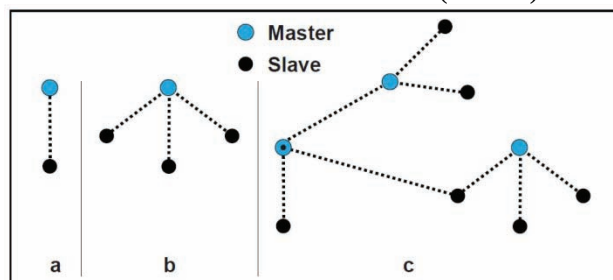
Dostupan je veliki broj logičkih linkova koji treba da podrže različite tipove podataka. Svaki logički link dodeljen je jednom logičkom transportu, a u nekim slučajevima više logičkih linkova može biti multipleksirano u jedan logički transport.

L2CAP pruža ulogu multipleksera koji dozvoljava različitim aplikacijama da koriste logičke linkove. Pored toga L2CAP obavlja i funkcije stvaranja, konfigurisanja i oslobađanja kanala

4. TOPOLOGIJA

U Bluetooth sistemima imamo point-to-point (slika 2a) i point-to-multipoint (slika 2b) veze. U point-to-point povezivanju fizički kanal se deli između dva Bluetooth uređaja, a u point-to-multipoint fizički kanal se deli između više Bluetooth uređaja. Dva ili više uređaja koji dele isti fizički kanal formiraju strukturu koja se naziva piconet. U piconet-u imamo jedan uređaj koji se ponaša

kao master uređaj, dok se svi ostali ponašaju kao slave uređaji. Ukoliko više piconet-a imaju zajedničke uređaje onda se takva struktura naziva scatternet (slika 2c).



Slika 2. Piconet sa jednim slave uređajem (a), piconet sa više slave uređaja (b) i scatternet (c)

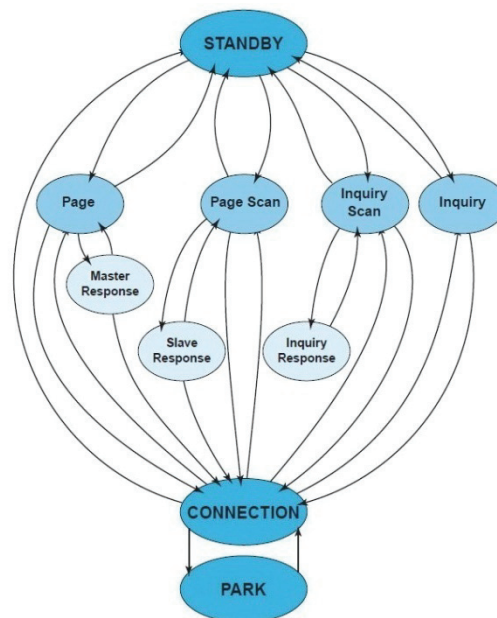
U BR/EDR sistemima pored jednog master-a, u piconet-u može biti najviše sedam aktivnih slave uređaja veći broj slave uređaja koji su u Park stanju.

Bluetooth uređaj može biti master samo u jednom piconet-u, dok ulogu slave uređaja može slobodno da obavlja u više piconet-a. LE uređaji mogu da pripadaju samo jednom piconet-u.

5. REŽIMI RADA

5.1. BR/EDR režimi rada

Na slici 3 prikazan je dijagram koji ilustruje različita moguća stanja BR/EDR kontrolera i njihovih linkova. Na slici se vidi da postoje tri glavna i sedam privremenih stanja kroz koje uređaji prolaze tokom uspostavljanja konekcije i otkrivanja drugih uređaja.



Slika 3.

Dijagram stanja BR/EDR uređaja

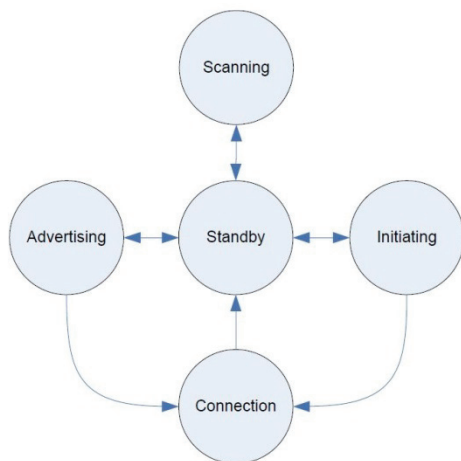
Privremena stanja se koriste samo za uspostavljanje veze (Page, Master Response, Page Scan i Slave Response) i otkrivanja novih uređaja (Inquiry, Inquiry Scan i Inquiry Response).

Prelaz između stanja odvija se komandama Link Managera ili internom signalizacijom.

5.2. LE režimi rada

Slika 4. ilustruje dijagram stanja kroz koja prolaze LE uređaji. Kod LE sistema postoji filtriranje uređaja čime se

ignorišu neželjeni uređaji u cilju smanjena broja transmisija što automatski smanjuje potrošnju uređaja.



Slika 4. Dijagram stanja LE uređaja

6. UPARIVANJE

Proces uparivanja uređaja može ili da pokrene korisnik tako što zatraži dodavanje novog Bluetooth uređaja ili da se pokrene automatski kada se radi povezivanje na neki servis, koji iz razloga sigurnosti, traži pravilnu identifikaciju uređaja. Kada se jednom uparivanje uspešno odradi ovi uređaji mogu ubuduće da se povezuju bez ponovne procedure uparivanja. Tokom samog procesa uparivanja, uređaji koji učestvuju stvaraju neku vrstu deljene tajne što ustvari predstavlja link ključ. Kad se jednom upare link ključ se čuva na oba uređaja.

Za sada postoje dva mehanizma uparivanja uređaja: Legacy (zastareli) i Secure Simple Pairing (SSP). Legacy uparivanje je bio jedini metod uparivanja za Bluetooth v2.0 i prethodne uređaje, dok je sa verzijom v2.1 uveden SSP. Bluetooth v2.1 i naredni mogu da koriste legacy uparivanje, ali samo sa uređajima v2.0 i starijim. Mehanizmi uparivanja i sigurnosti kod LE sistema slični su SSP mehanizmu.

Pod legacy uparivanjem smatra se da oba uređaja moraju da ukucaju PIN kod. U legacy uparivanju jedini izvor entropije jeste PIN kod, što u najviše slučajeva predstavlja četvorocifreni kod koji izabere korisnik ili je fiksiran u nekom uređaju. Ukoliko se procedura uparivanja i jedna razmena autentifikacija snimi od strane napadača, isti može veoma lako da dođe do PIN-a.

Ciljevi SSP-a jesu da pojednostavi proceduru uparivanja korisniku i da pri tome zadrži ili čak poboljša sigurnost u Bluetooth bežičnoj tehnologiji. SSP koristi kriptografiju javnog ključa pa napad postaje značajno komplikovaniji jer je otežano dolaženje do link ključa iz snimljenih informacija.

7. NAMENA BLUETOOTH-A

Kako sve više uređaja koristi Bluetooth tehnologiju, čitavom "ekosistemu" i uređajima u njemu se povećava vrednost i korisnost sa povećavanjem broja Bluetooth uređaja. Dnevno se na tržište isporučuje oko 5 miliona novih Bluetooth uređaja čime Bluetooth predstavlja bežičnu tehnologiju sa najvećim tržišnim rastom u odnosu na svoju konkurenciju. Svoju namenu Bluetooth tehnologija našla je u sledećim oblastima:

- Automobilaska industrija

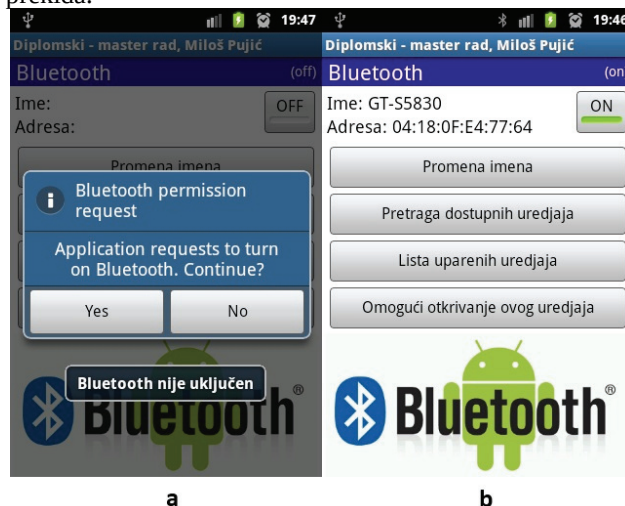
- Potrošačka elektronika
- Zdravlje
- Mobilni telefoni
- Kompjuteri i periferni uređaji
- Sport i fitnes
- Pametne kuće

8. BT MASTER

BT Master aplikacija ima za cilj prezentaciju osnovnih Bluetooth funkcija koje su opisane u ovom radu. BT Master služi kao edukativna aplikacija koja prati ovaj rad i na praktičan način pokazuje kako se, na Android uređajima, izvršavaju procedure promene imena uređaja, pretraživanja obližnjih dostupnih uređaja, uparivanja dostupnih uređaja (sa i bez SSP-a), uklanjanja sa liste uparenih uređaja i omogućavanja vidljivosti tog uređaja od strane drugih Bluetooth uređaja.

Po startovanju aplikacije, ukoliko Bluetooth na uređaju nije uključen, pojaviće zahtev za njegovim startovanjem (slika 5a), a ukoliko je uključen prikazaće se slika 5b. Na slici 5b vide se sve mogućnosti ove aplikacije. Glavni meni prikazuje osnovne attribute Bluetooth adaptera koji se nalazi u uređaju na kome se aplikacija izvršava, što je u ovom slučaju mobilni telefon. U gornjem desnom uglu tekstualno se ispisuje stanje lokalnog Bluetooth adaptera, a odmah ispod je i ON/OFF dugme za isti.

Aplikacija je namenjena samo za korišćenje dok je Bluetooth adapter aktivan. U slučaju da prilikom startovanja aplikacije nije uključen ili ukoliko se tokom rada isključi Bluetooth, to će biti prikazano u polju stanja lokalnog adaptera, a polje imena i adrese biće obrisani. Kako je za korišćenje ove aplikacije neophodan Bluetooth adapter, implementirana je zaštita u vidu da se ni jedna njena funkcija neće obavljati dok adapter nije aktivan, a u slučaju njegovog gašenja u toku rada sva aktivnost se prekida.



Slika 5. Pokretanje aplikacije sa ugašenim Bluetooth adapterom (a), pokretanje aplikacije sa uključenim Bluetooth adapterom (b)

Klikom na dugme "Promena imena" otvara se prikaz gde se vidi trenutno ime lokalnog Bluetooth adaptera i polje za unos novog imena.

Nakon unosa željenog imena klikom na dugme "Promeni ime", ime uređaja se ažurira i vraća aplikaciju na početni, glavni prikaz ispisujući pri tome poruku o uspešnoj promeni imena.

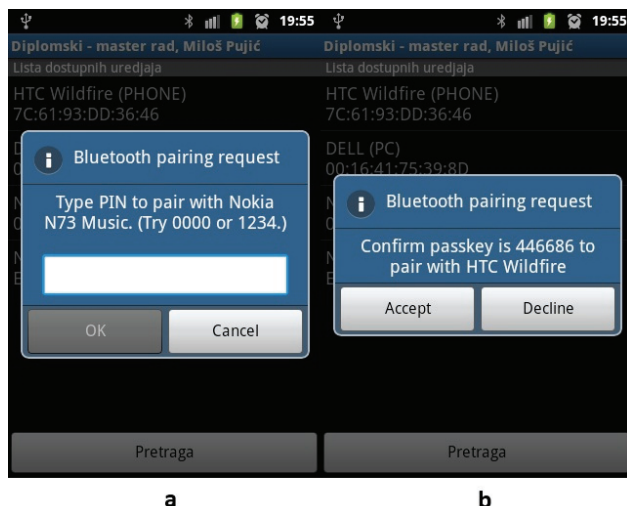
Opcija "Pretraga dostupnih uređaja" otvara prikaz kao na slici 6a, na kome se trenutno vidi samo dugme kojim se započinje pretraživanje obližnjih uređaja. Nakon završetka procesa pretrage na ekranu se ispisuje poruka o tome i prikazana je lista svih uređaja koji su dostupni. Prikaz jednog uređaja sastoji se od imena uređaja, njegovog tipa i adrese Bluetooth adaptera.



Slika 6. Pretraga dostupnih obližnjih uređaja (a), završena pretraga i lista dostupnih okolnih uređaja (b)

Klikom na bilo koji uređaj sa liste počinje proces uparivanja datog uređaja, ukoliko on već nije uparen, u suprotnom ispisuje se poruka da je već uparen. Ukoliko se klikne na neki uređaj u toku pretrage, automatski se završava pretraga i počinje proces uparivanja.

U zavisnosti od verzije Bluetooth adaptera koji je implementiran, mogu se javiti dva načina uparivanja. Kod uređaja sa Bluetooth v2.0 i ranijim, za uparivanje se koristi PIN kod (slika 7a), a kod v2.1 i novijih sa implementiranim SSP-om uparivanje se izvršava upoređivanjem prikazanih brojeva (slika 7b).



Slika 7. Uparivanje sa Bluetooth uređajem verzije 2.0 i niže (a), uparivanje sa Bluetooth uređajem verzije 2.1 i više(b)

Otvaranjem liste uparenih uređaja dobija se spisak prethodno uparenih Bluetooth uređaja, gde se klikom na bilo koji uređaj izvršava uklanjanje istog sa liste.

Kod Android uređaja po startovanju Bluetooth adaptera ne aktivira se i vidljivost tog uređaja od strane drugih, pa je za tu potrebu implementirana opcija "Omogući otkrivanje ovog uređaja". Klikom na ovo dugme pojavljuje se upit o vremenu tj. koliko sekundi korisnik želi da njegov uređaj bude vidljiv od strane drugih. U BT Master aplikaciji maksimalno vreme vidljivosti koje može korisnik da izabere iznosi 300 s.

9. ZAKLJUČAK

Pojavom prve Bluetooth tehnologije svi su uvideli njenu prednost u odnosu na, do tada najrasprostranjeniji, infrared i svi su počeli da implementiraju Bluetooth u svoje uređaje. Međutim, poslednjih godina mnogi kritičari Bluetooth tehnologije započeli su priču kako ova tehnologija nema budućnost i da je praktično već "mrtva", najviše zbog sve masovnijeg i dostupnijeg WiFi-a. Bluetooth jeste, na kraju, ostvario saradnju sa WiFi standardom u svojoj verziji 3.0 i omogućio brži prenos podataka korišćenjem ove tehnologije, ali po cenu veće potrošnje energije.

Kratko nakon objavljivanja Bluetooth v3.0 standarda, Bluetooth SIG je objavio novi standard, gde je fokus stavljen na manju potrošnju. Nova verzija Bluetooth-a ne samo da može da se koristi na uređajima male potrošnje, kao što su satovi i pedometri koji rade na tzv. dugmastim baterijama, već će moći da funkcioniše na njima godinama. Glavna oblast interesovanja za Bluetooth v4.0 su medicinski, sportski i fitness uređaji koji će postati sve dostupniji i jednostavniji za korišćenje. Za Bluetooth v4.0 tehnologiju, koja za cilj ima da produži i olakša život ljudima, svakako se ne može reći da je "mrtva".

10. LITERATURA

- [1] <http://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>, decembar 2011.
- [2] <http://www.bluetooth.org/>, decembar 2011.
- [3] <http://www.bluetooth.com/>, decembar 2011.
- [4] Forum Nokia, "Bluetooth Technology Overview", <http://lms.uni-mb.si/~meolic/ptk-seminarske/bluetooth2.pdf>, 4. april 2003.
- [5] Nathan J. Muller, "Bluetooth Demystified", 8. septembar 2000.
- [6] Bluetooth SIG, "Bluetooth Core Specification v4.0 with Hallmark Feature Bluetooth low energy technology", https://www.bluetooth.org/docman/handlers/downloaddoc.ashx?doc_id=229737, 30. jun 2010.
- [7] <http://developer.android.com/guide/topics/wireless/bluetooth.html>, februar 2012
- [8] Brad McCarty, From bane to boon, the rise of Bluetooth, <http://thenextweb.com/insider/2011/06/12/from-bane-to-boon-the-rise-of-bluetooth/?all=1>, 12. jun 2011.

Kratka biografija:

Miloš Pujić rođen je u Zaječaru 1987. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Komunikacione tehnologije i obrada signala odbranio je 2012.god.

REDIZAJN APLIKACIJE ZA VIZUALIZACIJU SCADA SIGNALA**REDESIGN OF AN APPLICATION FOR SCADA SIGNAL VISUALIZATION**

Atila Barčik, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Predmet ovog rada je opis redizajniranja aplikacije za vizualizaciju SCADA signala, Load Graph. Redizajn je potreban zbog implementacije dodatne trodimenzionalne vizualizacije i parcijalnog učitavanja elektro-energetskih mapa, koje vizualizuje aplikacija.

Abstract – The subject of this paper is the redesign description of an application for SCADA signal visualization, Load Graph. Redesign is needed for the implementation of the additional three-dimensional visualization and partial loading of electro-energetic maps, which are visualized by this application.

Ključne reči: Load Graph, Java, OpenGL, JOGL, JogAMP, SCADA, culling, clipping, frustum

1. UVOD

Aplikacija za vizualizaciju SCADA signala služi da pomogne dežurnom dispečeru pri praćenju stanja elektro-energetske mreže. U okviru Siemens Spectrum Power 4 [1] sistema, komponenta Load Graph (skraćeno: LG) služi za vizualizaciju SCADA signala. Glavni zadatak ovog programa je da učitava eksportovane elektro-energetske mape i da formira objektno-orijentisani model na osnovu šeme koji će koristiti za 2D vizualizaciju. LG dodatno omogućuje praćenje izabranih SCADA mernih tačaka i nudi razne tipove vizualizacija očitanih merenja.

Vremenom pojavio se zahtev za trodimenzionalnom vizualizacijom, ubrzanom pomoću grafičkog hardvera preko korišćenja OpenGL-a. LG, prvenstveno razvijen za dvodimenzionalni Java Swing grafički prikaz, nije omogućio efikasnu implementaciju novog proširenja.

Cilj redizajna je implementacija rešenja koje će pomoću jednog zajedničkog modela elektro-energetske mape omogućiti korišćenje neodređenog broja vizualizatora, nezavisno od toga kakvog tipa je pojedini vizualizator. Nova verzija aplikacije treba da dodatno optimizuje učitavanje mapa sa ciljem još manjeg zauzeća radne memorije.

2. OPIS REŠAVANOG PROBLEMA**2.1 SIEMENS SPECTRUM POWER 4**

Siemens Spectrum Power 4 je informacioni sistem za upravljanje elektro-energetskim sistemima i predstavlja primer komercijalnog SCADA softvera.

Spectrum ima modularno i distribuirano rešenje. Osnovni Spectrum sistem upravlja komunikacijom

između komponenti i pruža programske servise za upravljanje i nadzor elektro sistema i servise baze podataka. Dodatne komponente Spectrum sistema proširuju skup funkcionalnosti aplikacije.

Aplikacija LG predstavlja jedno od proširenja Spectrum sistema. Glavni zadatak LG-a je dvodimenzionalna vizualizacija statičke elektro-energetske mreže i dodavanje dinamike prikazu u vidu signalizacije praćenih SCADA merenja na razne grafičke načine. Konfiguracije mernih mesta je moguće sačuvati u konfiguracionim fajlovima. Mape su sačuvane u odvojenim eksport fajlovima i predstavljaju statičke podatke, pošto se ne menjaju prilikom normalnog rada.

LG implementira operacije za manipulaciju prikazom kao većina aplikacija koje se bave dvodimenzionalnom vizualizacijom: paniranje, zumiranje i selekcija određenih elemenata šeme korišćenjem tastature i miša preko raznih prečica i komandi.

2.2 WORLDMAP KONCEPT

Worldmap je naziv za šemu elektro-energetske mreže u Spectrum sistemu. Eksport fajlovi sadrže worldmap-e u tekstualnom obliku. Kreiranje objektno-orijentisane verzije worldmap-e podrazumeva neizbežno i sporo parsiranje.

U zavisnosti od zahteva korisnika formiraju se worldmap-e po geografskoj podeli realnog sistema ili po naponskim nivoima. Jedna worldmap-a će tako reprezentovati deo realnog sveta i modeliraće izabrane elemente iz realnog sveta. Elementi koji su modelirani iz realnog sveta imaju različite reprezentacije na mapama i nacrtani su korišćenjem grafičkih primitiva.

Grafičke primitive su opisane dvodimenzionalnim koordinatama u Dekartovom desnom koordinatnom sistemu i interpretiraju se u zavisnosti od tipa grafičke primitive: polilinja, poligon, krug i tekst. Ovi elementi sadrže i druge meta podatke, kojih ima dosta i pojedini atributi imaju desetine mogućih opcija. Primitive se često pojavljuju na mapama samostalno, kao statički elementi.

Električni elementi su formirani kombinacijom četiri osnovne primitive sa dodatnim atributima, kao što je tehnološka adresa SCADA mernog mesta i druge identifikacije. Električni elementu su: linija, figura, dinamični tekst ili vrednost, itd.

Svi prethodno navedeni osnovni i električni grafički elementi mogu biti svrstani u grupu relativno malih elemenata, koji su grupisani u veće celine - segmente. Nijedan mali element ne može da postoji van segmenta.

Segmenti se formiraju prema tome kakvo je stanje u realnom sistemu. Na primer jedna stanica, koja obuhvata nekoliko transformatora, sabirnica i rastavljača, obično se modelira pomoću jednog segmenta na worldmap-i. Segment je prikazan kao pravougao.

NAPOMENA:

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

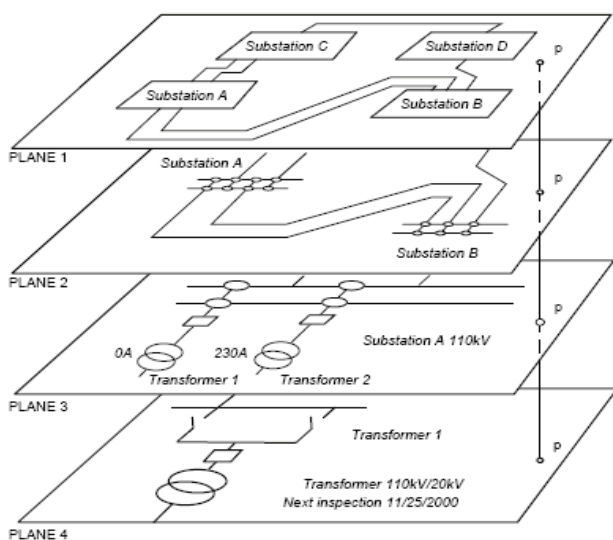
Planovi su još veće dvodimenzionalne logičke celine koje u sebi obuhvataju samo segmente. Plan predstavlja ekvivalent šemi nacrtanoj na papir u realnom svetu. Worldmap-a je sastavljena od prethodno navedenih elemenata i logičkih celina. Cela mapa jeste dvodimenzionalna.

Sledeći nivo analize logičke organizacije dodaje treću (logičku, a ne i grafičku) dimenziju mapama, jer postoji mogućnost formiranja mape u više slojeva.

Paniranje je kretanje po mapi u dve dimenzije, odnosno translacija po X i/ili Y osi. Zumiranje uveliča ili smanjuje prikaz. Pored zumiranja, u aplikaciji LG postoji i nešto slično što se zove magnifikacija. Zumiranje i magnifikacija su povezani, vrednost magnifikacije se računa na osnovu zum nivoa. LG u svakom trenutku raspolaže sa vrednostima trenutne translacije, zum nivoom i magnifikacijom.

Za kretanje po trećoj (logičkoj) dimenziji služi magnifikacija - odnosno, pošto se magnifikacija računa na osnovu zumiranja - zumiranje. Ovo znači da tokom zumiranja odjednom se menjaju veličine grafičkih elemenata i selektuju se elementi na osnovu treće dimenzije - magnifikacije.

Worldmap-e mogu da sadrže više planova (Slika 1.). U prethodnoj analizi namerno je izostavljen jedan od najvažnijih atributa, koji ima svaki element u worldmap-i. To je minimalna i maksimalna magnifikacija, između kojih zadani element sme da bude vidljiv. Hierarhija worldmap-e daje garanciju da je opseg vidljivosti elementa sigurno unutar vidljivosti roditeljskog elementa.



Slika 1. Struktura worldmap-e. Napomena: nije ilustrovano preklapanje elemenata usled raznih minimalnih i maksimalnih nivoa magnifikacije, radi čuvanja čitljivosti slike.

Kako magnifikacija funkcioniše u praksi? Korisnik menjanjem zum nivoa u pozadini menja magnifikaciju, na osnovu kojeg se selektuju odgovarajući elementi worldmap-e. Korisnik dobije osećaj da je mapa organizovana po slojevima, ti slojevi su planovi. Najviši sloj sadrži samo najvažnije detalje, npr. električna stanica je modelirana jednim pravougaonikom i nazivom stanice. Kako korisnik zumira i uveliča prikaz, gornji sloj nestaje i postepeno se prikazuju detalji koji su u slojevima ispod, npr. transformatori u stanici. U svakom trenutku, na

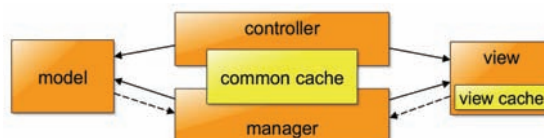
osnovu trenutne magnifikacije, formira se podskup svih elementa mape, koji su vidljivi na tom nivou magnifikacije. Ovaj skup elementa se prikazuje u celini ili delimično, u zavisnosti od veličine kanvasa aplikacije.

3. OPIS REŠENJA PROBLEMA

3.1 OSNOVE IMPLEMENTACIJE

LG je implementirana na Java programskom jeziku, prateći MVC arhitektonski šablon. Za 2D vizualizaciju korišćena je Java 2D Graphics biblioteka. Za implementaciju 3D verzije odabran je OpenGL API [2], u vidu biblioteke JOGL [3], koji omogućuje korišćenje API-ja iz Java okruženja.

Implementacija MVC šablona u staroj verziji LG nije omogućila efikasno dodavanje nove vizualizator komponente, prvenstveno zbog zavisnosti od Java 2D API-ja. Zahtev prema novoj verziji je da LG pomoću jedne učitanе mape vizualizuje delove mape u više instanci 2D ili 3D vizualizatora. Arhitekturu novog rešenja prikazuje slika 2.



Slika 2. Nova arhitektura aplikacije LG. Pune linije pokazuju direktnu povezanost, dok isprekidane linije prikazuju indirektnu povezanost kroz posmatrača.

Život aplikacije počinje kreiranjem objektno-orijentisanog modela worldmap-e. Inicijalna worldmap-a će predstavljati samo kostur mape. Imaće u sebi informacije o planovima i segmentima, ali sadržaj segmenata neće biti učitani. Ovaj prazan kostur mape će biti popunjen i pražnjen po potrebi na osnovu toga šta kontroleri proglase vidljivim.

Za vreme rada aplikacije uvek će postojati samo jedan zajednički model. Kontroler će postojati u više implementacija: 2D i 3D kontroler, od kojih svaki može biti instanciran u više primeraka odjednom. Svi kontroleri imaju zajednički interfejs i iste zadatke:

- da imaju neku vrstu prikaza - kanvas, koji će vizualizovati view komponente (kanvas će imati i logičku reprezentaciju, koja će u preseku sa worldmap-om dati vidljive elemente)
- da na osnovu vidljivih delova mape zatraže učitavanje ili brisanje dela modela,
- da rukuju korisnikovim akcijama,
- da na zahtev osvežavaju prikaz na svom kanvasu.

Model će biti korišćen u dve svrhe sa strane kontrolera:

- da kontroler izračuna koji deo mape je vidljiv,
- da kontroler zatraži učitavanje vidljivih segmenta u zajednički keš aplikacije - i obrnuto, da zatraži brisanje nevidljivih segmenata iz zajedničkog keša.

Zajednički keš (common cache) svih kontrolera je novi element u arhitekturi. Keš sadrži samo jedan tip elementa, koji predstavljaju segmente: menadžere (konkretno segment menadžere). Svi kontroleri dele zajednički keš i kontroleri ga koriste na isti način, bez obzira na tip kontrolera:

- ako je potreban neki segment onda će tražiti taj segment od keša,
- ako je segment nepotreban, javiće to kešu.

Znajući slučajeve korišćenja keša, jasno je definisan zadatak keša: da uvek raspolaže potrebnim podacima i da sakrije sve druge detalje vezane za učitavanje i brisanje. Sledeća komponenta arhitekture LG je view. Svaki entitet iz modela će imati svoj pandan u view-u, u 2D i 3D implementaciji, slično kontrolerima. Ovi pandani se zovu viewer-i. Oni imaju jednu generičku dužnost: da crtaju vizualnu reprezentaciju modela.

View komponenta u sebi obuhvata komponentu view cache. Ovaj keš enkapsulira podatke u formi u kojoj mogu biti iscrtani direktno, shodno potrebama grafičkog API-a. Zadnja komponenta je manager. Ovaj deo arhitekture povezan je sa svim ostalim komponentama na neki način i nastao je sa ciljem pojednostavljenja stare kontroler komponente. Segmenti i elementi unutar segmenata imaju svoje pandan menadžere. Kada kontroler potvrdi vidljivost nekog segmenta, formira se segment menadžer na osnovu modela.

Manager je sa jedne strane uvek povezan sa svojim modelom, a sa druge strane ima listu kontrolera i listu viewer-a. Manager uvek zna koji viewer pripada kom kontroleru. Kada kontroler dobije referencu segment menadžera od keša, on može utvrditi vidljivost manjih elemenata u okviru segmenta. Kontroler će od menadžera tražiti vidljiv viewer vezan za taj kontroler, da bi ga stavio u svoju listu vidljivih elemenata. U okviru kontrolera, na zahtev osvežavanja prikaza svi viewer-i iz liste vidljivih elemenata biće iscrtani na kanvas.

Neki menadžeri imaju sposobnost da prate menjanje SCADA vrednosti. Prilikom dobijanje vrednosti sa SCADA-e, menadžer će voditi računa o tome da model i view budu ažurirani, a prikaz osvežen.

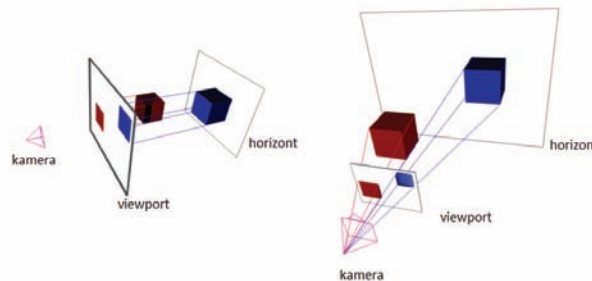
Model komponenta je implementirana prateći hierarhiju elemenata u worldmap-ama. Osobine elemenata predstavljaju attribute u klasama modela, klase ne poseduju posebnu funkcionalnost. Izmene u odnosu na stari model su vidljive u korišćenju tipova podataka koji sada nisu vezani za Java 2D API, nego odgovaraju i OpenGL-u.

Najvažnija izmena svakog elementa je dodatna granica elementa u vidu opisane sfere oko već postojeće granice u vidu pravougaonika. Granica u vidu pravougaonika je deo worldmap-e, dok sfera se računa prilikom parsiranja. Klase modela su serijalizabilne, što omogućuje čuvanje modela na hard disku u binarnom obliku, radi izbegavanja sprog procesa parsiranja prilikom sledećeg učitavanja nekog dela modela.

3.2 3D KAMERA

Kamera fizički ne postoji u OpenGL-u. Kako god, moguće je namestiti projekciju i OpenGL mašinu stanja tako, da rezultuje specifičnim pogledom na 3D scenu. Mnogo je lakše razmišljati o ovim modifikacijama, ako zamislimo da one predstavljaju kameru iz realnog sveta. Paniranje, translacija i zumiranje iz stare verzije LG-a su sada u nadležnosti kamere, s tim što kamera dodatno nudi i rotaciju pogleda oko tri ose. Implementacija kamere će podržati ove mogućnosti, bez obzira kakav tip projekcije će koristiti kamera.

Trodimenzionalna projekcija predstavlja način mapiranja trodimenzionalnih tačaka na dvodimenzionalnu ravan. Projekciona ravan u ovom slučaju predstavlja kanvas LG-a, tačnije viewport. U računarskoj grafici viewport je naziv za pravougaoni region gledanja, tj. platno za projekciju scene. Projekcija može da bude ortografska ili perspektivna (Slika 3.)

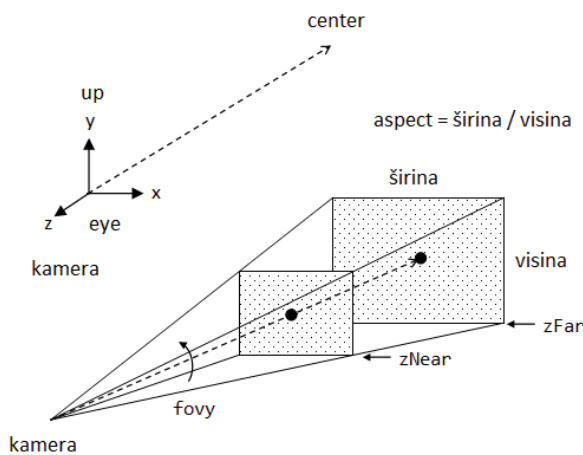


Slika 3. Na levoj strani je ilustrovana ortografska-, a na desnoj perspektivna projekcija.

Za potrebe LG izabrana je perspektivna projekcija. Za nameštanje kamere potrebno je namestiti projekciju i postaviti prethodno nameštenu kameru na scenu.

Parametri sočiva kamere su (Slika 4.):

- Ugao vidljivosti na Y osi (fovy).
 - Odnos visine i širine viewport-a (aspect), od kojeg je moguće izračunati ugao vidljivosti na X osi.
 - Horizont u daljini, tj. daljina od posmatrača do one ravni, od koje kamera ne vidi dalje (zFar).
 - Daljina od posmatrača do one ravni, od koje kamera počinje da vidi, opisuje početni horizont (zNear).
- Parametri imaju uticaja na oblik piramide, tj. na prostor koji vidi kamera. Ovaj geometrijski oblik vidljive oblasti na kraju ipak neće biti cela piramida u svakom slučaju, jer horizont u blizini može da odseče vrh piramide.



Slika 4. Parametri za podešavanje OpenGL kamere.

Atributi postavljanja OpenGL kamere su:

- Pozicija kamera odnosno oka posmatrača. Koordinata se zove eye.
- Pozicija jedne tačke u koju gleda posmatrač. Naziv ove koordinate je center, a zajedno sa eye definišu pravac gledanja.
- Up - vektor koji definiše gde je gore za kameru.

Zahtevi prema kameri 3D Load Graph-a su translacija na mapi po X i Y osi, zumiranje (zajedno sa magnifikacijom), rotacija oko tri ose X, Y i Z, i fokusiranje na

zadati element na mapi. Sve ove manipulacije su izvodljive menjanjem prethodno navedenih atributa kamere.

3.3 VIEW FRUSTUM CULLING

View frustum culling će dati odgovor na pitanje koji elementi mape su vidljivi i potrebni u memoriji za LG.

Prvi pojam koji treba definisati je viewing volume. U prevodu znači volumen gledanja i odnosi se na oblast sveta koji se vidi na viewport-u. Piramida koju definiše kamera, predstavlja logičku reprezentaciju kanvasa, odnosno viewing volume. Ovaj geometrijski objekat u ovom kontekstu se zove view frustum.

Drugi važan pojam je clipping odnosno culling, koji imaju slično značenje u kontekstu računarske grafike. I clipping i culling se odnose na proceduru za identifikaciju unutrašnjih i spoljašnjih grafičkih objekata na prikazu. Region u odnosu na koji se vrši testiranje da li je nešto unutra ili spolja, zove se viewing volume odnosno specifičnije clipping region. Razlika između clipping-a i culling-a je u preciznosti.

Pod culling-om se podrazumeva veoma brza logika koja za cilj ima da grubo odbacuje one elemente koji su sigurno van viewing volume-a. Culling se implementira posebno, obično nije deo grafičkog framework-a.

Clipping radi uglavnom isti posao kao što i culling, samo radi mnogo preciznije:

- selektuje sve elemente koji su u celini unutar viewing volume,
- obacuje one koji su skroz van regiona i modifikuje objekte koji su u preseku sa viewing volume-om, tako što odseče delove objekta koji nisu unutra.

Clipping je implementirana optimizacija i u Java 2D i OpenGL. Ako je animirani svet mnogo veći od onog dela sveta koji će biti u viewing volume-u, onda je itekako efikasno odbaciti većinu grafičkih objekata i ne opteretiti grafički pipeline. Pipeline vrši intenzivne matematičke proračune za svaki prosleđeni grafički objekat. Odbaciti većinu ovih proračuna je isplativo u slučaju puno elemenata van viewing volume-a.

Clipping sam po sebi ponekad nije dovoljan kao ni u slučaju LG-a. Bez implementacije culling-a se ne zna koji su delovi mape unutar vidnog polja. Praktično, bilo koji deo mape može biti vidljiv. Ovo znači da cela mapa treba da stoji na raspolaganju svo vreme, i prilikom renderovanja celu mapu treba poslati grafičkom podsistemu na renderovanje. Grafički podsistem dobiće odjednom sve elemente mape nad kojima treba odraditi clipping i tek posle može da renderuje sliku na viewport.

Culling logika ima za cilj, da brzo prođe kroz hierarhiju podataka (skeleton modela worldmap-e), da selektuje sve elemente koji imaju uticaj na prikaz i da zatraži učitavanje samo potrebnih delova mape. Ovaj podskup podataka biće za red veličine manji od cele mape. Skup selektovanih elemenata biće prosleđen grafičkom podsistemu mnogo brže nego skup svih elemenata mape. Clipping logika će imati mnogo manje posla, time će raditi brže. Bez obzira što program radi sa manjim skupom podataka, prikaz će biti isti. Razlika će se videti jedino u sniženoj potrošnji memorije.

Prilikom implementacije culling logike treba prolaziti kroz hierarhiju elemenata worldmap-e i odbaciti nevidljive delove. Za identifikaciju vidljivih elemenata

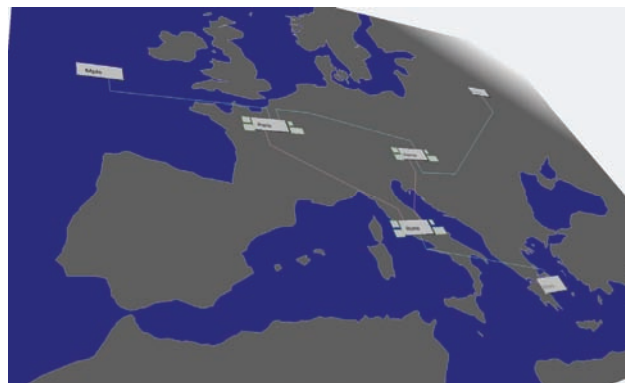
treba uporediti granice elemenata sa frustum-om. Frustum je odsečena piramida, ograničena je sa četiri stranice, osnovom i poklopcem, odnosno sa šest površina. Način testiranja podrazumeva da se element uporedi sa svim stranicama frustum-a, radi dobijanja zaključka da je element unutra, spolja ili u preseku sa frustum-om.

Ubrzanje logike testiranja moguće je korišćenjem odgovarajuće reprezentacije elementa. Granica elementa je opisana sferom. Dobijena daljina između centra sfere i površine može da se uporedi sa radijusom sfere. Testiranje kolizije sfere sa površinom je najbrži i najjednostavniji način, koji odgovara upotrebi u culling logici 3D LG.

4. ZAKLJUČAK

Dostignuti rezultati redizajna aplikacije su da novi LG efikasno rukuje worldmap-ama virtualno bilo koje veličine. Merenja pokazuju da potrošnja memorije varira oko 20-50 MB memorije za standardne Siemens test mape sa uključenom 2D i 3D vizualizatorom (Slika 5.) istovremeno.

Novi trodimenzionalni vizualizator nudi potpuno nov korisnički doživljaj uz potencijalno brže performanse i više mogućnosti. Implementacija LOD (Level Of Detail) algoritama bi dala još bolje performanse vizualizatorima. Cilj ovih algoritama je smanjenje detalja grafičkih objekata u slučaju kada su ti elementi daleko od posmatrača. Kreiranje nove efikasnije hierarhije worldmap-a bi isto omogućio optimizaciju culling logike.



Slika 5. Trodimenzionalni viewport redizajnirane aplikacije LG.

5. LITERATURA

- [1] www.energy.siemens.com, Siemens Spectrum Power
- [2] The Red Book, OpenGL Programming Guide, 7th edition. ISBN 0-321-55262-8
- [3] www.jogamp.org, JogAmp

Kratka biografija:



Atila Barčik rođen je u Senti 1986. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarske nauke i informatika odbranio je 2012.god.

**UTICAJ DISTRIBUTIVNIH GENERATORA NA RELEJNU ZAŠTITU U
DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA****IMPACT OF DISTRIBUTED GENERATORS ON RELAY PROTECTION IN
DISTRIBUTION NETWORKS**

Momčilo Dakić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Ovaj rad posvećen je istraživanju uticaja distributivnih generatora na relejnu zaštitu u distributivnim elektroenergetskim sistemima. Prikazan je uticaj ovih generatora na koordinaciju relejne zaštite, povećanje struja kratkog spoja, smanjen doseg distantne zaštite, problemi u ostrvskom radu i u automatskom ponovnom uključenju.

Abstract – This paper is dedicated to the study of impact of distributed generators on relay protection in distribution systems. Impact on the coordination of relay protection is presented, as well as increased short circuit current, decreased range of distant protection, problems in island operation and automatic reclosing.

Ključne reči: mikroprocesorski releji, distributivni generatori, prekostrujna zaštita.

1. UVOD

Uvođenjem novih tehnologija distributivne mreže postaju pametne mreže. Krajnji korisnici će to uvideti kroz povećanje pouzdanosti i kvaliteta napajanja. Pored toga, liberalizacijom energetskog tržišta, otvara se mogućnost instalacije distributivnih generatora na mestima potrošnje a tim i zaradu za njihove vlasnike, ili makar smanjenje računa za utrošenu energiju. Prema tome, u budućnosti se očekuje disperzija proizvodnje električne energije, širom distributivnih područja.

Pored toga, očekuje se uvođenje pametnih brojlara, koja će konstanto beležiti potrošnju (i eventualnu proizvodnju) svakog individualnog potrošača. Podaci će se slati distributivnim kompanijama na analizu. Na ovaj način, tačno će se znati koliko je energije utrošeno i u kom vremenskom periodu. Na ovaj način se stvara interaktivni, inteligentni energetski sistem.

Potražnja za energijom iz dana u dan raste a rezerve konvencionalnih, fosilnih goriva opada. Procenjuje se da će rezerve uglja da traju još 200 godina, rezerve prirodnog gasa 150 godina a rezerve uranijuma su najmanje i njihovo trajanje je procenjeno na 50 godina.

Jasno je da će zbog toga obnovljivi izvori imati sve veći značaj. Kako zbog nedostatka konvencionalnih goriva, tako i zbog očuvanja životne sredine. Velika prepreka u eksploataciji obnovljivih izvora je njihova varijabilnost.

NAPOMENA:

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

Većina ima dnevne i sezonske zavisnosti i varijacije, koje se moraju nadomestiti iz nekih drugih izvora, koji takve zavisnosti nemaju.

Uvođenjem distributivnih generatora se oslobađa prenosni kapacitet, čime se povećava faktor efikasnosti mreža. Takođe, smanjuju se gubici u prenosu energije a samim tim i troškovi eksploatacije. Naponski profil u distributivnim mrežama je povoljniji a pouzdanost i kvalitet snabdevanja krajnjih potrošača je na znatno većem nivou.

Pored pozitivnih osobina koje donosi priključenje distributivnih generatora postoje i loše osobine koje mogu da utiču na stabilnost čitavog distributivnog sistema. Uvođenjem distributivnih generatora se menja koncept radijalnosti, mreža postaje aktivna i mnogo dinamičnija, čime se dovodi u pitanje rad relejne zaštite. Distributivni generatori povećavaju intenzitet struja kvara, smanjuju doseg distantne zaštite, utiču na osetljivost i pouzdanost releja. Takođe uzrokuju greške u koordinaciji između uređaja relejne zaštite, što se odražava na njenu selektivnost. Posebna pažnja u ovom radu će biti posvećena uticaju distributivnih generatora na rad relejne zaštite.

2. GLOBALNA POTROŠNJA ENERGIJE

Na globalnom tržištu energije i dalje u velikoj meri dominiraju fosilna goriva, sa čak 81%. Nuklearna energija doprinosi sa 2.8%. Ostatak čine obnovljivi izvori.

Procenjeno je da 16% ukupne proizvodnje energije dolazi iz obnovljivih izvora. Pod obnovljivim izvorima se podrazumeva energija biomase, energija vode, vetra, sunca, geotermalna energija i energija dobijena iz biogoriva. Od 16% udela obnovljivih izvora, 10% energije dolazi od biomase. Energija vode ima udeo od 3.4% i skromno se povećava. Svi ostali obnovljivi izvori imaju ukupni udeo od oko 2.8% i imaju brz tempo rasta u razvijenim zemljama i zemljama u razvoju. Doprinos obnovljivih izvora je još uvek znatno manji od doprinosa energije dobijene iz fosilnih goriva

ali trend rasta ide u korist obnovljivih izvora. U periodu od 2005. do 2010. godine, izvori kao što su fotonaponski (PV) generatori, vetrogeneratori, zagrevanje vode putem sunčeve energije, biogoriva, ostvarili su porast od 15% do skoro 50% na godišnjem nivou. Najveći rast su zabeležile fotonaponski generatori, zatim biodizel i vetroelektrane. Ukupne investicije u istraživanje i razvoj obnovljivih izvora je u 2010. godini dostiglo 211 milijardi američkih dolara (USD). Ako se u tu sumu doda i novac koji je uložen u kolektore za zagrevanje vode pomoću sunčeve energije, ukupne investicije premašuju 226 milijardi USD.

Još 40-45 milijardi USD je uloženo u razvoj velikih hidroelektrana.

Ova istraživanja pokazuju da je udeo obnovljivih izvora u ukupnoj proizvodnji energije u značajnom porastu. Što se tiče tehnologije koja se koristi u instalaciji proizvodnih kapaciteta baziranih na obnovljivim izvorima, ta tehnologija beleži značajan razvoj a time i pad cene.

3. RELEJNA ZAŠTITA U RADIJALNIM MREŽAMA

Osnovna uloga relejne zaštite je da obezbedi siguran rad elektroenergetskih sistema, tako da zaštiti korisnike i opremu. Cilj relejne zaštite je da detektuje i na odgovarajući način reaguje na sve moguće tipove kvarova koji mogu da se dogode u šticejnoj mreži, ali na takav način, da bez napajanja ostaje minimalan broj potrošača. Nije uvek moguće obezbediti ispunjenje svih uslova koji se postavljaju pred relejnu zaštitu, i često se moraju praviti kompromisi, kako bi se našlo rešenje najbliže idealnom. Bitno je naći kompromis između pouzdanosti i sigurnosti. Neophodne karakteristike prekostrujne zaštite su osetljivost, selektivnost, brzina, pouzdanost i ekonomičnost.

U savremenim distributivnim mrežama je sve veće prisustvo mikroprocesorskih releja. Mikroprocesorski releji mogu biti multifunkcionalni i retko se sreće situacija da se mikroprocesorski releji koriste samo za jednu vrstu zaštite. Obično mikroprocesorski relej obavlja ulogu više vrsta klasičnih releja. Pored toga što mogu da objedinjuju više vrsta releja, može se definisati više uslovnih šema. Uslovne šeme mikroprocesorskih releja predstavljaju uslovne veze između različitih tipova releja, pa se na taj način delovanje jednog tipa releja može usloviti delovanjem nekog drugog, što omogućava vrlo fino podešavanje relejne zaštite. Do potrebnih veličina se dolazi merenjem naponskih i strujnih signala, i njihovom konverzijom u binarne vrednosti, više puta u nekom periodu vremena.

Dobijene veličine su podaci za proračune, čiji se rezultat logički poredi sa podešenjem releja. Rezultat ovog poređenja je signal, na osnovu čije vrednosti relej šalje komandu za otvaranje prekidača, šalje informaciju operateru ili, u logičkim šemama, prelazi na ispitivanje sledećeg uslova u datoj šemi.

Prednost mikroprocesorske zaštite je to što omogućava objedinjenje većeg broja funkcija u okviru jednog uređaja, imaju nisku cenu, jednostavno se instaliraju, smanjen je potreban prostor, smanjen je broj fizičkih veza između releja, dostupan prikaz merenih veličina i istorija broja operacija, imaju sposobnost samonadzora i samokontrole i još mnogo toga.

4. UTICAJ DISTRIBUTIVNIH GENERATORA NA RELEJNU ZAŠTITU

Distributivne mreže su planirane i konstruisane da budu pasivne, da se napajanje vrši u smeru iz centralizovanog izvora (transformatorska stanica VN/SN) ka individualnim potrošačima. Sekcije se sastoje od monofaznih, dvofaznih i trofaznih vodova, na čijim krajevima se nalaze potrošači, čija je postrojenja nebalansirana.

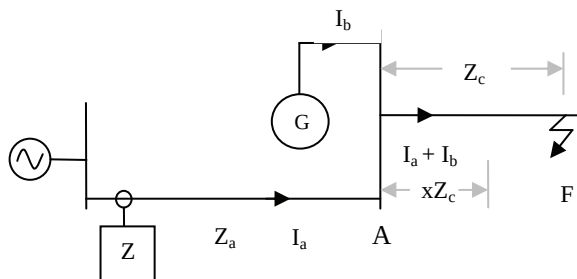
U najvećem broju slučajeva kada se projektovale distributivna mreža, nisu postojali distributivni generatori i nije se videla njihova potreba, tako da su distributivne mreže projektovane za radijalne mreže, sa nebalansiranom potrošnjom i napajanjem sa samo jedne strane. S obzirom da su centralizovani izvori energije i dalje dominantni, distributivni izvori se moraju prilagoditi već postojećim konfiguracijama. Pouzdanost, sigurnost i kvalitet napajanja potrošača su zahtevi koji se stavljaju pred projektante koji treba da instaliraju distributivne generatore u već postojeće distributivne mreže. Uvođenje distributivnih generatora dovodi u pitanje podešavanje zaštitne opreme, mreža postaje aktivna i postojeća zaštita više nije validna, postaje neodgovarajuća. U distributivnim mrežama sa centralizovanim izvorom energije, zaštita se vrši kombinacijama osigurača, releja i reklozera. Svaki element u mreži je koordinisan sa elementom „iza“ i „ispred“ sebe (u smislu ka izvoru i ka potrošačima). Priključenje distributivnih generatora, dakle, remeti koordinaciju zaštitne opreme. Problemi koji se mogu pojaviti priključenjem distributivnih izvora su:

1. Promene vrednosti struja kratkog spoja

Doprinos ukupnoj struji kvara od jednog malog distributivnog generatora nije veliki. Ipak, kada se razmatra skup više malih jedinica, njihov doprinos može značajno uticati na povećanje struje kratkog spoja, a time na greške u koordinaciji između zaštitne opreme, što dalje dovodi do ugrožavanja sigurnosti i pouzdanosti distributivnih sistema. Struje kratkog spoja u distributivnoj mreži sa generatorima zavise od više faktora. Intenzitet te struje zavisi od mesta kvara, od mesta gde su priključeni generatori, od procentualnog udela distributivnih generatora u pokrivanju ukupne potrošnje kao i od tipa distributivnih generatora. Zajedničko za sve te faktore je da utiču na povećanje intenziteta struje kratkog spoja. Povećanje struja kratkog spoja je bitno proceniti pri priključenju novih jedinica, u periodu planiranja, kako bi se procenilo termičko i mehaničko naprezanje uređaja usled velikih struja kratkog spoja, kao i procena eventualnih grešaka u koordinaciji između uređaja relejne zaštite.

2. Smanjeni doseg distantnih releja

Distantnim relejom se mere napon i struja i njihov količnik daje impedansu, tako da se često govori da distantni releji mere impedansu kvara. Pri priključivanju distributivnih generatora vrlo je verovatan slučaj da dođe do situacije da merene vrednosti stvaraju prividnog „udaljavanja“ kvara od njegovog stvarnog mesta. Ovo je obično rezultat injektiranja struje na udaljenom čvoru. Usled toga, relej ne meri stvarne vrednosti i impedansa kvara je releju predstavljena kao da je na mestu koje je dalje od stvarnog. Ovo prividno udaljavanje merene impedanse kvara može da dovede do toga da se kvar otkloni sa nepotrebnom vremenskom zadržkom, jer je prividno u sekundarnoj zoni šticejenja. Ovo nepotrebna vremenska zadržka može dovesti do nepotrebnog dodatnog oštećenja opreme i predstavlja primer lošeg rada distantne zaštite.



Slika 1 – Primer mreže u kojoj injektiranje struje na udaljenom čvoru smanjuje doseg distantnog releja Z

Zbog injektiranja struje I_b , impedansa koju će relej da meri će da bude smanjena za koeficijent x . Tako da će merena impedansa biti:

$$Z_a + x \cdot Z_c, \quad (4.1)$$

gde je:

Z_a - impedansa od releja do mesta injektiranja struje I_b ,

Z_c - impedansa od mesta injektiranja struje I_b do mesta kvara,

x - koeficijent smanjenja doseg releja.

Ako se nađe odnos željene impedanse i impedanse sa smanjenim dosegom, dobiće se koeficijent koji će pokazati da se doseg zaista smanjuje:

$$\frac{x \cdot Z_c}{Z_c} = \frac{\frac{U_a}{I_a + I_b}}{\frac{U_a}{I_a}} \Rightarrow x = \frac{I_a}{I_a + I_b}, \quad (4.2)$$

gde je:

U_a - napon u tački A,

I_a - struja koja se meri distantnim relejom,

I_b - struja koju DG injektira u čvor A.

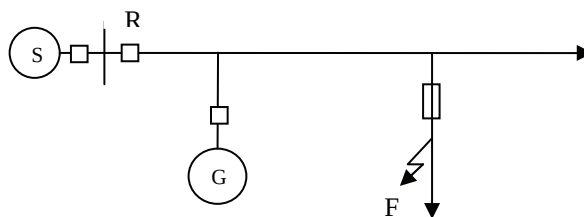
Očigledno je da injektiranje struje I_b doprinosi smanjenju dosega distantnog releja.

3. Greške u koordinaciji između zaštitnih uređaja

Priključenjem distributivnih generatora može doći do gubitka koordinacije. Koordinacija među zaštitnim elementima je urađena sa pretpostavkom da je mreža radijalna, sa jedinstvenim izvorom napajanja. Uvođenjem distributivnih izvora nestala je osobina radijalnosti, pa je time ugrožena koordinacija u smislu redosleda delovanja među zaštitnim uređajima. Sledi jednostavan primer koji pokazuje kako dolazi do greške u koordinaciji kao uzrok priključenja DG.

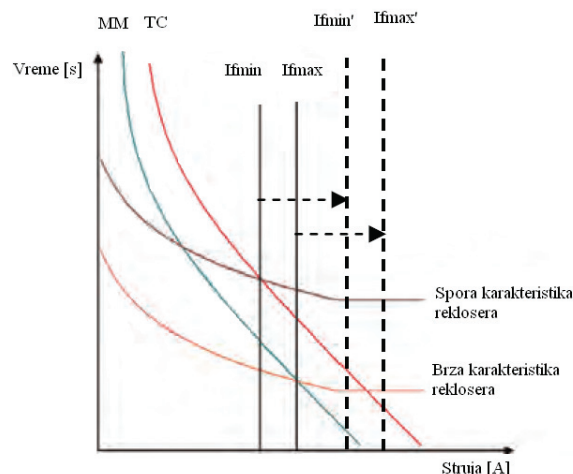
U ovom primeru je prikazana koordinacija između reklosera R i osigurača na lateralu. Brza karakteristika reklosera je podešena tako da on reaguje pre topljenja osigurača, kako bi se u slučaju prolaznih kvarova osigurač sačuvao (*Fuse Saving* konfiguracija). Na slici 3 su prikazane brza i spora karakteristika reklosera i dve karakteristike osigurača. Dve karakteristike osigurača su na dijagramu označene sa MM (*Minimum Melting*) i TC (*Total Clearing*). One se razlikuju po tome što MM kriva pokazuje vreme početka topljenja osigurača usled struje

kvara, a TC kriva pokazuje vreme koje je potrebno da se osigurač potpuno istopi i otkloni kvar.



Slika 2 – Koordinacija između reklosera i osigurača

Kao što se na slici 3 vidi, ukoliko je struja kvara u predefinisanim granicama (I_{fmin} , I_{fmax}), tada su ova dva uređaja dobro koordinisana. Priključenjem DG, kao što je već rečeno, dolazi do povećanja struje kvara. Kao što se na slici 3 vidi, povećanjem struje kvara osigurač će delovati pre reklosera i tako se gubi željena koordinacija i osiguračem se nepotrebno deluje u slučaju prolaznih kvarova.



Slika 3 – Krive zaštitnih uređaja i njihova koordinacija

4. Obrnuti tok snage

Radialne mreže su dizajnirane tako da je tok snage u jednom smeru – od napojne transformatorske stanice, ka potrošačima. Uz ovu pretpostavku, konfigurisani su usmereni releji. Sa priključenjem distributivnih generatora, ova pretpostavka više ne mora da važi. U slučaju da proizvodnja DG premašuje potrošnju celog fidera, “nulta tačka” se nalazi *upstream* od izvora napajanja tog fidera. U ovom slučaju može doći do toga da je opterećenje nekih delova fidera znatno veće nego što je bilo u režimu bez DG. U najvećem broju slučajeva, najopterećeniji deo se nalazi na fideru odmah “iznad” mesta gde je priključen razmatrani DG. Ovo je naročito izraženo ukoliko je DG priključen blizu kraja fidera.

5. Ostrvski rad i APU problemi.

Kada dođe do ostrvskog rada (naravno pod uslovom da je takav rad dozvoljen), bitno je utvrditi da su generatori, vodovi i sami potrošači zaštićeni. Struje kvara koje se u ovakvim mikro mrežama pojavljuju su najčešće

nedovoljno velike da pobude prekostrujne releje. Ukoliko bi se releji podesili da deluju na manje struje, kako bi u ostrvskom režimu detektovali kvar, to bi lako dovelo do neželjenih delovanja releja u režimima bez ostrva. Pored malih struja kvara, kao problem može da se javi frekventna nestabilnost.

Pored brojnih pozitivnih osobina i koristi od rada u ostrvskom režimu, ovakav mikro sistem može dovesti do teških posledica, pa se u nekim slučajevima takav rad ne dozvoljava. Da bi se sprečilo oštećenje distributivnih generatora ali i same mreže koja je u ostrvskom radu, potrebno je generatore isključiti sa mreže. Preporučeno vreme isključenja generatora u ostrvskom radu je 100-2000 ms. Da bi se to postiglo, svaki generator mora bude opremljen uređajima za detekciju ostrvskog režima rada. Najčešće korišćeni uređaju za tu svrhu su pod/preko frekventni i pod/preko naponski releji.

Automatsko ponovno uključanje (APU) se često koristi u distributivnim sistemima i cilj takve zaštite je da otkloni česte prolazne kvarove. Rad tih uređaja može biti ugrožen priključenjem distributivnih generatora, s obzirom da se i posle kratkotrajnog prekida, električni luk napaja alternativnim putem, od strane distributivnih generatora i ne dolazi do spontanog otklanjanja kvara.

5. SOFTVERSKA VERIFIKACIJA

Za potrebe ovih analiza, razvijen je softverski paket u grafičkom okruženju. Vizuelni prikaz sredjenaponske distributivne mreže je realizovan kroz specijalizovani grafički editor DMD (DMD – Dynamic Mimic Diagram), dok je algoritam urađen u programskom jeziku Fortran. Na demonstracionoj šemi se razmatra jedan fider, koji opslužuje 1772 individualna potrošača, čija je kupna potrošnja 5268 kVA. Na jednom fideru se nalazi četiri distributivna generatora, kako bi se analizirao njihov uticaj. Ukupna snaga koju daju distributivni generatori iznosi 1641kW, odnosno 1891 kVA, što iznosi oko 36% ukupne potrošnje na tom fideru. Korišćenjem ovog softvera je pokazano povećanje struje kratkog spoja.

Tabela 1 – *Doprinos distributivnih generatora ukupnoj struji kvara*

	L1 [A]	L2 [A]	L3 [A]
Struje kvara bez doprinosa generatora	7608.46	7607.58	7604.75
Struje kvara sa doprinosom generatora	8132.74	8131.76	8128.66
Doprinos generaora	524.28	524.18	523.91

Takođe je pokazano da za određeno mesto kvara dolazi do smanjenog doseg a distantne zaštite. Tačna impedansa kvara viđena od strane releja je iznosila 18.21 Ω , a usled injektiranja struje distributivnih generatora, relej je merio impedansu od 16.59 Ω .

Greške u koordinaciji su takođe potvrđene, i rešene uvođenjem mikroprocesorskih releja, i definisanjem logičkih uslovnih šema.

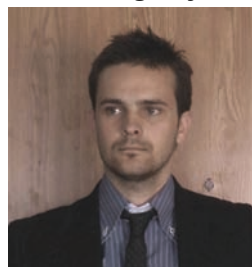
6. ZAKLJUČAK

Uvođenjem distributivnih generatora se gubi radikalnost mreže u funkcionalnom smislu i ona postaje višestrano napajana. To ima velik uticaj na selektivnost i pouzdanost relejne zaštite. U radu je ukazano na probleme koji nastupaju kada se u distributivnu mrežu uključe i generatori. Da bi se u potpunosti sagledali navedeni problemi razvijen je softver gde je na nekoliko numeričkih primera ukazano na doprinos generatora na vrednosti struja kvara. Time je stvorena baza za analizu rada zaštite u distributivnim elektroenergetskim sistemima sa distributivnim generatorima.

7. LITERATURA

- [1] Duško Bekut, *Relejna zaštita*, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, 2009.
- [2] S.M.Brahma, A.A.Girgis, Development of Adaptive Protection Scheme for Distribution Systems With High Penetration of Distributed Generation, *IEEE Trans on Power Delivery*, VOL. 19, NO. 1, Jan 2004, pp. 53-63
- [3] Martin Geidl, *Protection of Power Systems with Distributed Generation: State of the Art*, Power Systems Laboratory Swiss Federal Institute of Technology (ETH) Zurich, 2005.

Kratka biografija:



Momčilo Dakić je rođen u Kikindi 1987. godine, završio je gimnaziju u Kikindi, Diplomski – bachelor rad je odbranio na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu 2010. godine, kao i master rad 2012. godine iz oblasti Elektrotehnike i računarstva (energetika).

KOMPARACIJA SILVERLIGHT, FLASH I HTML5 TEHNOLOGIJA SA STANOVIŠTA MANIPULACIJE VIDEO SADRŽAJEM**A COMPARISON OF SILVERLIGHT, FLASH AND HTML5 FROM THE POINT OF MANIPULATION OF VIDEO CONTENT**

Srđan Maroš, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Rad istražuje i poredi Silverlight, Flash i HTML5 tehnologije. Opisan je njihov razvoj kroz istoriju kao i njihove današnje multimedijalne mogućnosti sa akcentom na rad sa video sadržajem. U cilju praktične provere u svakoj od navedenih tehnologija napravljen je video plejer sa osnovnim funkcijama i testiran je u najkorišćenijim veb pregledačima.

Abstract – The paper explores and compares Silverlight, Flash and HTML5 technologies. Their development, through history, as well as their modern multimedia possibilities have been described with emphasis on manipulation of video content. For practical testing, each mentioned technology has been used for developing a video player with basic functions and was tested in the most frequently used web browsers.

Ključne reči: Silverlight, Flash, HTML5, video, multimedija

1. UVOD

Kontinualni multimedijalni sadržaji (video, audio, animacije itd.) sve više dominiraju na Internetu. Pri razvoju aplikacija koje rade sa ovakvim sadržajima mora se obratiti pažnja na resurse sa kojima se raspolaže i brzinom rada aplikacije koja se želi postići. Takođe, tu je uvek i faktor koji predstavlja utrošeno vreme, a samim tim i sredstava za razvoj željene aplikacije – veb stranice. Zbog toga veliku ulogu ima odabir odgovarajućeg razvojnog okruženja i tehnologije za razvoj aplikacija u skladu sa potrebama.

Pri veb programiranju koje obuhvata rad sa video sadržajem mora se voditi računa o izboru formata i video kodeka koji se žele koristiti što direktno utiče na veličinu i kvalitet videa, a samim tim i brzinu njegovog učitavanja ili download-a. Zatim, treba voditi računa koji će veb pregledači podržavati te izabrane formate kao i samu tehnologiju, a potom i na kojim će se onda sve uređajima i platformama izvršavati urađena aplikacija.

U samom vrhu veb programiranja, po korišćenju tehnologija od strane razvojnih timova, naročito u području rada sa multimedijalnim sadržajem, trenutno senalaze Microsoft-ov Silverlight, Adobe-ov Flash, a od nedavno se pojavio i HTML5 sa značajnim uticajem.

NAPOMENA:

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

Cilj ovog rada jeste da se predstave i uporede pomenute tehnologije u polju rada sa video sadržajem kako bi se što bolje istakle njihove prednosti i mane. Neki od kriterijuma po kojima je poređenje izvršeno su: performanse i funkcionalnosti koje svaka od njih nudi, razvojna okruženja, popularnost među korisnicima, podrška od strane veb pregledača i uređaja i td.

2. VIDEO SADRŽAJI I TEHNOLOGIJE

Multimedija predstavlja upravljanje tekstom, slikama, videom, zvukom, animacijama i ostalim interaktivnim elementima koji su kodirani posredstvom najmanje jednog kontinualnog (vremenski zavisnog) i jednog diskretnog (vremenski nezavisnog) medija. [1] Postoje brojne tehnologije koje se bave ovom oblasti ali se samo par njih ističu po kvalitetu i procentu korišćenja od strane razvojnih timova. Jedna od njih je Flash tehnologija koja postoji i napreduje u ovoj oblasti već duži niz godina, a pored nje u tom vrhu stoje Silverlight i HTML5, koji predstavljaju novija rešenja koja postoje tek nekih tri do pet godina.

Jedan od ključnih faktora kada se priča o video sadržaju i njegovoj prezentaciji jesu formati samog sadržaja (tip enkodiranja) i sami veb pregledači. Trenutno, Internet Explorer ima najveći procenat korišćenosti (oko 38%) iako u poslednjih par godina njegova upotreba konstatno opada. Mozilla Firefox (oko 25%) je od početka svoje pojave beležio značajan rast i pretio da će prestići I. Explorer, međutim u 2011. godini procenat korišćenosti oba pomenuta pregledača se smanjuje na račun Google Chrome-a (oko 28%). Pored ova tri pregledača, među popularne još spadaju Safari (6,4%) i Opera (2%) ali je njihova korišćenost značajno manja u odnosu na pomenuta tri.

U najkorišćenije video formate koji se trenutno koriste spadaju H.264, Theora i VP8. Prvi format za razliku od druga dva zahteva licenciranje tako da ne spada u besplatne proizvode. Od audio formata treba pomenuti AAC, MP3 i Vorbis. Najpopularniji kontejneri koji zapravo čine kombinacije pomenutih formata su MP4 (H.264 i ACC), WebM (VP8 i Vorbis) i OGG (Theora i Vorbis).

Chrome trenutno jedini podržava sva tri pomenuta kontejnera. Firefox i Operapodržavaju WebM i OGG, Safari pregledači koji rade na iOS-u koriste MP4, a I. Explorer podržava samo H.264, VP8 i MP3 formate.

Što se tiče podržavanja formata i kontejnera od strane samih tehnologija o kojima se vodi reč u ovom radu, situacija je sledeća:

- *Microsoft Silverlight* podržava MP4, ASF i AVC kontejnere,
- *Adobe Flash* takođe može da koristi MP4 i AVC, a pored toga podržava i VP6, MP3 kao i svoje FLV i SWF formate,
- HTML5 trenutno nema specifikaciju podržanih kodeka tako da je trenutno moguće koristiti i MP4 i OGG i WebM kontejnere.

HTML5 video je podržan u svim popularnim veb pregledačima. *Flash* i *Silverlight* priključci (*plugin*-i) nisu podržani samo kod iOS uređaja. *Opera*, takođe, zvanično ne podržava *Silverlight*-ov priključak ali postoje načini da se on instalira i koristi u ovom pregledaču. [2][3][4]

3. SILVERLIGHT

Silverlight predstavlja platformu za pisanje i pokretanje bogatih Internet aplikacija i po funkcionalnosti je dosta slična *Adobe*-ovom *Flash*-u. Izvršno okruženje se sastoji od priključaka za veb pregledače pod *Microsoft Windows* ili *MacOS X* operativnim sistemima. Za programiranje interfejsa se koristi XAML (*Extensible Application Markup Language*) jezik i .NET platforma. Isto kao i *Flash*, koristi se na bazi priključka koji se može besplatno pronaći na Internetu i instalirati ukoliko ga korišćeni veb pregledač podržava.

3.1. Silverlight tehnologija i rad sa videom

Za programiranje u *Silverlight*-u može se koristiti C# koji se kompajlira i time se olakšava pronalaženje grešaka. Njegova izvršna forma predstavlja priključak i trenutno ga svi najkorišćeniji veb pregledači podržavaju. Negativna strana toga je što će njegova upotreba zavisi od toga da li će se dozvoliti instalacija tog priključka jer postoje sistemi koji će to zabranjivati.

Neke od prednosti ove tehnologije su da se može pristupiti veb kameri i mikrofenu i direktno uzimati podaci sa ovih uređaja. Moguće je da se prenosi uživo audio i video snimak preko Interneta. Zatim, kad su u pitanju autorska prava, njegovi video snimci mogu biti zaštićeni sa DRM patentom. Takođe, poseduje i adaptivno učitavanje videa.

Što se tiče podrške i alata, *Silverlight* je tu kao i *Flash* bogato opremljen. Jedan od glavnih alata za razvoj *Silverlight* aplikacija jeste *Microsoft Visual Studio* i može se koristiti bilo koji .NET jezik za programiranje, tako da se svaki alat koji se koristi za .NET jezike, može upotrebiti i za *Silverlight*.

Što se tiče mana ove tehnologije, ne radi na uređajima koji su zasnovani na iOS-u kao što su *iPhone*, *iPod*, *Apple TV*. Takođe, nije najbolje rešenje za pametne telefone jer ne radi na svim platformama. Zatim, njegov sadržaj ne može biti indeksiran od strane veb pretraživača što je u današnje vreme jedna od najtraženijih stavki kod veb programiranja.

Pored toga, *Silverlight* aplikacije su zahtevne sa resursima pošto rade sa tehnologijama kao što su ASP, .NET, AJAX i sl. Drugim rečima, potrebna je dobra hardverska podrška ako se želi postići zadovoljavajuća brzina i dobar kvalitet.

3.2. Primer rada sa Silverlight video sadržajem

U praktičnom delu ovog rada korišćeno je *Microsoft Visual Studio* okruženje i pomoću C# i XAML jezika je napravljen video plejer sa osnovnim funkcionalnostima. Ovaj alat ima odličnu podršku za rad sa GUI-jem kao i video komponentom pa za programiranje u ovoj tehnologiji nije bilo potrebno puno vremena i napora. Veliki deo koda se može i generisati i lako menjati putem odgovarajućih formi što mnogo olakšava programiranje. U nastavku je data slika video plejera kreiranog u ovoj tehnologiji:



Slika 1: Video plejer napravljen u Silverlight tehnologiji

4. FLASH

Adobe Flash predstavlja multimedijalnu platformu ranije poznatiju pod nazivom *Macromedia Flash*. Koristi se za interakciju sa veb stranicama, rad sa animacijama, videom, zvukom i sl. Okvirno gledano predstavlja alat za bogate Internet aplikacije (*Rich Internet Applications*, RIAs). Programira se uz pomoć objektno-orijentisanog jezika *ActionScript* (AS), a podržano je i povezivanje sa *JavaScript*-om za *Flash* jezik (JSFL). *Flash* aplikacije se najčešće izvršavaju uz pomoć *Adobe Flash Player*-a koji je besplatan i većina veb pregledača ga podržava.

4.1. Flash tehnologija i rad sa videom

U današnje vreme sajtovi obiluju bogatim medijskim sadržajem i predstavljaju izazov za tehnologije koje ih moraju ispratiti u tome vodeći računa o resursima i brzini. *Adobe* je uspeo da održi korak sa vremenom i još uvek ostane u vrhu sa *Flash*-om. Manipuliše i vektorskom i rasterskom grafikom, bidirekcionim učitavanjem zvuka i videa, može da prihvati ulazne podatke preko miša, tastature, mikrofona i kamere.

Flash je sa verzijom 6 prvi put omogućio besplatno instaliranje svog priključka za veb pregledače u cilju korišćenja svog videa. Iako je dosta bio popularan, bio je i kritikovan od strane *Apple* kompanije zato što se nisu dovoljno bavili pitanjima vezanim za hardver (u ovom slučaju grafička kartica i grafički procesor - GPU). Ubrzo nakon ovoga, *Adobe* je odgovorio na ovu kritiku sa svojom beta verzijom *Flash*-a 10.1 koji je mnogo bolje iskorišćavao GPU.

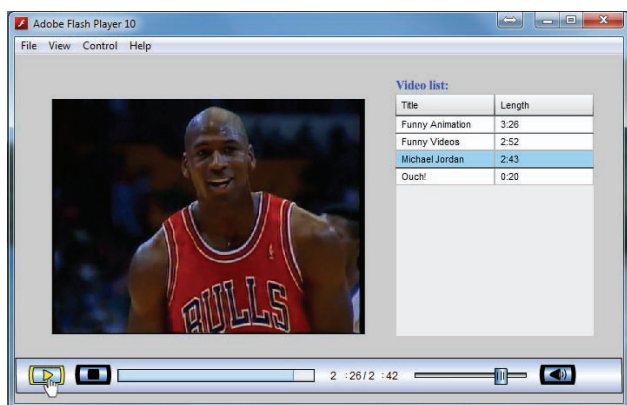
Alat koji se koristi za razvijanje *Flash* aplikacija jeste *Adobe Flash Professional* i uz pomoć njega se mogu praviti aplikacije bilo koje vrste vezane za ovu tehnologiju: veb aplikacije, igre, filmovi, aplikacije za mobilne telefone ili druge slične uređaje. Ovaj alat se

može kupiti u sklopu jedne od raznih kolekcija koje *Adobe* nudi i tu postoji veliki broj alata koji imaju različite namene.

Slično kao i kod *Silverlight* tehnologije, *Flash* takođe nije prihvaćen od strane *Apple* kompanije te nije podržan na njihovim uređajima i isto njegov sadržaj ne može biti indeksiran od strane veb pretraživača.

4.2. Primer rada sa Flash video sadržajem

Zaovu tehnologiju u praktičnom delu ovog rada korišćeno je *Adobe Flash* okruženje i uz pomoć *ActionScript* jezika je napravljen video plejer sa osnovnim funkcionalnostima. Ovaj alat takođe kao i *Visual Studio* ima odličnu podršku za rad sa GUI-jem kao i video komponentom. Takođe, nije bilo potrebno mnogo programiranja i koda koji se tiče funkcionalnosti, a takođe, uz ovaj alat je bilo lako i samostalno kreirati komponente za upravljanje. Ustanovljeno je da *Flash* raspolaže sa velikim brojem različitih funkcionalnosti koje se tiču rada sa video sadržajem. U nastavku je data slika video plejera kreiranog u ovoj tehnologiji:



Slika 2: Video plejer napravljen u Flash tehnologiji

5. HTML5

HyperText Markup Language ili skraćeno *HTML* je vrsta jezika za označavanje i njegova uloga je da opisuje stranice koje imaju strukturu. Međutim, danas je ovaj jezik postao osnova izgradnje veb stranica. Sastoji se od elemenata koji su predstavljeni u vidu tagova i veb pregledači koriste te tagove kao reference da bi interpretirali sadržaj stranice. *HTML5* je najnovija verzija *HTML*-a i donose značajne promene koje se tiču i arhitekture i funkcionalnosti.

5.1. HTML5 tehnologija i rad sa videom

HTML se koristi u veb pregledačima kako bi oni interpretirali tekst, slike i ostale multimedijalne komponente i tako kreirali veb stranicu. Usko povezana tehnologija koja ima ulogu da olakša raspored i vizuelni prikaz *HTML* komponenti jeste *CSS (Cascading Style Sheets)* i danas je nezamislivo praviti bilo kakvu *HTML* stranicu bez nje. Takođe, u velikoj meri koristi se i *JavaScript* jezik koji omogućava unapređenje grafičkog interfejsa i dinamiku veb sajtova.

Nije potrebna instalacija priključka u veb pregledače da bi se koristio *HTML5*. *JavaScript* se razvija brzo i postoje

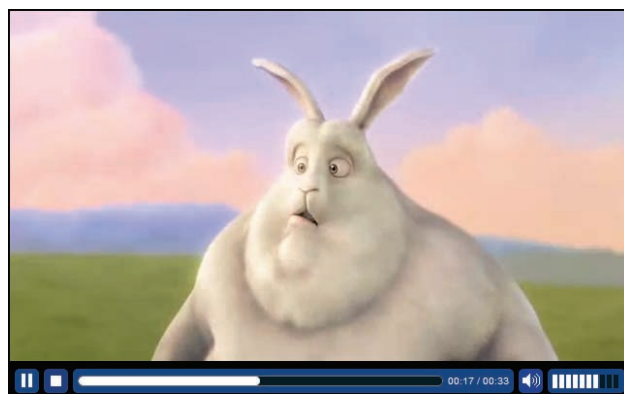
brojne biblioteke kao na primer *jQuery*, koje omogućavaju bogatu funkcionalnost, doduše ne kao u *Silverlight*-u i *Flash*-u. Jedna od velikih prednosti *HTML5* tehnologije je da kao i svaki *HTML*, on može da bude indeksiran i time je pogodan za pretraživačke tehnologije. *HTML5* unosi čak i neke novine koje poboljšavaju ovu funkcionalnost.

Alati za *JavaScript*, *HTML* i *CSS* se brzo razvijaju ali kad se govori o nekim razvojnim okruženjima i bogatijim alatima za razvoj *HTML*-a, još uvek ne postoje dovoljno moćni alati kao što je to slučaj kod *Silverlight* i *Flash* tehnologija.

Sa obzirom da *HTML5* predstavlja tehnologiju koja se ugrađuje u veb pregledače, lako je doći do koda njegovih stranica i *JavaScript*-a tako da je zaštita koda teško izvodljiva. Takođe, za sada ne postoji mogućnost pristupa veb kameri i mikrofONU uz pomoć *HTML5* tehnologije i nema podržavanja za *DRM* u video snimcima.

5.2. Primer rada sa HTML5 video sadržajem

U praktičnom delu ovog rada napravljen je video plejer i u *HTML5* tehnologiji. Kompletan plejer je rađen u *Notepad++* tekstualnom editoru. Za programiranje u ovoj tehnologiji i sa ovakvim alatom bilo je potrebno najviše vremena i koda. GUI se programirao ručno u *HTML* datoteci i uz pomoć *CSS*-a dok se funkcionalnost radila uz pomoć *JavaScript*-a. Za potrebe ovakvog projekta *HTML5* poseduje dovoljno funkcionalnosti da bi bio u rangu sa *Silverlight*-om i *Flash*-om ali u slučaju nekih zahtevnijih multimedijalnih projekata razlika bi bila uočljivija. U nastavku je data slika video plejera kreiranog u ovoj tehnologiji:



Slika 3: Video plejer napravljen u HTML5 tehnologiji

6. UPOREDNE KARAKTERISTIKE SILVERLIGHT, FLASH I HTML5 TEHNOLOGIJE

Ukoliko se uzme u obzir poslednjih godinu dana, *Microsoft* poseduje prosečno oko 66% tržišnog prodora širom sveta sa *Silverlight*-om dok *Adobe* ima 96% sa *Flash*-om. Dok se za *Flash* ovaj broj u poslednjih godinu dana praktično ne menja, *Silverlight* beleži napredak sa nekih 63% na oko 68%. Sa druge strane, *HTML5* je podržan na oko 52% svih trenutno instaliranih verzija veb pregledača i ako se uzme u obzir statistika u poslednjih godinu dana, ovaj broj se konstantno povećava. Posmatranjem najpopularnijih - najkorišćenijih veb pregledača (*I. Explorer*, *Chrome*, *Firefox*, *Safari*, *Opera*,

iOS pregledači) pod Windows i iOS okruženjem, HTML5 je u najboljoj situaciji kad se govori o podržavanju video i audio formata kao i kontejnera. Ovo je posledica toga što je ova tehnologija podržana od strane svih novijih verzija navedenih veb pregledača i trenutno ne postoji specifikacija podržanih kodeka za njupa, jemoguće koristiti npr. i MP4 i OGG i WebM kontejnere. Uz *Flash* je moguće koristiti MP4, AVC, VP6, MP3, FLV, SWF dok *Silverlight* npr. podržava MP4, AVC i ASF.

Pored tipova kontejnera i kodeka koji se mogu koristiti i podržanosti od strane veb pregledača, neke od funkcionalnosti poređenih tehnologija (koje se tiču rada sa video sadržajem) su prikazane u tabeli 1:

Tabela 1: Poređenje tehnologija po funkcionalnostima vezanim za rad sa video sadržajem

Tehnologije/ Funkcionalnost	Silverlight	Flash	HTML5
Web kamera i mikrofon	✓	✓	✗
DRM	✓	✓	✗
Indeksiranje sadržaja	✗	✗	✓
Korišćenje bez instalacije priključka	✗	✗	✓

Treba obratiti pažnju i na mobilne telefone i slične uređaje koji se razvijaju sve brže i brže i imaju sve veći procenat korišćenja. *Silverlight* tu nastupa preko *Windows Mobile* platforme koju trenutno koristi oko 2% ukupnih pametnih telefona dok je *Adobe* uspeo da ubaci *Flash* na 19 od 20 mobilnih telefona grupe originalnih proizvođača (OEM-a). Jedini sa kojima nisu uspeli da se integrišu su *Apple* proizvodi. Međutim, njihovi proizvodi danas drže oko 24% ukupnog svetskog tržišta po pitanju pametnih telefona i ovaj broj se konstatno povećava. Najkorišćeniji operativni sistem koji se nalazi na pametnim mobilnim telefonima u poslednjih godinu dana je *Android* koji danas drži oko 51% tržišta i zbog toga nije mala stvar ukoliko odabrana tehnologija nije podržana na ovoj platformi. *Flash* i HTML5 jesu podržani za razliku od *Silverlight*-a. Pored *Android*-a, HTML5 je moguće koristiti i na *Apple*-ovom *iOS*-u pa kad se saberu procenti, ipak ova tehnologija ima najviše mogućnosti za napredak kad je reč o pametnim telefonima i sličnim uređajima.

7. ZAKLJUČAK

Svaka od predstavljenih tehnologija ne odustaje od svojih proizvoda i ciljeva i pokušava da stvori dominaciju u svom polju na Internetu. Za sada su *Silverlight* i *Flash* vodeće tehnologije u multimedijalnom svetu i imaju malu prednost zahvaljujući godinama i tradiciji ali sa druge strane gledaju da se što više prilagode i prihvate novine koje je uveo HTML5 kako bi se što više osigurali u budućnosti. Jedna od pravih pretnji HTML5 tehnologije proizilazi iz činjenice što bi ona mogla da izbaci potrebu za vlasničkim standardima (*proprietary standards*).

U toku istraživanja razvojnih okruženja za *Silverlight*, *Flash* i HTML5 tehnologije, zaključeno je da su *Silverlight* i *Flash* u daleko boljoj situaciji nego HTML5. *Microsoft Visual Studio* (*Silverlight*) i *Adobe Flash*

(*Flash*) okruženja raspolažu sa velikim brojem funkcionalnosti i tekstualnim editorima koji uz pomoćne alate u mnogo čemu olakšavaju kodiranje i razvoj aplikacija. Srazmerno sa mogućnostima koje pružaju, rastu i cene ovih okruženja. Sa druge strane HTML5 kao jezik nema zvaničan alat za razvoj. Postoji veliki broj editora koji se mogu koristiti za pisanje HTML5 koda, *JavaScript*-a, *CSS*-a i ostalih usko povezanih tehnologija. Među tim editorima ima dosta besplatnih, a mogu se naći i neki koji nude malo veću funkcionalnost za neku manju cenu. U svakom slučaju, te cene su daleko manje nego cene *Microsoft*-ovih i *Adobe*-ovih alata.

Pri poređenju karakteristika koje se direktno tiču rada sa video sadržajem ustanovljeno je da su *Silverlight* i *Flash* tehnologije koje trenutno pružaju malo više funkcionalnosti od HTML5. I *Silverlight* i *Flash* imaju mogućnosti direktnog preuzimanja podataka putem video kamere i mikrofona kao i mogućnost zaštite autorskih prava putem DRM patenta. HTML5 sa druge strane ima prednosti indeksiranja sadržaja i to da prilikom korišćenja njegovog videa nije potrebna instalacija posebnog priključka u veb pregledače.

Po količini funkcionalnosti koje se nude kao i po njihovom kvalitetu, *Flash* možda malo prednjači u odnosu na poređene dve tehnologije jer ipak je on najduže u ovoj priči vezanoj za multimediju i video. Trenutno je i najkorišćeniji, a ima i sredstava da održi ovu dominaciju. *Silverlight* je novija tehnologija ali ipak ima dužu tradiciju od HTML5 tehnologije. Po funkcionalnostima i mogućnostima koje se tiču rada sa video sadržajem, stoji blizu uz *Flash* i pri izboru neke ove dve tehnologije, ključni faktori mogu biti kodeci i formati sa kojima se radi kao i platforma na kojoj treba da se aplikacija izvršava. Takođe, i razvijanje dizajna se može uzeti u obzir.

HTML5 je relativno nedavno ušao u ovu priču sa svojim elementima vezanim za rad sa video komponentom. Za sada ne može da parira po funkcionalnosti, ali zato ima ogroman potencijal za razvijanje kao i podršku od strane velikih sajtova kojima je dovoljno ono što ova tehnologija ima da ponudi.

8. LITERATURA

- [1] Prof. dr D. Ivetić, *Multimedijalni sistemi*, 1st ed, Novi Sad, 2008, pp. 4-6.
- [2] *Adobe*, „*Adobe*“, <http://www.adobe.com>
- [3] *Microsoft*, „*Silverlight 4 System Requirements*“, <http://www.microsoft.com/getsilverlight/locale/en-us/html/installation-win-SL4.html>
- [4] *World Wide Web Consortium*, "4.8.6 The video element – HTML5", <http://www.w3.org/TR/html5/the-video-element.html#video>

Kratka biografija:



Srđan Marošani je rođen u Novom Sadu 1988. god. Diplomski - master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Primenjene računarne nauke i informatika, je prijavio, izradio i odbranio u toku 2012.god.

**DALJINSKO MERENJE TEMPERATURE KORIŠĆENJEM TEMPERATURNOG
PRETVARAČA DS18S20 I ETHERNET MODULA****REMOTE TEMPERATURE MEASUREMENT USING TEMPERATURE CONVERTER
DS18S20 AND ETHERNET MODULE**

Petar Bogić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom projektu realizovan je sistem za daljinsko merenje temperature pomoću četiri senzora DS18S20. Sistem omogućuje praćenje promene temperature u realnom vremenu sa udaljene lokacije putem web stranice, kao i pristup podacima merenih vrednosti, smeštenih u bazu podataka, po zadatom kriterijumu.

Abstract – This project implemented a system for remote temperature measurement using four sensors DS18S20. The system allows monitoring of temperature changes in real time from remote locations via the web site, as well as access to the data of measured values, stored in a database, according to user criteria.

Ključne reči: daljinsko merenje, temperatura, temperaturni pretvarač DS18S20, ethernet, web aplikacija, server, php, MySQL.

1. UVOD

Merni sistem čine senzori (temperaturni pretvarači), PIC mikrokontroler 18F8520 i ethernet modul. Blok šema realizovanog sistema prikazana je na Sl.1.

Temperaturni pretvarači konvertuju temperaturu u digitalni oblik. Digitalni signal se šalje ka mikrokontroleru koji vrednost temperature smešta u buffer ethernet modula odakle se podaci, nakon zahteva, prosleđuju ka serveru.

Na serveru je formirana baza podataka u koju se beleže podaci za svaki senzor pojedinačno. Pored slanja ka serveru vrši se prikaz podataka na LCD-u koji se nalazi u okviru mernog sistema. Korisnik ima mogućnost da preko browser-a na svom računaru i intranet ili internet konekcije pristupi bazi posredstvom web aplikacije formirane u PHP-u. Aplikacija predstavlja sprega za nadgledanje sistema u realnom vremenu kao i pristup ranije zabeleženim podacima.

Senzori su smešteni van sistema na protoboard-u a flet kablom spojeni na port E mikrokontrolera. Svaki senzor se spaja preko zasebnog pina dok je napajanje zajedničko. Na port C je priključena ethernet kartica koja sa mikrokontrolerom komunicira preko SPI spregaa. Ethernet kartica i server su povezani upredenom paricom sa standardnim RJ-45 konektorima. Preko internet ili intranet mreže klijent računar pristupa server računaru.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Platon Sovilj.

2. HARDWARE

Pri realizaciji sistema korišćena je razvojna ploča BIG-PIC5 firme Mikroelektronika koja pored mikrokontrolera sadrži i mnoge druge često korišćene komponente kao što je display, komunikacioni moduli, ulazno/izlazni portovi za konekciju sa spoljašnjim uređajima, taster prekidači i slično.

Ploča takođe sadrži integrisani programer za unos izvršnog programa mikrokontrolera preko USB spregaa što sve skupa znatno olakšava programiranje i realizaciju projekta [1].

2.1 Senzor DS18S20

DS18S20 je digitalni termometar koji na svom izlazu daje merenu vrednost u 16-bitnoj formi, stim što nižih 8 bita predstavlja vrednost temperature a viših 8 bita određuje da li je u pitanju pozitivna ili negativna vrednost. Ovaj pretvarač poseduje i funkciju alarma koji se aktivira ako temperatura padne ispod zadate minimalne vrednosti ili poraste iznad maksimalne zadate vrednosti.

Na Sl. 2 dat je izgled temperaturnog pretvarača i oznaka pinova. Pretvarač ima tri izvoda i smešten je u kućište TO-92.

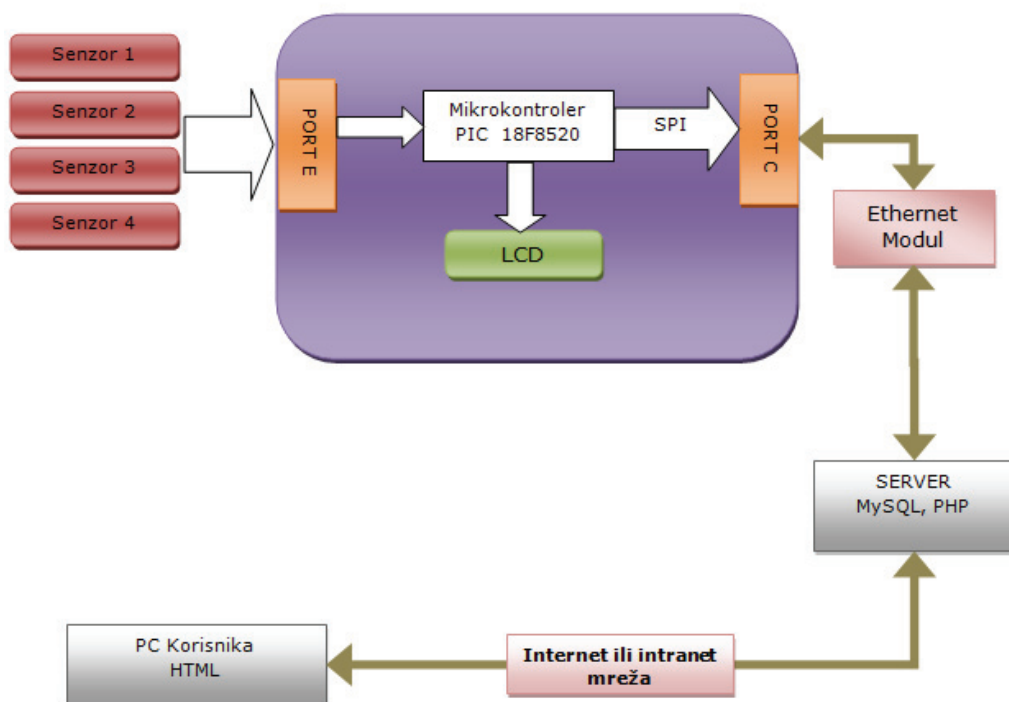
Svaki termometar ima jedinstven 64-bitni serijski kod smešten u ROM memoriju. Kod omogućuje izvršavanje višestrukih funkcija preko samo jedne žice, pa je u sistemima sa više ovakvih senzora dovoljan jedan mikrokontroler koji predstavlja *master* uređaj dok ostali senzori čine *slave* uređaje.

Od 64 bita prvih 8 predstavlja familiju uređaja, sledećih 48 čini jedinstven serijski kod a poslednjih 8 predstavlja kod za proveru (CRC) [2].

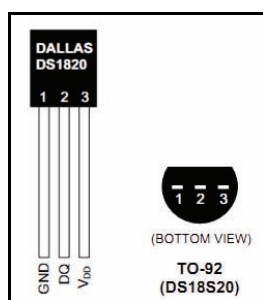
Postoji samo jedna linija za prenos podataka, što sa linijama za napajanje i masu čini ovaj uređaj jednostavnim za povezivanje i korišćenje. Ne zahteva spoljašnje komponente. Napajanje se kreće u intervalu od 3 V do 5.5 V a vreme konverzije iznosi maksimalno 750 ms. Opseg merenja je -55 °C do +125 °C sa tačnošću ± 0.5 °C u opsegu -10 °C do +85 °C.

Kao što je već rečeno svaki senzor je spojen na zaseban pin tako da mikrokontroler komunicira sa svakim pojedinačno koristeći ROM funkcije i funkcije senzora DS18S20.

Komande ROM-a omogućuju određivanje broja uređaja na magistrali i utvrđivanje njihovog tipa a funkcije senzora omogućuju čitanje i upis scratchpad memorije, inicijalizaciju temperaturne konverzije i određivanje moda napajanja senzora.

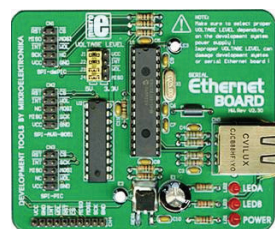


Slika 1. Blok šema realizovanog sistema.



Slika 2. Izgled temperaturnog pretvarača DS18S20.

podržava SPI komunikaciju sa mikrokontrolerom (Serial Peripheral Interface). Njegova namena je kontrola mrežnog spregaa.



Slika 3. Ethernet kartica.

2.2 Ethernet modul

Slanje podataka sa mernog sistema preko ethernet mreže omogućeno je upotrebom ethernet modula. Ethernet spada u najčešće korišćene mrežne arhitekture. Omogućuje višestruki pristup upotrebom CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) mrežne tehnike. CSMA/CD tehnika podrazumeva da računar na mreži osluškuje trenutno stanje i tek kada mreža postane slobodna pristupa slanju svojih podataka. Ako u isto vreme još jedan računar šalje podatke dolazi do sudara. Računar to detektuje i prekida slanje dok linija ne bude slobodna. Postoji nekoliko varijanti ethernet-a u zavisnosti od brzine i tipa mrežnih kablova. Za realizaciju ovog projekta korišćen je mrežni kabl tipa 10BASE-T maksimalne brzine prenosa 10Mb/s, prenos podataka vrši se u osnovnom opsegu (BASE) a medijum prenosa je upletena parica (T) maksimalne dužine 100m. Kablom je spojen ethernet modul i server računar.

Pri realizaciji sistema korišćena je gotova ethernet kartica firme Mikroelektronika koja omogućuje razmenu podataka između mernog sistema i servera [3]. Izgled kartice prikazan je na Sl. 3.

Server računar takođe ima svoju ethernet karticu (mrežnu karticu) za prijem i slanje podataka. Kartica prikazana na Sl. 3 sadrži ENC28J60 samostalni ethernet kontroler koji

3. PROGRAMSKA PODRŠKA

Programska podrška je podeljen na dva dela, deo koji se izvršava u mikrokontroleru i deo koji se izvršava na serveru. Rad mikrokontrolera se svodi na očitavanje vrednosti temperatura sa senzora, prikaz temperature na LCD-u i slanje vrednosti temperature preko ethernet modula ka serveru nakon primljenog zahteva. Server omogućuje prosledjivanje zahteva i prijem vrednosti temperature koju šalje ethernet modul (merni sistem), prikaz te vrednosti u browser-u računara korisnika, upisivanje u bazu i pregled podataka iz baze. Kod za PIC mikrokontroler je implementiran pomoću kompajlera mikroPascal firme Mikroelektronika [4]. MikroPascal je integrisano razvojno okruženje koje sadrži biblioteku namenskih funkcija za razne module, što olakšava programiranje i realizaciju ovog sistema.

3.1 Inicijalizacija mernog sistema

Prvo se konfiguriše SPI sprega za komunikaciju mikrokontrolera i ethernet modula. Da bi došlo do razmene podataka između servera i mernog sistema putem ethernet-a, moramo podesiti parametre ethernet modula i parametre mreže.

Inicijalizacijom kontrolera ENC28j60 podešavamo: adresu porta reset signala (PORTC), reset pin (0), adresu porta čip selekt signala (PORTC), čip selekt pin (1), buffer RAM memorije koji sadrži validnu MAC adresu (Media Access Control address), buffer RAM memorije koji sadrži validnu IP adresu (Internet Protocol Address), full duplex mod.

Nakon inicijalizacije SPI spregaa i ethernet modula dodeljujemo mrežne parametre: IP gateway-a, network masku i DNS (Domain Name Server).

3.2 Procesiranje komandi

Nakon inicijalizacije hardware-a implementirane su sve funkcije za procesiranje primljenih komandi. Najvažnija funkcija je SPI_Ethernet_userTCP koja se modifikuje prema sopstvenim potrebama i zahtevima. U okviru te funkcije realizovane su sledeće operacije.

3.2.1 Temperaturna konverzija

Realizacija temperature konverzije ostvarena je upotrebom ranije pomenutih funkcija ROM-a i funkcija senzora. Mikrokontroler koristi funkciju 0xCC da adresira istovremeno sve uređaje koji se nalaze na bus-u, u ovom slučaju postoji samo jedan DS senzor na jednoj liniji. Funkcija 0x44 inicijalizuje temperaturnu konverziju. Nakon konverzije merena vrednost temperature se smeša u 2-bajtni registar scratchpad memorije. Pomoću funkcije 0xBE mikrokontroler preuzima podatke scratchpad memorije. Postupak se ponavlja za svaki senzor pojedinačno. Nakon temperature konverzije svih senzora vrednost temperature se konvertuje u string koji se šalje ka serveru nakon upućenog zahteva.

3.2.2 Prikaz na LCD-u

LCD omogućuje prikaz u dva reda po 16 karaktera tako da se u prvom redu ispisuju vrednosti senzora 1 i 2 a u drugom senzora 3 i 4 u formi Sx_00.0. DS18S20 daje vrednost temperature sa tačnošću od 0.5 C° pa je decimalni ostatak xx.0 ili xx.5.

3.2.3 Slanje ka serveru

Merni sistem odgovara samo na GET zahteve i samo na zahteve upućene na port 80. Ako je taj uslov ispunjen pristupa se konverziji predhodno izmerene temperature u string i slanje stringa ka serveru. Zahteve upućuje server nakon zahteva korisnika.

3.3 PHP

Realizacija aplikacije u PHP-u i baze MySQL-u omogućena je instalacijom odgovarajućeg programska podrška-a. WampServer pretstavlja razvojno WEB okruženje za Windows platformu [5]. Instalacijom ovog programska podrška-a omogućeno je kreiranje WEB aplikacije pomoću Apache2 serevera, PHP-a i MySQL baze podataka.

U PHP-u je realizovana aplikacija, odnosno, dinamička WEB stranica, koja predstavlja interakciju korisnika i server računara. Trajno čuvanje podataka na serveru omogućeno je formiranjem baze podataka u MySQL-u pod nazivom "temp" i četiri tabele za upis merenih vrednosti temperature. Svaka tabela sadrži tri kolone, id_t – redni broj merenja tipa int, t – vrednost merenja tipa float i datum – trenutni datum upisivanja podataka u bazu

u formi YYYY-MM-DD HH:MM:SS. PHP predstavlja posrednika između korisnika i baze podataka i omogućuje otvaranje baze, upis i čitanje podataka, kao i komunikaciju sa ethernet modulom. Nakon kreiranja baze i aktiviranja Wamp servera, korisnik preko browser-a i adrese "localhost/index_e.php" pristupa realizovanoj WEB aplikaciji.

3.4 Razmena podataka

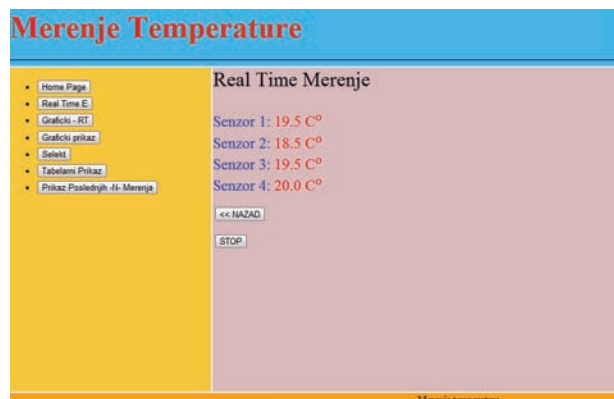
Razmena podataka između servera i mernog sistema počinje slanjem zahteva od strane servera ka mernom sistemu. Ethernet modul sadrži IP adresu na koju server upućuje zahtev. Merni sistem vrši kontinualnu proveru stanja porta 80. Ako utvrdi da je prosleđen zahtev od strane servera, merni sistem realizuje temperaturnu konverziju a rezultat, neposredno nakon konverzije, šalje ka serveru. Server prihvata podatke, konvertuje iz stringa u brojeve, vrši prikaz rezultata u browser-u, po zadatom kriterijumu korisnika, a zatim podatke beleži u predhodno formiranu bazu. Ovaj ciklus se ponavlja svaki put nakon upućenog zahteva.

Server računar prosleđuje zahtev ka mernom sistemu tek kada dobije zahtev od strane korisnika. Korisnik preko WEB alikacije (formirane na serveru) prosleđuje zahtev ka serveru. Server zatim upućuje zahtev ka mernom sistemu. Merni sistem šalje merene vrednosti ka serveru koji te podatke prosleđuje u vidu html stranice ka korisniku stim što u svakom ciklusu te podatke beleži u bazu podataka.

4. SERVERSKA APLIKACIJA

Korisnik ima na raspolaganju nekoliko funkcija za prikaz rezultata merenja. Dostupne funkcije su: Real Time, Grafički RT, Grafički prikaz, Tabelarni prikaz, Selekt, Prikaz poslednjih N merenja.

Klikom na "Real Time Merenje" otvara se stranica koja prikazuje check box listu senzora. Nakon izbora bar jednog senzora otvara se druga stranica sa START dugmetom. Klikom na dugme, u aplikaciji se ispisuju rezultati merenja. Svake 4 sekunde stranica se automatski učitava a ispis novih rezultata se nastavlja u realnom vremenu. Mikrokontroler odgovara na poziv servera svaki put kada se stranica učita. Korisnik ima mogućnost povratka na predhodnu stranicu i izbor drugih senzora, a pritiskom na dugme STOP merenje u realnom vremenu se zaustavlja. Prikaz aplikacije dat je na Sl. 4 gde su selektovana sva četiri senzora.

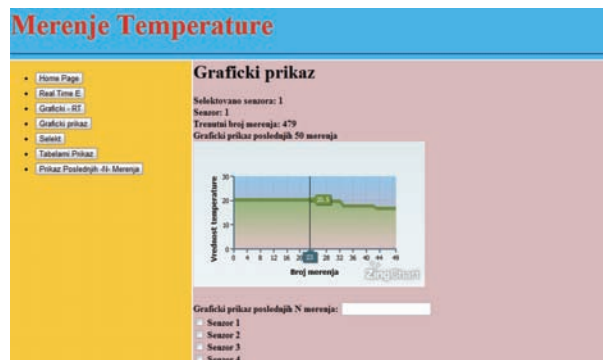


Slika 4. Real time merenje.

"Graficki RT" vrši grafički prikaz poslednjih N merenja odabranog senzora. Merenje se realizuje u realnom vremenu. Korisnik vrši izbor senzora i broj tačaka prikaza. Nakon svake 4 sekunde stranica se automatski učitava. Omogućen je povratak na predhodnu stranicu i stopiranje procesa merenja. Prikaz je moguć samo ako se selektuje jedan senzor i zada broj merenja, u protivnom se ispisuje obaveštenje. Pored grafika, dat je i trenutni broj izvršenih merenja za odabrani senzor. Grafički prikaz merenja prikazan je na Sl. 5.

"Poslednjih N merenja" vrši prikaz podataka kroz tabele. Nakon izbora senzora i broja merenja podaci se prikazuju u tabelama. Pored vrednosti merenja dat je redni broj merenja i datum upisa podataka u bazu. Takođe se prikazuje broj selektovanih senzora i ukupan broj merenja za pojedine senzore. Na Sl. 6 prikazana je primena opisane funkcije gde je selektovan senzor 2 i senzor 4 a broj posmatranih tačaka je 10.

Ostale funkcije Grafički prikaz, Tabelarni prikaz i Selekt prikazuju podatke ali ne u realnom vremenu. Podaci se preuzimaju direktno iz baze podataka po zadatom kriterijumu.



Slika 5. Grafički prikaz real time merenja.

SENZOR : 2			SENZOR : 4		
Broj merenja: 306			Broj merenja: 306		
Id	Temp (C°)	Datum	Id	Temp (C°)	Datum
297	17.0	2012-04-12 10:35:00	297	16.5	2012-04-12 10:35:00
298	17.0	2012-04-12 10:35:04	298	16.5	2012-04-12 10:35:04
299	17.0	2012-04-12 10:35:09	299	16.5	2012-04-12 10:35:09
300	17.0	2012-04-12 10:35:13	300	16.5	2012-04-12 10:35:13
301	17.0	2012-04-12 10:35:18	301	16.5	2012-04-12 10:35:18
302	17.0	2012-04-12 10:35:22	302	16.5	2012-04-12 10:35:23
303	17.0	2012-04-12 10:35:27	303	16.5	2012-04-12 10:35:27
304	17.0	2012-04-12 10:35:32	304	16.5	2012-04-12 10:35:32
305	17.0	2012-04-12 10:35:36	305	16.5	2012-04-12 10:35:36
306	17.0	2012-04-12 10:35:41	306	16.5	2012-04-12 10:35:41

Slika 6. Prikaz poslednjih N merenja.

5. ZAKLJUČAK

Opisani sistem je testiran na jednom računaru koji u isto vreme predstavlja i računar korisnika i računar servera (Wamp server simulira rad servera). Za upotrebu ovog sistema u zaista udaljenim merenjima, bilo bi dovoljno instalirati serversku aplikaciju na posebnom računaru u okviru intranet ili internet mreže i takođe bi bilo moguće pristupiti aplikaciji sa bilo kog drugog (udaljenog) računara unutar mreže.

Na kraju treba reći da sistem daljinskog merenja i nadgledanja temperature svakako može biti unapređen i modifikovan prema određenim potrebama. Npr. umesto merenja temperature, prikazanim sistemom, možemo meriti bilo koju drugu veličinu ako obezbedimo odgovarajući pretvarač koji na svom izlazu daje električnu veličinu pogodnu za merenje, jer princip prenosa podataka sa mernog sistema preko ethernet-a ostaje isti kao i realizacija baze podataka i serverske aplikacije. Aplikaciju je takođe moguće doraditi u skladu sa drugim zahtevima za obradu podataka, prikaz podataka i za izgled spregaa.

6. LITERATURA

- [1] Mikroelektronika, *Programska podrška and Hardware Solutions for Embedded World (BIG_PIC5 User's Manual)*, 2008
- [2] Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 408- 737 – 7600, "DS18S20 High-Precision 1-Wire Digital Thermometer", 2008
- [3] Microchip Technology Incorporated, "Stand-Alone Ethernet Controller with SPI Interface", 2006
- [4] Mikroelektronika, *MikroPascal user's manual*, 2008
- [5] <http://php.net/manual/en/index.php>, Cay S. Horstmann, Gary Cornell, "Guide to PHP and MySQL", Danville IL, december 2004

Kratka biografija:



Petar Bogić rođen je u Sremskoj Mitrovici 1985. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Instrumentacija i merenje odbranio je 2012.god.

PRIMENA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE U REGULACIJI DC/AC PRETVARAČA

THE APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE REGULATION OF DC/AC INVERTER

Ervin Barši, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U okviru rada je izvršeno upoznavanje sa značajem i pogodnostima koje pruža korišćenje uređaja za neprekidno napajanje (Uninterruptible Power Supply), kao i sa najčešćim izvedbama i komponentama samog uređaja. Nakon upoznavanja sa samim modelom UPS uređaj projektovani su PID regulator i regulatori na osnovu fuzzy logike i veštačkih neuronskih mreža. Vršena je simulacija regulacije izlaznog napona pomoću sva tri regulatora pri identičnim parametrima simulacije i istim potrošačem.

Regulacija izlaznog napona se vrši tako što se na osnovu signala greške i brzine promene signala greške generiše signal koji direktno utiče na funkcionisanje invertorskog mosta UPS uređaja. Dat je kratak pregled rezultata bez regulacije kao i uporedni rezultati korišćenjem sva tri različita regulatora. Rezultati su prikazani grafički i tabelarno kao najveća i prosečna greška tokom simulacije.

Abstract – This paper presents introduction to the importance and benefits provided by the use of devices for Uninterruptible Power Supply, as well as with common designs and components of the device. After getting acquainted with this model of the UPS device, designed the PID controller and the controllers based on fuzzy logic and artificial neural networks. Performed a simulation of the output voltage regulation by all three regulators for identical simulation parameters and the same load. Output voltage regulation is performed by signal generated in regulator causing error signal and speed of change error signal. That signal directly affect the functioning of the inverter bridge of UPS. A brief overview of the results without regulation and comparative results using three different controllers. Results are presented graphically and in tabular form as the largest error and the average error during the simulation.

Ključne reči: Uninterruptible Power Supply, uređaj neprekidnog napajanja, inverter, PWM, regulator, PID, veštačke neuronske mreže, fuzzy logika.

1. UVOD

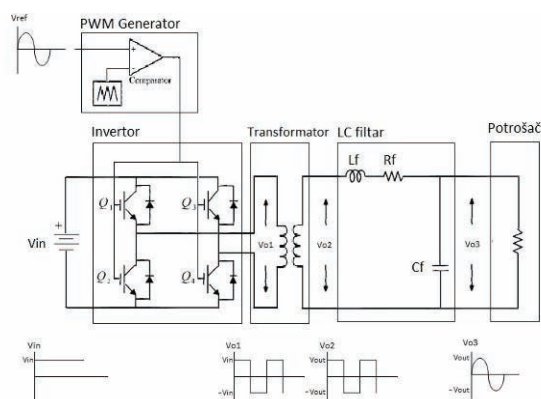
UPS je uređaj koji obezbeđuje neprekidno napajanje potrošača u slučaju nestanka električne energije.

NAPOMENA:

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

Osim primarne namene obezbeđivanja neprekidnog napajanja, UPS treba da štiti potrošača i od drugih neželjenih promena mrežnog napona kao što su: Podnapon, prenapon, udar, šum, isključenje. Iako se u praksi sreću različite izvedbe i podele UPS uređaja, njihova osnovna struktura je uvek ista tako da funkcionišu na približne načine.[1] Tipičan UPS se sastoji od:

- ❖ Izvora jednosmernog napajanja (akumulatora)
- ❖ PWM generatora
- ❖ Invertora
- ❖ Transformatora
- ❖ LC filtra[2]



Slika 1. Blok šema uređaja neprekidnog napajanja

Na slici 1. je prikazana blok šema UPS uređaja sa komponentama uređaja i izgledima signala.

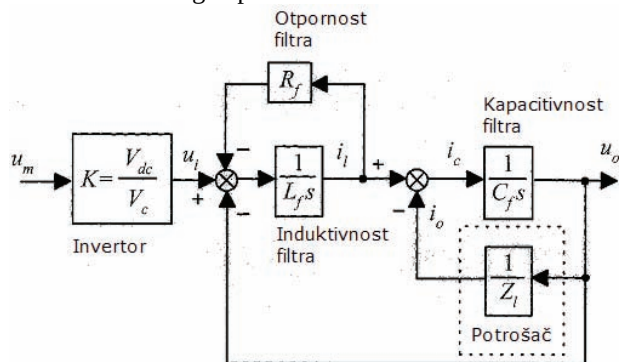
Postoji nekoliko faktora koji određuju optimalni UPS uređaj za sistem kome treba obezbediti neprekidno napajanje, a to su: nivo pouzdanosti, nivo raspoloživosti, tip opreme koji će se priključiti, priroda radnog okruženja. Obzirom na različite performanse izdvajaju se tri osnovna dizajna UPS uređaja:

- ❖ Standby UPS (Offline)
- ❖ Line Interactive UPS (Continuous)
- ❖ On-Line UPS (Double Conversion)[3]

2. MODEL UREĐAJA NEPREKIDNOG NPAJANJA

Prilikom napajanja nelinearnog potrošača sa UPS-a, unošenje harmonika u napon napajanja izbacuje u prvi plan jednu veoma nepovoljnu činjenicu standardnog modela uređaja za neprekidno napajanje, a to je nepostojanje povratne sprege. To nepostojanje povratne sprege u modelu govori o tome da na ulazu uređaja

neprekidnog napajanja ne postoji informacija o trenutnoj vrednosti izlaznog napona.



Slika 2. Simulink linearni model uređaja za neprekidno napajanje

Na slici 2. je prikazan uprošćen linearni model UPS-a koji se može koristiti da bi se postigao dobar dinamički odziv i niska ukupna harmonička distorzija napona pri napajanju linearnih potrošača. U ovom modelu je PWM generator modelovan proporcionalnim blokom čije je pojačanje jednako količniku vrednosti napona akumulatorskog napajanja i maksimalne vrednosti referentnog trougaonog napona (V_{dc}/V_c). U tabeli 1. nalaze se vrednosti parametara ovog modela.

Tabela 1. Vrednosti elemenata modela sistema

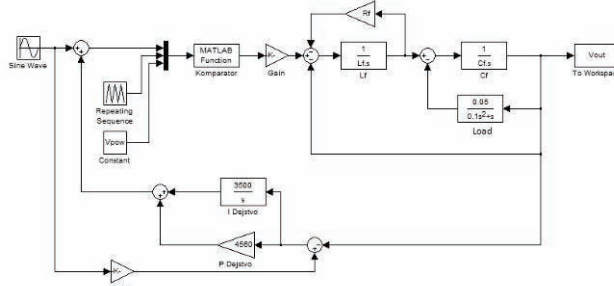
Naziv signala	Oznaka	Vrednost	Jedinica
Napon napajanja	V_{pow}	12	V(=)
Trougaoni napon	V_{tr}	12	V
Frekvencija trougaonog napona	f_t	25	kHz
Induktivnost filtera	L_f	0,6	mH
Kapacitivnost filtera	C_f	3,6	mF
Otpornost filtera	R_f	0,07	Ω
Izlazni napon	V_{out}	220	V(~)
Frekvencija izlaznog napona	f_{out}	50	Hz

Ovakva šema se suštinski razvila iz teorije kontrole napona lineranih potrošača. Iako su performanse ovog kola dobre, složeni algoritmi i teški računski zahtevi onemogućuju implementaciju za nelinearne potrošače.[4] Zato se poslednjih godina sve više koristi veštačka inteligencija koja ima za cilj omogućavanje nesmetanog rada nelinearnih potrošača napajanih sa UPS-a i prilikom toga nizak stepen distorzije napona.

3. REGULACIJA PID REGULATOROM

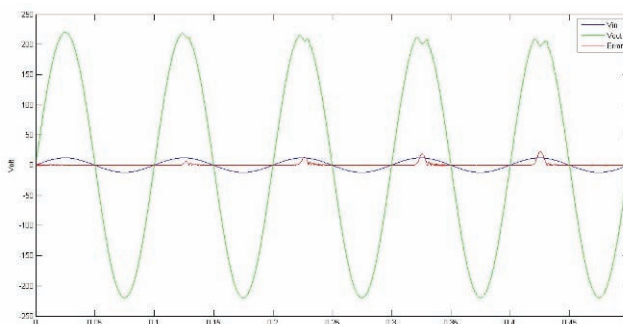
PID regulator zahteva dosta malih podešavanja da bi se dobio brz i dinamički prihvatljiv odgovor. Dizajn modela regulacije zahteva kompletan matematički model sistema što uključuje i linearizaciju unutar ograničenog opsega regulacije. Uvođenjem povratne sprege omogućava se dobijanje signala greške, koji se dalje koristi kao ulazna vrednost PID regulatora. Čak i pored veoma dobrih performansi ovaj model, prikazan na slici 3., se ne može

koristiti pod uslovima ekstremnih opterećenja, kada se unose izobličenja nelinearnih potrošača.



Slika 3. Model sistema pri regulaciji izlaznog napona PID regulatorom

Problem izobličenja pri linearnim potrošačima se može uspešno rešiti PI regulatorom, međutim anomalije koje nelinearni potrošač unese u kolo se ne mogu rešiti PI regulatorom.



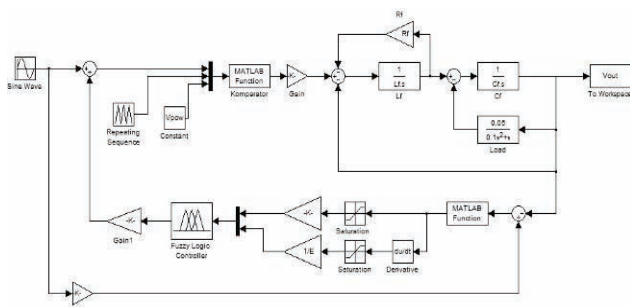
Slika 4. Rezultati regulacije izlaznog napona PID regulatorom (nelinearni potrošač)

Sa slike 4. se jasno vidi da se i pored opsežnog podešavanja parametara regulacije PI regulatora ne dobijaju zadovoljavajući rezultati. Zbog harmonika koje unose nelinearni potrošači, PI regulator ne uspeva da izreguliše unete anomalije tako da se na grafiku primećuje da ta greška dostiže čak i vrednosti od 20V što je neprihvatljivo.

4. REGULACIJA POMOĆU FUZZY LOGIKE

Rasplinuta (fuzzy) logika je nadskup konvencionalne (Bulovske) logike koja je proširena tako da podržava koncept parcijalne istinitosti – istinitosne vrednosti između “potpune istine” i “potpune neistine”. Teorija fuzzy skupova kao fundamentalno nov pojam uvodi kontinualnu funkciju pripadnosti $\mu_A(x)$. Ova funkcija pokazuje koliko $x \in X$ ispunjava uslov pripadnosti skupu A. U klasičnoj teoriji ona može da ima jednu od dve vrednosti, 1 i 0, tj. element pripada i l i ne pripada skupu A. [5]

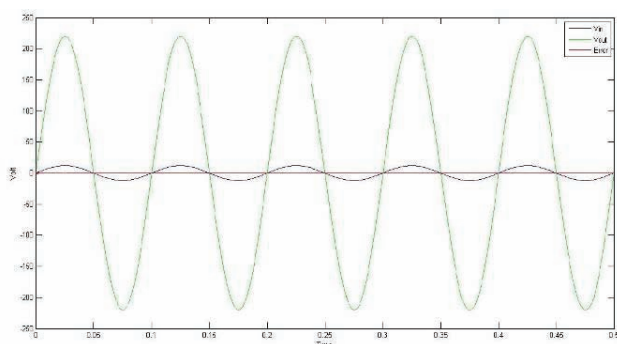
Fuzzy logika savladava probleme na koje nailazi konvencionalni matematički aparat pri razvoju i analizi složenih sistema. Za razliku od konvencionalnih regulatora fuzzy regulator ne zahteva matematički model sistema koji se kontroliše.[6] Ovaj kontroler pri regulaciji napona daje izuzetno dobre rezultate i za linearne kao i nelinearne potrošače.



Slika 5. Model sistema pri regulaciji izlaznog napona Fuzzy regulatorom

Ulazi u regulator su signal greške i prvi izvod signala greške, što se vidi na slici 5.

Na taj način se regulatoru „saopštava“ trenutna greška kao i brzina njene promene.



Slika 6. Rezultati regulacije izlaznog napona Fuzzy regulatorom (nelinearni potrošač)

Bez obzira što za regulaciju pomoću ovog tipa regulator nije potrebno poznavanje matematičkog modela sistema niti rešavanje komplikovanih matematičkih izraza, prilikom napajanja nelinearnih potrošača dobijaju se zadovoljavajući rezultati prikazani na slici 6.

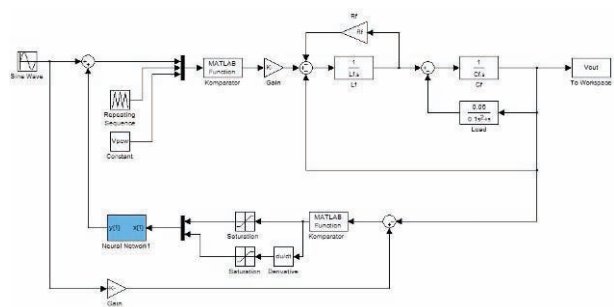
5. REGULACIJA POMOĆU VEŠTAČKIH NEURONSKIH MREŽA

Jedno od zastupljenijih rešenja regulatora za UPS uređaje koje smanjuje izobličenja izlaznog napona pri napajanju nelinearnih potrošača je svakako regulator na osnovu veštačkih neuronskih mreža (VNM). Offline obuka se primenjuje pri konfiguraciji regulatora kako bi se obezbedio brz odziv regulatora pa samim tim i dobra regulacija u prelaznom režimu.

Ukoliko se opterećenje može predvideti onda se može dizajnirati regulator na osnovu izobličenja koja on unosi. U ovom rešenju regulator ima strukturu 2-4-1 (dva ulaza, 4 čvora u skrivenom sloju i jedan izlaz). Čvorovi na skrivenom sloju imaju sigmunoidnu funkciju prenosa, a izlazni čvor ima linearnu funkciju prenosa.

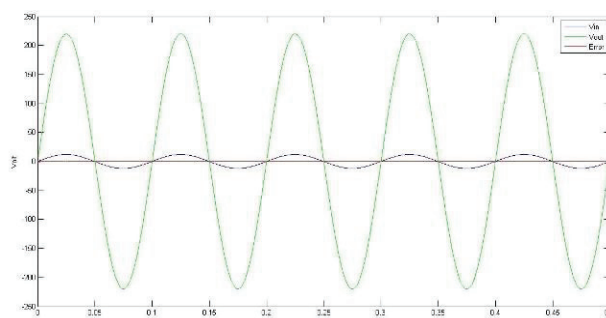
Obuka neuronske mreže se vrši automatskim računarskim programom što predstavlja učenje mreže nasumično izabranih obrazaca uzetih iz obučavajućeg skupa, veliki broj puta.

Ulazi u regulator su signal greške i prvi izvod signala greške, na osnovu kojih regulator generiše upravljači signal.



Slika 7. Model sistema pri regulaciji izlaznog napona VNM regulatorom

Na slici 7. je prikazan regulacioni model UPS uređaja sa VNM regulatorom.



Slika 8. Rezultati pri regulaciji izlaznog napona VNM regulatorom (nelinearni potrošač)

Slika 8. jasno pokazuje da se uz regulaciju napona pomoću veštačkih neuronskih mreža može dobiti veoma dobra regulacija. Uz maksimalnu grešku od 1V što predstavlja 0.45% od željene vrednosti. Za prikazane potrebe napajanja elektromotora naizmenične struje dobijeni rezultati su zadovoljavajući. Prednost veštačkih neuronskih mreža je njihova sposobnost da uče. Mreže su u stanju da pronađu veze između pojava koje izmiču ljudskom intelektualnom aparatu potpomognutom klasičnim softverskim alatima.

Dobijeni rezultati izlaznog napona UPS uređaja pri regulaciji Fuzzy i VNM regulatorima su zadovoljavajući i mogu se koristiti u rešenjima otklanjanja unetih anomalija od strane nelinearnih potrošača. Koji će se regulator koristiti u UPS-u određuje se na osnovu poznavanja matematičkog modela sistema, prirode signala i mogućnosti formiranja obučavajućeg skupa.

Tabela 2. Najveća greška tokom simulacije

Maksimalna Greška	[%]	[V]
Fuzzy	0.6649	0.3022
Veštačka Neuronska Mreža	0.6570	0.2986

Tabela 3. Prosečna greška tokom simulacije

Prosečna greška	[%]	[V]
Fuzzy	0.0085	0.0189
Veštačka Neuronska Mreža	0.0057	0.0126

Rezultati su predstavljeni u tabeli 2. i tabeli 3. i govore da je regulacija zadovoljavajuća bez obzira da li se koristi regulator izveden na osnovu fuzzy logike ili veštačkih neuronskih mreža. Greške koje se javljaju su zanemarive. Ukoliko ni ovako postignuti rezultati nisu dovoljno dobri za osetljive aparate koji se napajaju preko ovakvog UPS-a, greške se mogu smanjiti dodatnim podešavanjem regulatora ili eventualnim ubacivanjem kola za dodatnu obradu signala.

6. ZAKLJUČAK

Svedoci smo veoma čestih prekida napajanja i sveopšte krize u snabdevanju električnom energijom. Tako da veoma često i u prisustvu mrežnog napajanja kvalitet istog nije zadovoljavajući.

U ovom radu su projektovani PID, VNM i Fuzzy regulatori pomoću kojih se vršilo upravljanje radom invertora UPS-a i na taj način vršila regulacija izlaznog napona. Rezultati su pokazali totalnu nadmoć Fuzzy logike i veštačkih neuronskih mreža nad PID regulatorom i/ili UPS uređajem bez ikakve regulacije pri napajanju nelinearnih potrošača.

Veoma česti zahtevi potrošača za neprekidnim napajanjem bez ikakvih anomalija koja im mogu nauditi u prvi plan ističu značaj regulatora izlaznog napona UPS-a. Porastom osetljivosti potrošača tj. smanjenjem tolerancije na smetnje u napajanju mogu se očekivati sve kompleksniji i „inteligentniji“ regulatori. Budućnost svakako pripada uređajima neprekidnog napajanja i veštačkoj inteligenciji.

7. LITERATURA

[1] „Power Conversion“
<http://www.powerconversion.co.rs/ups-uredjaji/ups-uredjaji.html>

[2] „UPS – osnovni principi rada, karakteristike i pojmovi“
<http://arhiva.elitesecurity.org/t71090-UPS-osnovni-principi-rada-karakteristike-pojmovi>

[3] Neil Rasmussen, „The Different Types Of UPS Systems“, Maj 2004. godine.

[4] N. Bhoopal, G. Venu Madhav, „Neural and Neuro-Fuzzy Controllers for UPS Inverter Applications“, Institute of Technology, Dept. of EEE, Narsapur, Medak, Andhra Pradesh, India, Novembar 2009. godine.

[5] MGE UPS Systems, „UPS Theory & Operation“.
<http://www.infobatt.com/zip/05/Ups%20Technical%20Overview.pdf>

[6] A. Chitra, T. Meenakshi, J. Asha, „Fuzzy logic controller for cascaded H-bridge multi level inverter“, I.F.E.T. College of Engineering, India, Februar 2011. godine.

Kratka biografija



Ervin (Petar), Barši, rođen je u Zrenjaninu, 10.10.1987. godine. Završio je srednju Elektrotehničku i građevinsku školu „Nikola Tesla“ u Zrenjaninu, smer „Elektrotehničar automatike“ 2006. godine i upisao osnovne akademske studije na Fakultetu Tehničkih Nauka u Novom Sadu. Osnovne akademske studije na smeru Računarstvo i automatika – Automatika i upravljanje sistemima, završio je 2010. godine.

PROJEKTOVANJE POJAČAVAČA ZA MERENJE EKG SIGNALA AMPLIFIER DESIGN FOR THE MEASUREMENT OF ECG SIGNAL

Milan Milakara, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast - ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Ovaj rad polazi od dizajna EKG pojačavača predloženog od strane Texas Instruments-a. Analizirani su njegovi funkcionalni blokovi i objašnjen način i svrha dodavanja zaštitnih komponenti proširenom dizajnu pojačavača. Prikazana su merenja pomoću kojih je određena ulazna impedansa i zavisnost pojačanja od frekvencije kao i CMRR pojačavača realizovanog na osnovu proširenog dizajna.

Abstract – This paper starts from the ECG amplifier design proposed by Texas Instruments. The amplifier functional blocks are analyzed and the way and purpose of adding protective components in the expanded amplifier design are explained. The paper shows measurement results used to determine input impedance, the amplification versus frequency and CMRR of the amplifier realized on the basis of the extended design.

Ključne reči: pojačivači, napon, rezultati testiranja.

1. UVOD

EKG uređaj ima najširu primenu u medicini, za proveru zdravstvenog stanja i za dijagnostikovanje anomalija u radu srca. Međutim, sa digitalizacijom EKG aparata, njegova veličina je drastično smanjena na veličinu sata ili mobilnog aparata, pa se mogu koristiti i za praćenje srčanih aktivnosti pri raznim fizičkim naporima, odnosno u raznim rekreativnim, sportskim i drugim aktivnostima. Radi upoznavanja sa osnovnim principima rada EKG pojačavača, u ovom radu je predstavljen dizajn pojačavačkog dela EKG uređaja [1], proširenje postojeće strukture pojačavača i prikazan deo eksperimentalnih merenja.

2. POLAZNA I REALIZOVANA STRUKTURA ELEKTROFIZIOLOŠKOG POJAČAVAČA

Pri razvoju elektrofiziološkog pojačavača korišćena je šema EKG pojačavača firme „Texas Instruments” [1], koja je u blokovima prikazana na slici 1. a potom je opisan princip rada i uloga svakog bloka, nakon čega je opisana modifikacija dizajna pomenutog pojačavača, tako što su osnovnom dizajnu dodate komponente za zaštitu, dodatno filtriranje i napajanje.

1) PREPOJAČAVAČKI BLOK

Zbog potrebe za visokom ulaznom impedansom i potiskivanjem zajedničkog napona, koristi se blok

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. Platon Sovilj.

označen na slici 1. koji se sastoji od instrumentacionog pojačavača (IP-a) INA326, dva otpornika od po $R_1 = 40 \text{ k}\Omega$ kojima se reguliše pojačanje razlike signala (reda mili ili mikro volti) dovedenih na ulaze, otpornika vrednosti $R_2 = 200 \text{ k}\Omega$ i kondenzatora vrednosti 750 pF , pomoću kojih se takođe definiše pojačanje. Vrednost pojačanja ovog pretpojačavačkog bloka iznosi 5 puta.

2) VF FILTER

Operacioni pojačavač OPA2335 sa otpornikom $R=3.2 \text{ M}\Omega$ i kondenzatorom $C=1\mu\text{F}$ čini kolo za integraljenje odnosno integrator. Njegova uloga je da posebno potisne jednosmernu komponentu u kolu odnosno sve frekvencije niže od $0,5 \text{ Hz}$. Granična frekvencija ovog dela kola se računa po formuli

$$f = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 3.2 \cdot 10^6 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6}} \quad (1)$$

i iznosi $f = 0,497 \text{ Hz}$.

3) POJAČAVAČKI BLOK

Pojačavački blok je sačinjen od operacionog pojačavača OPA2335, otpornika $R_1=1\text{M}\Omega$, $R_2=5\text{k}\Omega$ i kondenzatora $C=0.0015\mu\text{F}$. Dati operacioni pojačavač sa otpornicima R_1 i R_2 formira invertujući pojačavač čije pojačanje iznosi $G = \frac{1 \text{ M}\Omega}{5 \text{ k}\Omega} = 200$ puta. Ovaj blok ima ulogu i NF filtriranja.

4) DRL KOLO

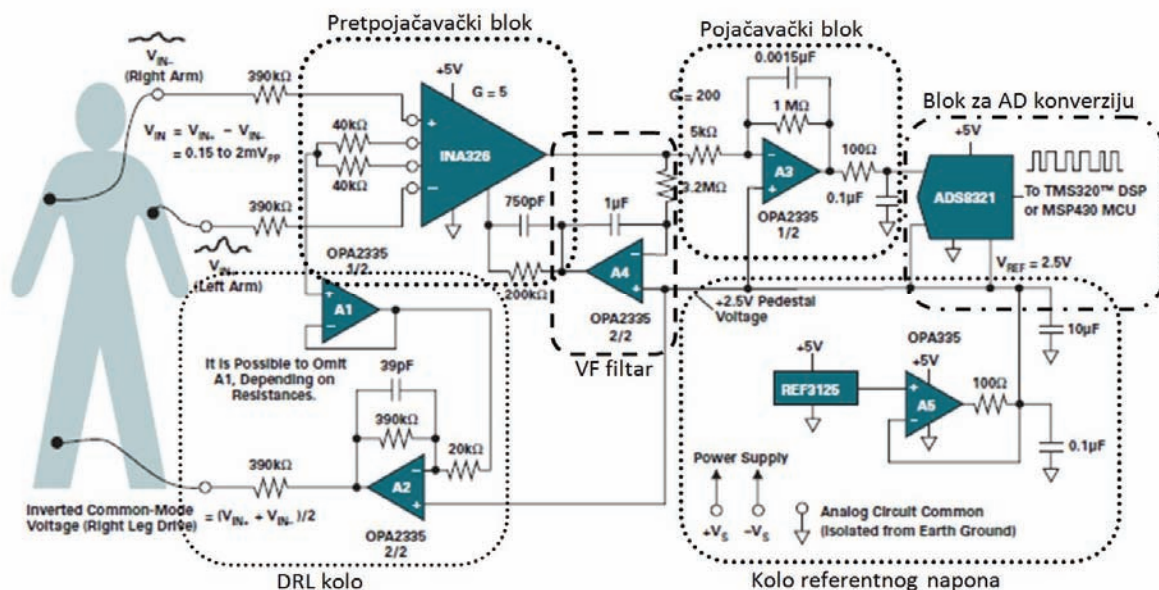
Uloga DRL kola je da pospeši potiskivanje zajedničkog napona. Sastoji se od bafera i pomoćnog operacionog pojačavača, koji su napravljeni od OPA2335 operacionog pojačavača opisanog u odeljku o pojačavačkom bloku. Zajednički napon se prenosi do instrumentacionog pojačavača a zatim do bafera OPA2335 1/2 koji smanjuje izlaznu impedansu pojačavača i time signal čini otpornijim na smetnje iz okoline, zatim do drugog operacionog pojačavača OPA2335 2/2 koji invertuje zajednički napon i dovodi ga na desnu nogu pacijenta. Na ovaj način, zajednički napon se smanjuje.

5) KOLO REFERENTNOG NAPONA

V_{REF} predstavlja virtualnu masu pojačavača – vrednosti napona 2.5 V . Predviđeno je da se ova vrednost napona dobija pomoću eksternog kola REF3125 i da se potom baferuje pomoću baferskog kola sa operacionim pojačavačem OPA335. Na slici 1. su takođe prikazani otpornik od 100Ω i kondenzatori vrednosti $0.1 \mu\text{F}$ i $10 \mu\text{F}$ pomoću kojih se stabilizuje dobijeni izlazni napon, odnosno referentna masa pomoću koje se vrši podizanje signala po „y-osi“ na vrednost od 2.5 V .

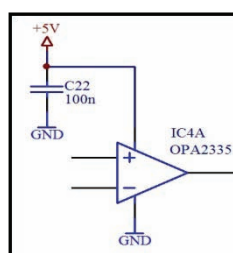
6) BLOK ZA A/D KONVERZIJU

Ovaj blok se sastoji od A/D konvertora ADS8321 čija uloga je da dobijeni analogni signal sa pojačavačkog kola digitalizuje.



Slika 1. Električna šema EKG pojačavačkog kola, prikazana u blokovima, prema [1]

Ovakvo pojačavačko kolo predstavljeno blokovima na slici 1. ne poseduje nikakav vid zaštite te su naknadno dodate komponente koje obezbeđuju zaštitu od prenapona, visokih struja i napona kao i zaštitu od radiofrekvencije (koje originalna šema nije sadržala).

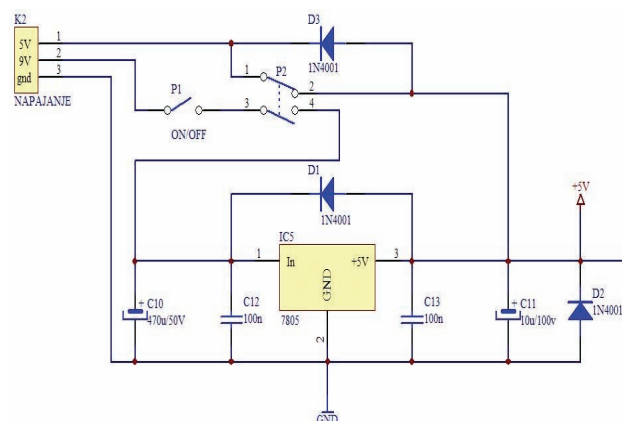


Slika 2. Zaštita IC od prenapona

Na slici 2. prikazan je deo sa zaštitom integriranog kola (IC) od prenapona, koju čini kondenzator $C_{22} = 100 \text{ nF}$ paralelno vezan između napojnih priključaka IC. Ovakav vid zaštite je dodat paralelno sa granom napajanja kod svih integriranih kola na šemi sa slike 1.

Pojačavač se može napajati na dva načina: 1) pomoću stabilisanog eksternog izvora napajanja od 5V; ili 2) pomoću baterije od 9V, čiji napon se pomoću integriranog kola IC5 (7805) ograničava na 5V. Ovo kolo sa kondenzatorima C10, C11, C12, C13, diodama D1 i D2 predstavlja zaštitno kolo, čija je uloga da štiti uređaj od prenapona i stabilizuje izlazni napon što se vidi na slici 3. Na slici je takođe prikazan i deo sa prekidačima i diodom D3, čija namena je sledeća:

- Prekidač P1 ima ulogu uključivanja i isključivanja napona baterije;
- Prekidač P2 ima dvostruku ulogu. Pomoću njega se, u zavisnosti od izbora napajanja koji želimo da koristimo, vrši prespajanje. Odnosno, kada je prekidač postavljen tako da su kontakti 1 i 2 kratko spojeni (kontakti 3 i 4 su otvoreni), uređaj se nezavisno od prekidača P1 napaja sa eksternog napajanja. U suprotnom slučaju (kada su kontakti prekidača 1 i 2 otvoreni, a kontakti 3 i 4 kratko spojeni), uređaj se nalazi u modu baterijskog napajanja;

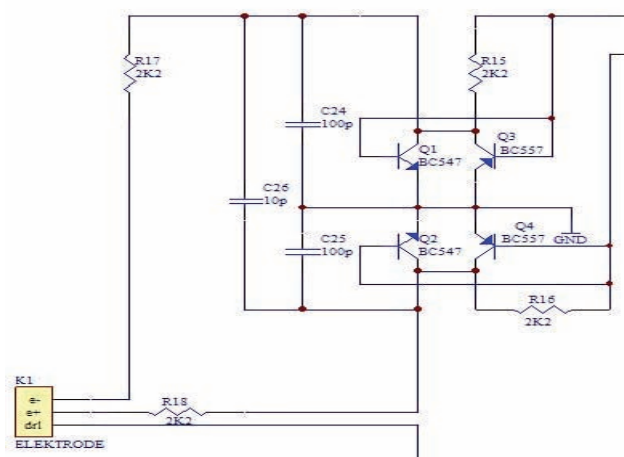


Slika 3. Šema regulacije, zaštite i stabilizovanja baterijskog napajanja

- Kako je predviđeno da se uređaj koristi u eksperimentalnim uslovima, ostavljena je i mogućnost da, ukoliko se umesto elektroda koristi neka druga vrsta senzora koji koristi napajanje, ono može da se dovede sa baterijskog napajanja uređaja, i to preko izlaza koji je predviđen i za napajanje uređaja, u slučaju kada je baterijsko napajanje isključeno. Iz tog razloga, dioda D3 se koristi kao zaštita od mogućeg sučeljavanja dva napona u slučaju da se desi da su istovremeno uključeni i baterijsko i eksterno napajanje.

Zbog potrebe uređaja za naponom od 2.5 V, koristi se još jedno kolo za ograničavanje napona identično prethodnom, sa tom razlikom da se umesto regulatora 7805, koristi regulator REF3125, pomoću kojeg se ograničava napon od 5 V na napon od 2.5 V.

Ulazni napon registrovan elektrodama prvo se ograničava zaštitnim blokom na ulazu pojačavača (Slika 4.), koje treba da zaštiti pacijenta i uređaj od elektrostatičkih pražnjenja. Osim zaštite, ovo kolo vrši i potiskivanje radiofrekventnog signala. Kapacitivnosti C24, C25, C26 zajedno sa otpornicima R17 i R18 čine filter, koji treba da potisne radiofrekvencije. Četiri tranzistora i otpornici R15, R16 ograničavaju napon (tranzistori rade kao limiteri) i struju (otpornici).

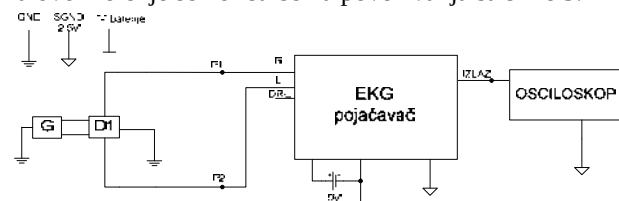


Slika 4. Strujno-naponska zaštita i zaštita od radiofrekventnih smetnji

3. REZULTATI TESTIRANJA EKG POJAČAVAČA

3.1 Određivanje karakteristike amplitudsko-frekvencijskog odziva

Karakteristika amplitudno-frekvencijskog odziva se određuje direktno, merenjem amplitude, od vrha do vrha, zapisanog električnog napona sinusoidnog oblika na različitim frekvencijama, dok se vrednost amplitude ulaznog električnog napona održava konstantnom [2]. Za ovo merenje se koristi šema povezivanja sa slike 5.



Slika 5. Šematski prikaz povezivanja EKG pojačavača sa FG-om, pločicom 1 SZK i osciloskopom, za merenje izlaznog napona

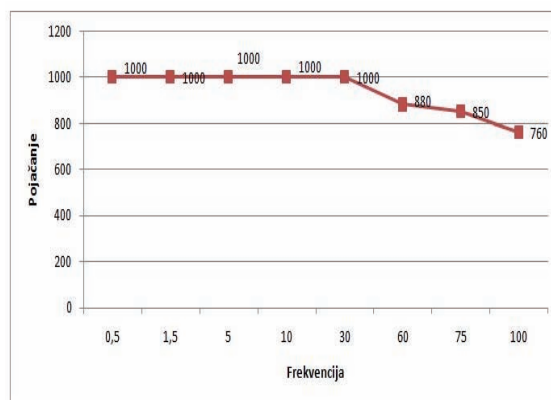
panel br. 1 sistema za kalibraciju SZK (koji je izrađen na osnovu [2]), generator napona sinusnog oblika, amplitude od vrha do vrha 1 mV (koji se održava konstantnim) digitalni osciloskop, EKG pojačavač (pojaćanje 1000 puta) i pomoćna oprema. Za frekvenciju uzimamo sledeće vrednosti : 0,5 Hz, 1,5 Hz, 5 Hz, 10 Hz, 30 Hz, 60 Hz, 75 Hz i 100 Hz [2].

Određivanje amplitudsko-frekvencijskog odziva zapravo predstavlja zavisnost pojaćanja od frekvencije čija karakteristika je data na slici 6.

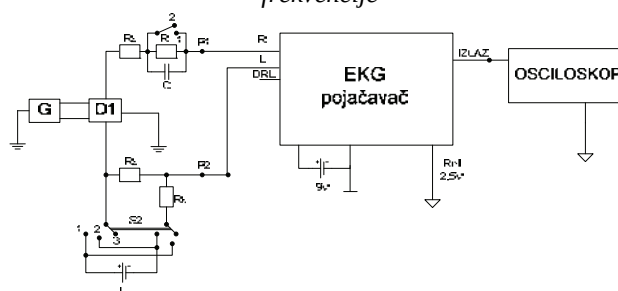
3.2 Određivanje ulazne impedanse

Ulazna impedansa se određuje poređenjem vrednosti amplituda, od vrha do vrha, zapisanog električnog napona sinusoidnog oblika, sa i bez konstantne impedanse, redno vezane na ulaz elektrokardiografa.

Koristi se panel 4 SZK, generator sinusnog signala amplitude od vrha do vrha 2 mV i frekvencije 0,5 Hz, 10 Hz, 75 Hz, 100 Hz, po redu, digitalni osciloskop, EKG pojačavač i pomoćna oprema. Posmatramo slućajeve kada je prekidać S1 postavljen u poloćaj 1 (gornji poloćaj tj. poloćaj ON) i poloćaj OFF prekidaća S1.



Slika 6. Zavisnost ukupnog pojaćanja pojaćavaća od frekvencije



Slika 7. Šema povezivanja EKG pojaćavaća sa FG-om, panelom za kalibraciju i osciloskopom, za merenje izlaznog napona

Prekidać S2 je postavljen u neutralni poloćaj. Šema povezivanja data je na slici 7.

Rezultati merenja u slućaju kada je prekidać S1 u poloćaju ON a S2 u poloćaju OFF su prikazani u tabeli 1.

Tabela 1. Rezultati merenja izlaznog napona u zavisnosti od frekvencije u slućaju kada je S1=ON a S2=OFF

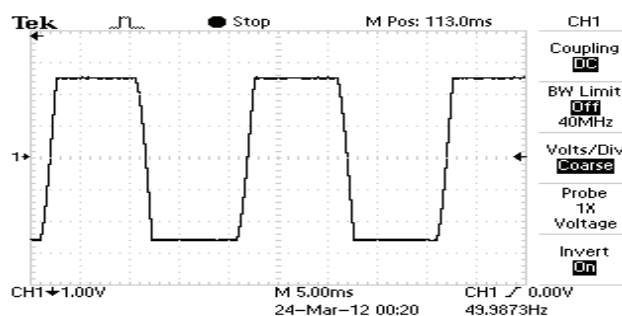
S1 poloćaj ON, S2 poloćaj OFF			
Redni broj	Ulazni napon (mV_{p-p})	Frekvencija (Hz)	Izlazni Napon V_{p-p}
1.	2	0,5	2
2.	2	10	2
3.	2	75	1,8
4.	2	100	1,6

Kada je prekidać S1 u poloćaju OFF a S2 u poloćaju OFF, za sve četiri vrednosti frekvencije izlazni napon je maksimalnih 5 V (Slika 8.) jer se u kolo se spaja dodatna impedansa koja unosi nesimetrićnost impedansi u kolo diferencijalnog pojaćavaća, zbog čega će se zajednićki napon pretvoriti u „parazitni“ diferencijalni napon na ulazu u INA326 i tada će INA326 uspeti opet da potisne onu komponentu koja predstavlja samo „ćisti“ zajednićki napon zahvaljujući velikom CMRR, mećutim tu komponentu „parazitnog“ diferencijalnog napona će sabrati sa korisnim signalom i diferencijalno pojaćati taj zbir, tako da na izlazu imamo pojaćan zbir korisnog diferencijalnog napona i „parazitnog“ diferencijalnog napona koji se vidi na slici 8. Merenje ulazne otpornosti EKG pojaćavaća vrši se preciznim om-metrom (multimetar FLUKE 87V Ex) izmeću :

- a) + i – ulaza i iznosi $Z_{ul}(+,-)=1,864 \text{ M}\Omega$,
b) + ulaza u pojačavač i SGND iznosi $Z_{ul}(+,SGND)=1,417 \text{ M}\Omega$,
c) - ulaza u pojačavač i SGND iznosi $Z_{ul}(-,SGND)=1,418 \text{ M}\Omega$,
d) između kratko spojenih + i - ulaza u pojačavač i SGND iznosi $Z_{ul}(+,-,SGND)=1,180 \text{ M}\Omega$.

Određivanje CMRR-a EKG pojačavača

Da bi bilo moguće odrediti CMRR EKG pojačavača potrebno je izmeriti ulazni (V_{CMIN}) i izlazni (V_{CMOUT}) zajednički napon, a zatim ih uvrstiti u formule za izračunavanje CMRR-a. CMRR se računa kao količnik diferencijalnog i zajedničkog pojačanja



Slika 8. Izlazni signal EKG pojačavača, povezanog po šemi sa slike 7. kada je prekidač $S1=S2=OFF$

Tabela 2. Rezultati merenja zajedničkog napona i računanja CMRR

	Frekvencija (Hz)	Napon (V_{p-p})	V_{cm_in} (mV_{p-p})	V_{cm_out} (mV_{p-p})	A_{cm}	A_{dm}	CMRR	CMRR (dB)
1.	50	0.5	500	100	0.2	1000	5000.00	73.90
2.	50	1	1000	180	0.18	1000	5555.55	74.89
3.	50	1.5	1500	240	0.16	1000	6250.00	75.91
4.	50	2	2000	360	0.18	1000	5555.55	74.89
5.	50	2.5	2500	400	0.16	1000	6250.00	75.90
6.	50	3	3000	470	0.156	1000	6410.25	76.13
7.	50	3.5	3500	480	0.137	1000	7299.20	77.26
8.	50	4	4000	540	0.135	1000	7407.40	77.39
9.	50	4.5	4500	630	0.14	1000	7142.85	77.00
10.	50	5	5000	650	0.13	1000	7692.30	77.72

$$CMRR = \frac{A_{DM}}{A_{CM}}, \quad (2)$$

gde je A_{DM} korisno pojačanje pojačavača koje je poznato i u ovom slučaju iznosi 1000 puta tj. $A_{DM} = 1000$, dok je A_{CM} zajedničko pojačanje i predstavlja količnik ulaznog i

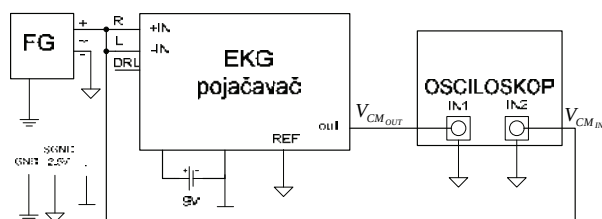
$$A_{CM} = \frac{V_{CMOUT}}{V_{CMIN}} \quad (3)$$

izlaznog zajedničkog napona.

CMRR se može izraziti i u decibelima (dB) uvrštavanjem vrednosti CMRR u formulu

$$CMRR_{dB} = 20 \log(CMRR). \quad (4)$$

Da bi se pravilno izmerili gore pomenuti ulazni i izlazni napon, pojačavač je potrebno spojiti sa funkcijskim generatorom (FG) i osciloskopom na način kako je to prikazano na blok šemi sa slike 9. Funkcijski generator potrebno je podesiti tako da mu frekvencija izlaznog sinusoidnog signala bude 50 Hz, a amplitude je potrebno menjati od 0.5-5Vp-p sa korakom od 0.5 Vp-p. Rezultati merenja zajedničkih napona i izračunatog CMRR-a prikazani su u tabeli 3.



Slika 9. Blok šema povezivanja EKG pojačavača sa FG-om i osciloskopom za merenje ulaznog i izlaznog zajedničkog napona

Iz tabele 3. je očigledno da se desila degradacija CMRR u odnosu na situaciju kada bi se koristio samo instrumentacioni pojačavač, jer kataloški podaci za korišteni instrumentacioni pojačavač INA326 ukazuju da njegov CMRR iznosi minimalno 100 dB.

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu predstavljen je osnovni model Texas Instruments-ovog elektrofiziološkog EKG pojačavača, opisan i objašnjen je svaki blok šeme sa slike 1, objašnjen je način i svrha dodavanja zaštitnih komponenti tom osnovnom modelu, prikazana su merenja pomoću kojih je određena ulazna impedansa, zavisnost pojačanja od frekvencije kao i CMRR EKG pojačavača.

5. LITERATURA

- [1] Medical Applications Guide-Texas Instruments 2007. <http://www.scribd.com/doc/68386330/TI-MedicalAppsGuide>
- [2] Etaloniranje elektrokardiografa – radno uputstvo, Laboratorija za metrologiju, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, 2011

Kratka biografija



Milan Milakara rođen je u Glini (SFRJ) 1986. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva - Instrumentacija i merenja odbranio je 2012. god.

INTEGRACIJA JEZIKA SPECIFIČNIH ZA DOMEN U TOKU FAZE IZVRŠENJA DOMAIN SPECIFIC LANGUAGE RUN TIME INTEGRATION

Ivan Dobrić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Da bi se dobili visoki nivoi ponovnog iskorišćenja, razvile su se fabrike softvera kako bi prebrodili ograničenja koja su postavile biblioteke i framework-ovi. Da bi se razvilo funkcionalno softversko rešenje potrebno je više jezika specifičnih za domen, koji bi se kombinovali u fabrici softvera. U ovom radu smo specifikovali praktičan algoritam za operaciju spajanja jezika specifičnih za domen, analizirali postojeća rešenja i uspešno generisali aplikaciju pomoću specificiranih pravila.

Abstract – To get high levels of reuse and fast time-to-market, software factories have been developed to overcome the limitations of libraries and frameworks. Developing a functional software factory requires the reuse of multiple domain specific languages that make up a single non-trivial application. In this work, we discussed and analyzed existing implementations for domain specific integration for the purpose of creating and implementing a practical algorithm specification and its software implementation. We successfully implemented the software solution that was used to generate integrated domain specific languages which was later used for generating a fully functional software implementation and specified the algorithm for a practical approach to meta-model merging subsuming the previous works in the meta-model merge area. Later we shown the functionality of the generated application and discuss its applicability.

Keywords: domain specific language integration, software factory, generating applications, domain specific modeling languages

1. INTRODUCTION

Benefiting from high levels of reuse and fast time to market has always been the target of research [1]. For the highest levels of reuse the concept of software factories have been introduced. Software factories have the highest levels of reuse, but also require the most time and resource put into their development. To reduce the time needed to develop a software factory, the idea is to reuse domain specific languages to generate various applications.

NAPOMENA:

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

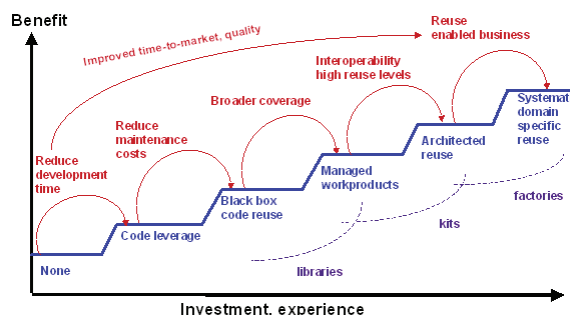


Figure 1. Reuse diagram

The problem is that modeling aspects of non-trivial software applications most likely require the use of multiple domain specific modeling languages, making integration the essential part of the software factory.

Even though object management group (OMG) model driven architecture (MDA) has standardized model development and usage, it still does not fully utilize models as the main pillars of today's generative programming and full application generation, as is the main functionality of the software factory.

There are several ways of integration currently proposed: meta-model extending [2], meta-model embedding [3] or meta-model merging. There is also meta-model linking using ontological foundations [4] and meta-model weaving [5], which are variants of meta-model embedding techniques.

2. CODE GENERATOR INTEGRATION

Like all modeling languages targeting code generation, DSLs must recognize the operational semantics of the implementation side or, in other words how modeling constructs are mapped to a given solution domain. Therefore, special attention needs to be dedicated to composability of respectable DSLs' code generators when building interoperable DSLs "integration foundation" (specifying elements, relations and defining rules of integration).

Currently available methods for generator integration can be described as: framework oriented, glue code generation and combined.

Framework oriented methods are concentrated on building an integration environment that determines a set of rules for implementation of the interoperable generators within the given DSL. Glue code generation generates the in-between integration code that makes the two generator artifacts interoperate.

One of the best glue-code based code composition methods was found in HybridMDS - Multi domain

software development [6]. It is based on a “Gang of Four” pattern - the *mediator* pattern, which describes how to encapsulate collective behaviour to implement the interaction of components. It cancels the restriction of its meaning to the explicit structures that help to mediate between components, but rather state that also small code fragments woven into already code need to be counted as glue code. Therefore, we can distinguish *implicit* and *explicit* glue code and *composition* code.

Another method of generating composable code and it’s integration uses framework based logic, not producing any glue code but using DSL modularity as a hook to attach the generator [7].

Instead of writing code generator as a separate program from their corresponding model, this approach is composed of modular and entity-specific generation routines that are attached directly to modeling entities, their meta-data or to collections of modelling entities. Code generation is accomplished by querying each modeling entity that is required for a specific type of code generation routine and then executing the routine.

3. DSL RUN TIME INTEGRATION

Primary intention of this master thesis is to research and develop a way to produce composable code specified in a domain-specific language within the software factory.

The software factory works by selecting the required DSLs to build an interactive development environment (IDE) to be used for fast development of new software applications. The concept of the software factory can be seen on figure 1.2. Since the software factory cannot generate non-trivial customized IDEs without combining multiple domains, metamodel merging was chosen as the underlying method of integration for software factory language combination.

Main concept from the design time that run time integration relies on are *merge rules* which hold the semantics of the metamodel merge process on the design time level.

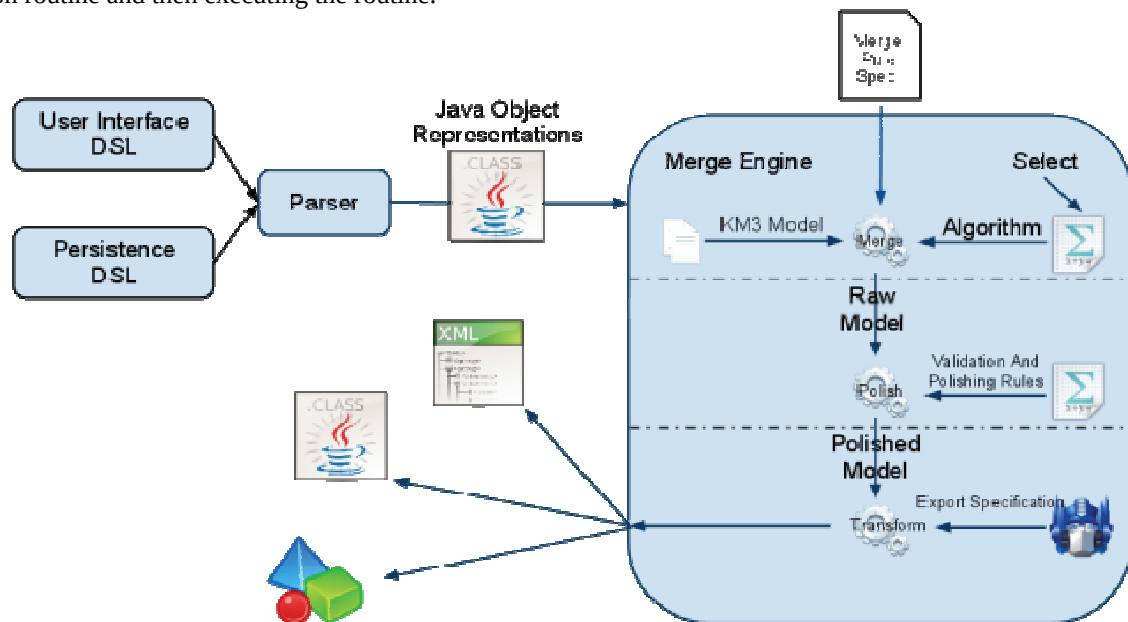


Figure 1. Software Factory

Generators that are implemented rely on the metamodel + templates approach, described with more details in the related work. Framework based generation of the composable code is chosen.

That path has been chosen based on the nature of integration that in this case does not require involvement of ontology and glue code.

Our goal is to simply merge two DSL generators, for what this form of generation is powerful enough, and in addition it offers more elegant and easier to understand solution to the problem given.

The problem of merging multiple DSL generators consists of two basic topic: how to interact with the model and how to parse and interpret the merge rules.

Choosing the right model interaction method is crucial, because all future steps in the code generation depend on how good is the information extraction from the model

performed, and how choice is made with the selected information representation platform.

Interpreting the merge rules is the second basic topic which leaves us with much more space for creativity since there are many more technologies for information mapping. In this case, XML is chosen as it’s generic and human-readable platform for interpretation of the DSL merge rules.

DSL merge rules interpretation is used in the part of this framework where different concepts are to be mapped in two DSLs.

Code generation from the DSLs in the solution described in this thesis relies on the combination of framework based composable code generator and model + templates approach in code generator.

From the framework's point of view, model is perceived as a set of modelling entities which we'll refer to as **resources**. Resources have a recursive composition structure which means that it can contain sub-resources, a list of other resources or other elements. Each resource has its own parametrised generator template which is callable by the generator framework.

For readability purposes and better collaboration of the semantics merging project (whose relation to this thesis was explained in the **Introduction**) an XSD schema was made for making standardized XML documents which are called *generator descriptors*.

4. USE CASE

We have implemented solution based on the theoretical foundation that we made earlier. The software solution is easy to use, requiring only the eclipse framework, metamodels in KM3 format and a set of rules that describe how the languages are going to be merged.

We then generated the merged metamodel that we used to model the application, that was later on generated as a web form application as shown on figure 3.

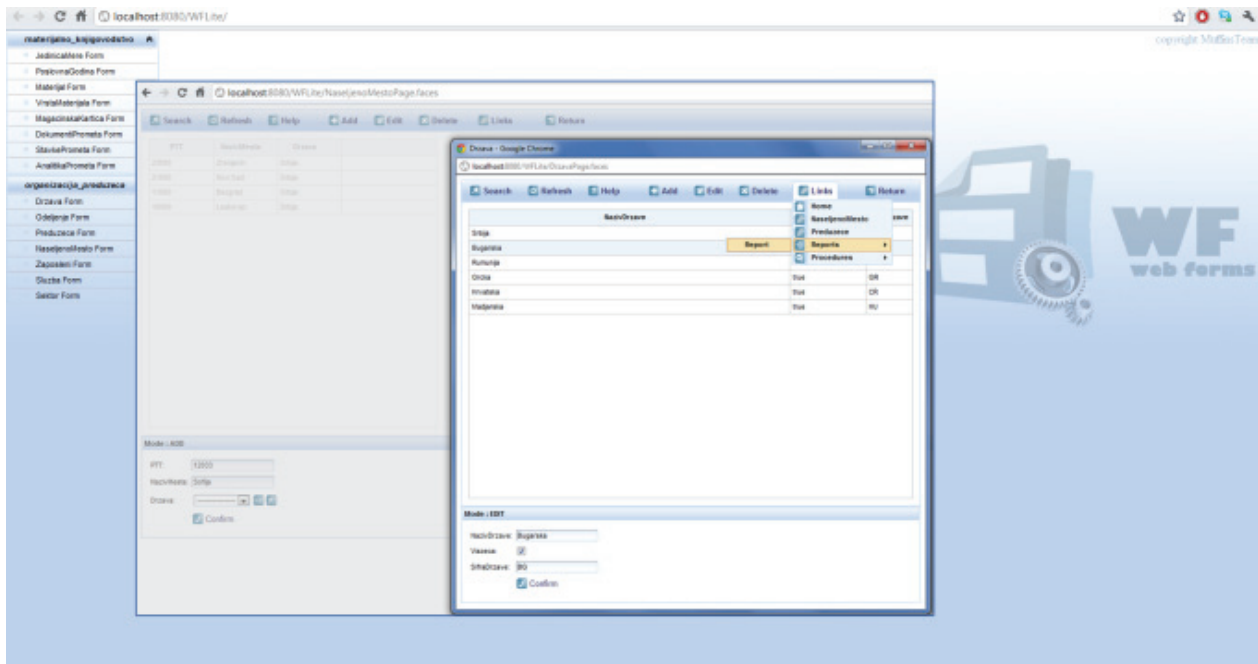


Figure 3. *Generated application*

5. CONCLUSION

We have successfully merged two languages from two different domains, a persistence language for describing database persistence JPA modeling and a simple language for describing graphical user interface. The languages were merged and used for modeling of the executable application that was described in section 4.

We also specified an algorithm that can be used to merge two languages together for the given ruleset, the constraints that must be considered as well as conflicts that can occur during the algorithm. We described in detail the algorithm for the merge phase and how to implement it.

We also discussed a lot of topics for future works such as automatic rule generation, evolutionary editors, merge rule repository etc.

5. REFERENCES

[1] J. B. Warmer and A. G. Kleppe. Building a flexible software factory using partial domain specific models. In Sixth OOPSLA Workshop on Domain-Specific Modeling (DSM'06), Portland, Oregon, USA, pages 15–22, Jyvaskyla, October 2006. University of Jyvaskyla.

[2] Mikal Barbero and Frdric Jouault. A practical approach to model extension. In Third European Conference on Model Driven Architecture Foundations and Applications (ECMDA 2007, 2007.)

[3] Christian Hofer, Klaus Ostermann, illmann Rendel, and Adriaan Moors. Polymorphic embedding of dsIs. In Proceedings of the 7th international conference on Generative programming and component engineering, GPCE '08, pages 137–148, New York, NY, USA, 2008. ACM.

[4] Henrik Lochmann. HybridMDSD: Multi-Domain Engineering with Model-Driven Software Development using Ontological Foundations. PhD thesis, Technischen Universitt Dresden Fakultt Informatik, February 2010.

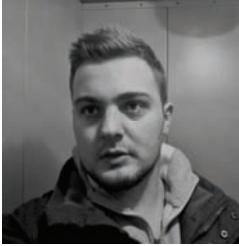
[5] Marcos Didonet, Del Fabro, Jean Bzivin, and Patrick Valduries. Weaving models with the eclipse amw plugin. In In Eclipse Modeling Symposium, Eclipse Summit Europe, 2006.

[6] Kirk Schloegel, David Oglesby, Eric Engstrom, and Devesh Bhatt, Composable code generation for Model-based environment, A. Krall (Ed.): SCOPES 2003, LNCS 2826, pp. 211–225, 2003.

[7] Henrik Lochmann, HybridMDSD: Multi-Domain Engineering with Model-Driven Software Development using Ontological Foundations, Technischen Universität Dresden, Fakultät Informatik, 2010

[8] Stefan Martinov, DSL Design time Integration, Master thesis, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, 2012..

Short Biography



Ivan Dobrić was born in 1987 in Novi Pazar. In 2006 he enrolled at Faculty of Technical Sciences in Novi Sad. In year 2010 he defended Bachelor thesis in the field of Electronical Engineering and Computer Science. In 2012 he defended Master thesis in the same field.

Road Nail: Паметан систем означавања пута

Бојан Миладиновић, Драган Самарџија, Ерне Ковач, Ђорђе Исаиловић, Никола Теслић, Михајло Катона

Садржај — У овом раду представљамо „Road Nail“ паметан систем за означавање пута са бежичном мрежом сигналних уређаја постављених уз ивицу пута. Сигнални уређаји представљају аутономне чворове са могућношћу прикупљања електричне енергије у батерије добијене из соларних ћелија. Додатно, чворови размењују бежичне поруке, откривају надолazeћа возила и емитују светлост. Направили смо експериментално тествно окружење које се састоји од 20 чворова са мрежним пролазом ка мобилној телефонији и интернету. У овом раду су приказани детаљи изведбе целокупног система, укључујући обимна мерења и оцене утицаја у стварним условима.

Кључне речи — сензори, паметни путеви, V2I, бежичне мреже

I. Увод

ВОЖЊА у условима слабе видљивости (нпр. магла или јаке падавине), и вожња ноћу, је посебан изазов који води ка повећаној вероватноћи саобраћајних несрећа и могућих повреда. У овом раду приказујемо систем за паметно означавање ивице пута током периода смањене видљивости и ноћи. Систем је назван „Road Nail“.

Недавно, опсежна истраживања и бројне иновације у пољу побољшања путне безбедности су приказане ([1], [2]). Додатно, убрзана побољшања и широка примена полупроводничких производа су кључна за ефикасну примену сензорне, бежичне и батеријске технологије [3].

У овој студији комбинујемо најновија напредна решења у сензорима, бежичним комуникацијама и батеријски напајаним технологијама да би осмислили и направили нов систем повећања безбедности на путевима. Састоји се од низа чворова који су постављени на обе стране пута, међусобно одвојених од неколико десетина до неколико стотина метара. Сваки чвор се састоји од (i) светлосног подсистема за сигнализацију, (ii) сензорског подсистема за откривање возила, (iii) бежичног комуникационог подсистема за размену порука са суседним чворовима, и (iv) енергетско-напојног подсистема са батеријом и

соларним ћелијама. Током дана чворови пуне своје батерије, док током смањене видљивости и/или ноћи прелазе у радни режим, омогућујући откривање возила и правовремену сигнализацију. При откривању пролазећег возила, чвор шаље бежичну поруку. Након откривања или пријема поруке о откривеном возилу од стране неког суседног чвора, светлосна сигнализација би требало да се упали (или бела или црвена, у зависности од стране пута). У циљу очувања енергије смештене у батерији, сигнализација се гаси након неког предефинисаног временског периода. Чворови су постављени уз ивице пута, без потребе за ометањем саобраћаја током монтаже или одржавања. Такође, систем може бити повезан на интернет преко одговарајућег пролаза. То може омогућити да се информације са чворова прослеђују у центар даљинског управљања где се пут и чворови могу надзирати. Ово омогућује широку примену у возило-инфраструктура (*vehicle-to-infrastructure*, V2I) системима.

Систем евентуално може заменити постојећу сигнализацију засновану на пасивним рефлекторима. Верујемо да ће примена овог система значајно побољшати безбедност на путевима. Узимајући у обзир укупну дужину ауто-путева у САД (4,209,835 километара [4]), постоји јасан тржишни потенцијал за ово или слична решења.

У одељку II описујемо мрежну организацију, поставку и функционалност. У одељку III архитектура чворова је описана, са функцијом и утицајем сваког подсистема. У одељку IV описано је повезивање са Интернетом. Закључак представља одељак V.

II. ПРИКАЗ МРЕЖНЕ ОРГАНИЗАЦИЈЕ И ФУНКЦИОНАЛНОСТИ СИСТЕМА

Сл. 1 приказује основну поставку и функционалност система. Удаљеност између чворова зависи од услова на путу. На пример, оштрије кривине би захтевале збијеније постављање чворова. Направили смо експериментално окружење које се састоји од 20 „Road Nail“ чворова.

Овај рад је делимично финансиран од стране Министарства за науку Републике Србије, пројекат 11005, од 2008. год.

Бојан Миладиновић, (email: bojan.miladinovic@rt-rk.com)

Драган Самарџија, Факултет Техничких Наука у Новом Саду (email: dragan.samardzija@rt-rk.uns.ac.rs)

Ерне Ковач, (email: erne.kovac@rt-rk.com)

Ђорђе Исаиловић, (email: djordje.isailovic@rt-rk.com)

Никола Теслић, Факултет Техничких Наука у Новом Саду (email: nikola.teslic@rt-rk.uns.ac.rs)

Михајло Катона, Факултет Техничких Наука у Новом Саду (email: mihajlo.katona@rt-rk.uns.ac.rs)

НАПОМЕНА:

a) Ovaj rad proistekao je iz master rada Bojana Miladinovića. Mentor je bio prof. dr Nikola Teslić.

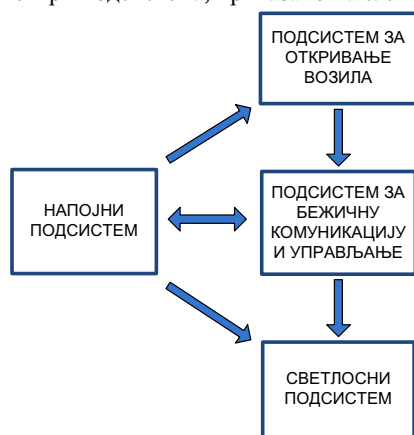
b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji TELFOR, Beograd, novembar 2010.

Као што је дато на сл. 1, возило је откривено по први пут од стране чвора 1 након чега систем прелази из режима мале потрошње у пун радни режим. Након што је возило откривено од стране чвора 1, оно укључује црвену сигнализацију, ствара и шаље одговарајућу поруку за чвор 2 у смеру наилаaska возила. Такође шаље поруку своме парном чвору, чвору 11 на супротној страни пута да укључи белу сигнализацију у смеру наилаaska возила. Након пријема поруке, чвор 2 пали црвену сигнализацију, шаље бежичне поруке своме парном чвору 12 и чвору 3. Одмах након што возило прође поред чвора 1, ради очувања енергије, он гаси своја сигнализациона светла. Овај процес се наставља у смеру кретања возила.

Протокол је замишљен тако да су комуникационе раздаљине највеће, са благовременим слањем порука и са најмањим могућим утрошком енергије. Додатно, протокол решава проблем повезивања између физичке позиције чвора и његове мрежне адресе. Чвор укључује своју сигнализацију само уколико је примљена порука потекла од другог чвора у непосредној близини или ближе околине и намењена је њему, док занемарује поруке потекле од чворова са веће удаљености и које нису намењене њему. Ово је проблем откривања топологије, који је изван опсега овог рада.

III. АРХИТЕКТУРА СИГНАЛНИХ УРЕЂАЈА

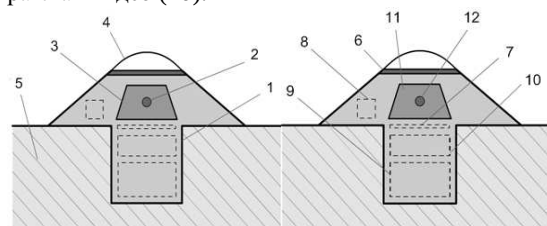
Сваки сигнални уређај у „Road Nail” систему се састоји четири подсистема, приказано на сл. 2.



Слика 2. Блок дијаграм сигналног уређаја

Изведба “Road Nail” чвора је приказана на сл. 3. Горњи део сигналног уређаја (4) је направљен од прозирног, водоопторног материјала (нпр. стакла) дозвољавајући пролазак светлости до соларних ћелија (6) и штитећи електронске компоненте (7, 8, 9 и 10) од кише или снега. На предњој и задњој страни кућишта постоје LED извори светлости (2 и 12), са рефлектујућим позадинама (3 и 11). Као што је дато на сл. 3, чворови могу бити постављени тако да је доњи део уређаја (1) у земљи (5). Алтернативно, чворови могу бити постављени изнад земље (нпр. типично 80

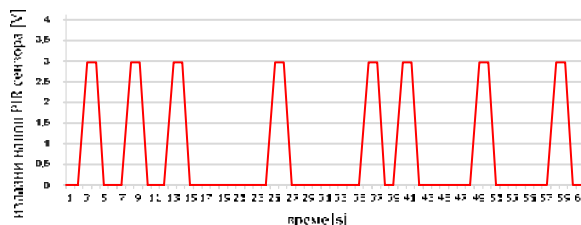
cm изнад земље), где је додатна носећа структура потребна. Унутар кућишта се налази штампана плоча са микроконтролером и подсистемом за бежичну комуникацију (7), сензори (8) и батерија (9) и њен управљачки део (10).



предња страна задња страна
Слика 3. „Road Nail” чвор

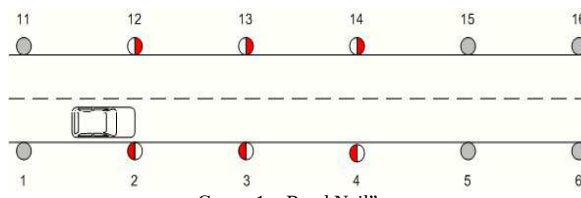
А. Подсистем за откривање возила

Сензор, односно подсистем за откривање возила, састоји се од низа сензора који обезбеђују информације бежичном комуникационо-управљачком подсистему. У овом случају изведбе, користили смо пасивни инфра-црвени (PIR) сензор *Parallax 555-28027* за откривање покрета. Овај сензор је веома поуздан на даљинама од око 15 метара, са ниском потрошњом мањом од 15 mW. На пример, на сл. 4 приказујемо излазни напон као функцију времена у коме су аутомобили откривени у $t = 3, 9, 14, 26, 36, 40, 49$ и 58 секунди. Опширним мерењима смо потврдили високу вероватноћу успешног откривања долазећег возила. Мерења су обављена у стварним условима.



Слика 4. Излаз PIR сензора као функција времена са возилима која пролазе у $t = 3, 9, 14, 26, 36, 40$ и 58 секунди.

Додатно, применили смо светлосни сензор *Intersil ISL29003* за откривање светлости фарова долазећих возила. Његова потрошња је око 1 mW. Опширним



Слика 1. „Road Nail” систем

мерењима смо потврдили високу вероватноћу успешног откривања долазећег возила. Као пример, на сл. 5 приказујемо излаз сензора као функцију раздаљине наилазећег возила, са укљученом светлосном групом.



Слика 5. Излаз светлосног сензора као функција раздалјине између пролазећих возила и чвора

B. Светлосни подсистем

Светлосни подсистем се састоји од низа LED диода и LED управљача. LED диоде су искоришћене због своје мале потрошње при којој дају задовољавајући ниво светлости омогућавајући чисто и видљиво означавање ивице пута у условима смањене видљивости. Засновано на обимној анализи и мерењима, закључујемо да светлосни подсистем троши значајни део енергије, наиме, више од 60% укупне потрошње (сл. 6).

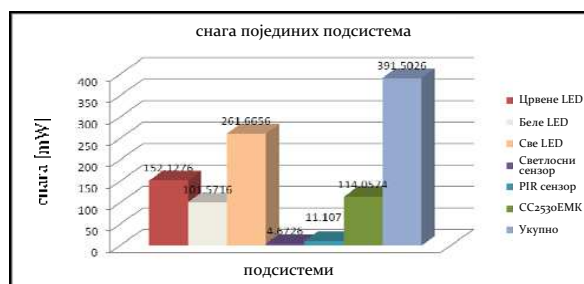
C. Бежични комуникациони и управљачки подсистем

Бежични комуникациони и управљачки подсистем је заснован на бежичном примопредајнику и 8051 микропроцесорском језгру, све интегрисано у Texas Instruments CC2530 чипу. Он је задужен за размену порука преко бежичне везе, као и за анализу информација са сензора и управљање батеријом. Бежична мрежна веза је заснована на IEEE 802.15.4 стандарду [5] који дефинише физички и MAC мрежни ниво у личним мрежама (PAN). Стандард користи вишеструки приступ са ослушкивањем носиоца и откривањем судара (CSMA/CA) и подржава како мреже типа звезде, мреже равноправних чланова, и мешовите структуре. Примењени протокол обезбеђује функције као што су мала сложеност, цена, потрошња, укључујући и малу бежичну брзину преноса. Мала потрошња је најзначајнија одлика у овој примени обзиром на ограничену количину ускладиштене енергије. То је омогућено режимом приправности који даје могућност сваком уређају да пређе у режим спавања веома мале потрошње током дана или када нема возила. У типичним условима, овај подсистем троши око 25% укупне енергије.

D. Енергетски подсистем

Енергетски подсистем се састоји од следећа три сегмента: соларних ћелија, пуњиве батерије и батеријског управљања. Соларне ћелије обезбеђују довољно енергије за пуну функционалност сигналних уређаја током неког предефинисаног временског периода. Управљање батеријом обухвата надзор и управљање свим параметрима укључујући пуњење и пражење батерије. Спровели смо бројна лабораторијска и теренска мерења. Резултати мерења потрошње енергије (по сваком подсистему и укупно) су

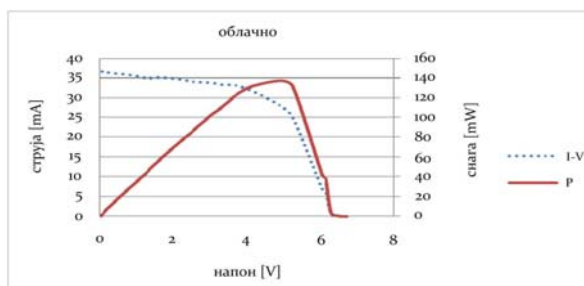
приказани на сл. 6. Мерења су обављена током ноћи, при око 15 °C. За приказану потрошњу енергије потврдили смо, како аналитички тако и практично, да потпуно напуњена батерија може подржати скоро 20 сати непрекидног рада при пуном радном режиму (без додатног пуњења током тог периода).



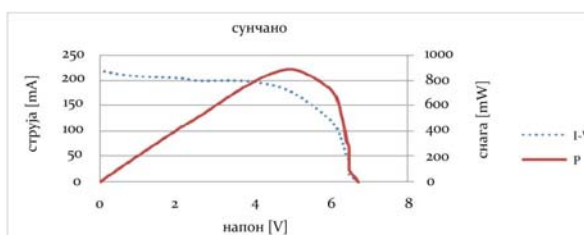
Слика 6. Резултати мерења потрошње енергије.

У циљу задовољења пројектоване потрошње, три соларна модула SOL4 Vellerman су примењена, сваки од 66 x 95 x 6 милиметара. Обимна мерења су извршена током сунчаних и облачних атмосферских услова, са различитим угловима инклинације сунца. Примери мерења су дати на сл. 7 и 8, приказују генерисану струју и снагу, као функцију од напона.

Наша анализа означава да би систем био у непрекидном радном режиму, у периоду дужине од четири дана, довољно је да систем прикупи 10 сунчаних сати за нормално пуњење батерије (у просеку, 2,5 сунчана сата на дан).



Слика 7. Снага соларне ћелије, облачан дан, -4 °C.



Слика 8. Снага соларне ћелије, сунчан дан, 1°C, инклинација Сунца 45°

IV. ПОВЕЗИВАЊЕ СА БЕЖИЧНОМ ТЕЛЕФОНСКОМ МРЕЖОМ И ИНТЕРНЕТОМ

Сл. 9 приказује интеграцију „Road Nail” система са бежичним мобилним мрежама и интернетом. Интеграција је изведена као део тестног окружења.

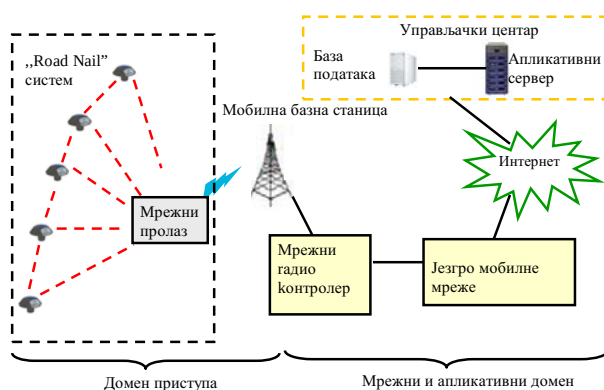
Као додатак IEEE 802.15.4 бежичној мрежи између чворова, бежична веза између система и интернета је остварена преко мрежног пролаза и бежичне мобилне мреже (нпр. GPRS/EDGE, UMTS или LTE). Овако су информације локалних чворова доступне удаљеном управљачком центру. Информације могу бити коришћене за:

- Надгледање хитних случајева (нпр. возило је стало или се сумња на судар),
- Контрола брзине,
- Надгледање саобраћаја (нпр., возила успоравају, указујући на загушење),
- Надгледање пута (нпр., возила успоравају, указујући на могуће дефекте на путу),
- Планирање путева (нпр., повећан саобраћај на делу саобраћајнице),
- Захтеви за одржавање чворова...

Такође, управљачки центар може слати различите информације сваком појединачном чвору у околини. Чворови могу прослеђивати информације пролазећим возилима. На пример,

- Услови саобраћаја,
- Временски услови,
- Радови и специјални услови на путу,
- Предложено најмање растојање између возила...

Наведени систем представља једну општу и прилагодљиву изведбу концепта возило-инфраструктура (V2I).



Слика 9. „Road Nail“ систем интегрисан са интернетом и управљачким центром

V. ЗАКЉУЧАК

У овом раду смо приказали „Road Nail“ систем, паметан систем за означавање пута са бежичном мрежом сигналних уређаја постављених близу ивица пута. Сигнални уређаји су самостални чворови са

могућношћу да прикупљају електричну енергију у батерије преко соларних хелија. Додатно, чворови размењују бежичне поруке, откривају долазећа возила и емитују сигнална светла.

Описали смо наше експериментално окружење које се састоји од 20 чворова и мобилног мрежног пролаза. Приказани су детаљи изведбе система, укључујући његову примену у стварним условима. Приказани су учинци PIR и светлосног сензора, потрошња сваког подсистема, као и снага соларних хелија.

Верујемо да примена приказаног система може драматично побољшати безбедност на путевима.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] D. B. Rawat, D. Treeumnuak, D. C. Popescu, M. Abuelela, and S. Olariu, "Challenges and perspectives in the implementation of the NOTICE architecture for vehicular communications", the 2nd IEEE Workshop on Mobile Vehicular Networks (MoVeNet 2008), 2008.
- [2] D. Treeumnuak, D. C. Popescu, and S. Olariu, "Requirements for the physical layer of the NOTICE system for vehicular communications", IEEE Global Telecommunications, 2009.
- [3] Michael Chui, Markus Löffler, and Roger Roberts, "The Internet of things", McKinsey Quarterly 2010.
- [4] *The World Fact Book*, CIA, 2010.
- [5] IEEE Std 802.15.4 – 2003, IEEE Computer Society, Oct. 2003.
- [6] IST-WINNER II Deliverable 1.1.2 v.1.2, "WINNER II Channel Models", IST-WINNER2, 2007.
- [7] T. Fujii, "Path-loss prediction formula in mobile communication—an expansion of "SAKAGAMI" path-loss prediction formula," Trans. IEICE, Japan, J86-B, 10, pp. 2264 2267, 2003.
- [8] "Proposed Propagation Models for Evaluation Radio Transmission Technologies in IMT Advanced," Doc. 5D/88, January 2008, Geneva, Switzerland.
- [9] A. Fanimokun, J. Frolik, "Effects of natural propagation environments on wireless sensor network coverage area", Proceedings of the 35th Southeastern Symposium on System Theory, 2003.

ABSTRACT

Abstract—In this paper we present Road Nail, an intelligent road marking system with the wireless network of signaling devices that are mounted near the road edge. "Nails" or signaling devices are autonomous nodes with capability to accumulate electrical energy into batteries which is obtained from solar panels. In addition, the nodes exchange wireless messages, detect approaching vehicles and emit signalization light. We have built an experimental testbed that consists of 20 nodes and a cellular gateway. In this paper, implementation details of the above system, including extensive measurements and performance evaluations in realistic field deployments are presented.

ROAD NAIL: INTELLIGENT ROAD MARKING SYSTEM

Bojan Miladinovic, Dragan Samardzija, Erne Kovac, Djordje Isailovic, Nikola Teslic, Mihajlo Katona

Road Nail: Паметан систем означавања пута

Бојан Миладиновић, Драган Самарџија, Ерне Ковач, Ђорђе Исаиловић, Никола Теслић, Михајло Катона

Садржај — У овом раду представљамо „Road Nail“ паметан систем за означавање пута са бежичном мрежом сигналних уређаја постављених уз ивицу пута. Сигнални уређаји представљају аутономне чворове са могућношћу прикупљања електричне енергије у батерије добијене из соларних ћелија. Додатно, чворови размењују бежичне поруке, откривају надолazeћа возила и емитују светлост. Направили смо експериментално тестно окружење које се састоји од 20 чворова са мрежним пролазом ка мобилној телефонији и интернету. У овом раду су приказани детаљи изведбе целокупног система, укључујући обимна мерења и оцене утицаја у стварним условима.

Кључне речи — сензори, паметни путеви, V2I, бежичне мреже

I. УВОД

ВОЖЊА у условима слабе видљивости (нпр. магла или јаке падавине), и вожња ноћу, је посебан изазов који води ка повећаној вероватноћи саобраћајних несрећа и могућих повреда. У овом раду приказујемо систем за паметно означавање ивице пута током периода смањене видљивости и ноћи. Систем је назван „Road Nail“.

Недавно, опсежна истраживања и бројне иновације у пољу побољшања путне безбедности су приказане ([1], [2]). Додатно, убрзана побољшања и широка примена полупроводничких производа су кључна за ефикасну примену сензорне, бежичне и батеријске технологије [3].

У овој студији комбинујемо најновија напредна решења у сензорима, бежичним комуникацијама и батеријским напајањим технологијама да би осмислили и направили нов систем повећања безбедности на путевима. Састоји се од низа чворова који су постављени на обе стране пута, међусобно одвојених од неколико десетина до неколико стотина метара. Сваки чвор се састоји од (i) светлосног подсистема за сигнализацију, (ii) сензорског подсистема за откривање возила, (iii) бежичног комуникационог подсистема за размену порука са суседним чворовима, и (iv) енергетско-напојног подсистема са батеријом и

соларним ћелијама. Током дана чворови пуне своје батерије, док током смањене видљивости и/или ноћи прелазе у радни режим, омогућајући откривање возила и правовремену сигнализацију. При откривању пролазећег возила, чвор шаље бежичну поруку. Након откривања или пријема поруке о откривеном возилу од стране неког суседног чвора, светлосна сигнализација би требало да се упали (или бела или црвена, у зависности од стране пута). У циљу очувања енергије смештене у батерији, сигнализација се гаси након неког предефинисаног временског периода. Чворови су постављени уз ивице пута, без потребе за ометањем саобраћаја током монтаже или одржавања. Такође, систем може бити повезан на интернет преко одговарајућег пролаза. То може омогућити да се информације са чворова прослеђују у центар даљинског управљања где се пут и чворови могу надзирати. Ово омогућаје широку примену у возило-инфраструктура (*vehicle-to-infrastructure*, V2I) системима.

Систем евентуално може заменити постојећу сигнализацију засновану на пасивним рефлекторима. Верујемо да ће примена овог система значајно побољшати безбедност на путевима. Узимајући у обзир укупну дужину ауто-путева у САД (4,209,835 километара [4]), постоји јасан тржишни потенцијал за ово или слична решења.

У одељку II описујемо мрежну организацију, поставку и функционалност. У одељку III архитектура чворова је описана, са функцијом и утицајем сваког подсистема. У одељку IV описано је повезивање са Интернетом. Закључак представља одељак V.

II. ПРИКАЗ МРЕЖНЕ ОРГАНИЗАЦИЈЕ И ФУНКЦИОНАЛНОСТИ СИСТЕМА

Сл. 1 приказује основну поставку и функционалност система. Удаљеност између чворова зависи од услова на путу. На пример, оштрије кривине би захтевале збијеније постављање чворова. Направили смо експериментално окружење које се састоји од 20 „Road Nail“ чворова.

Овај рад је делимично финансиран од стране Министарства за науку Републике Србије, пројекат 11005, од 2008. год.

Бојан Миладиновић, (email: bojan.miladinovic@rt-rk.com)

Драган Самарџија, Факултет Техничких Наука у Новом Саду (email: dragan.samardzija@rt-rk.uns.ac.rs)

Ерне Ковач, (email: erne.kovac@rt-rk.com)

Ђорђе Исаиловић, (email: djordje.isailovic@rt-rk.com)

Никола Теслић, Факултет Техничких Наука у Новом Саду (email: nikola.teslic@rt-rk.uns.ac.rs)

Михајло Катона, Факултет Техничких Наука у Новом Саду (email: mihajlo.katona@rt-rk.uns.ac.rs)

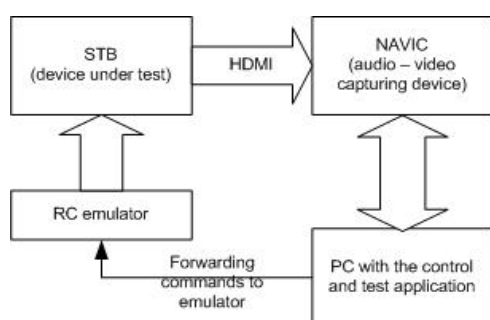
НАПОМЕНА:

a) Ovaj rad proistekao je iz master rada Bojana Miladinovića. Mentor je bio prof. dr Nikola Teslić.

b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji TELFOR, Beograd, novembar 2010.

kutija, nije potrebno poznavati njegovu implementaciju, što je osnovna prednost ovog testiranja. Sistem za testiranje obuhvata samo ulazni signal u DUT i odgovor DUT kako bi se testirala njegova funkcionalnost u određenom stanju (stanje je postavljeno automatskom kontrolom). Osoba koja upravlja testovima ne mora posedovati detaljno znanje o DUT ili sistemu koji se testira, pošto se testovi za ciljnu platformu izvršavaju sa stanovišta krajnjeg korisnika.

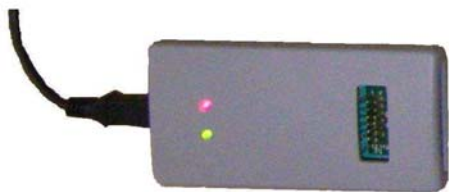
Sistem za testiranje se sastji iz uređaja koji su prikazani na Slici 1, a to su: (i) uređaj za testiranje - STB, (ii) sistem za grebovanje slike i zvuka - NAVIC [5], (ii) kontrolni uređaj kojim se komande prosleđuju STB (Remote controller emulator) kako bi se postavio u određeno stanje, (iii) PC sa kontrolnom i test aplikacijom.



Slika 1: Generalni opis BBT sistema za testiranje.

Centralni deo sistema za testiranje predstavlja uređaj koji se testira (STB). Pomoću generatora slike / zvuka, na ulaz STB se dovode odgovarajući signali slike / zvuka. Komandna jedinica PC postavlja STB u željeno stanje, a STB na izlazu daje sliku, koja se snima uz pomoć platforme za snimanje i smešta na masovnu memoriju PC računara. Programska podrška kontrolne aplikacije PC – a upoređuje dobijenu sliku sa referentnom, i na osnovu toga zaključuje da li se testirani uređaj ponaša u skladu sa očekivanjima ili ne.

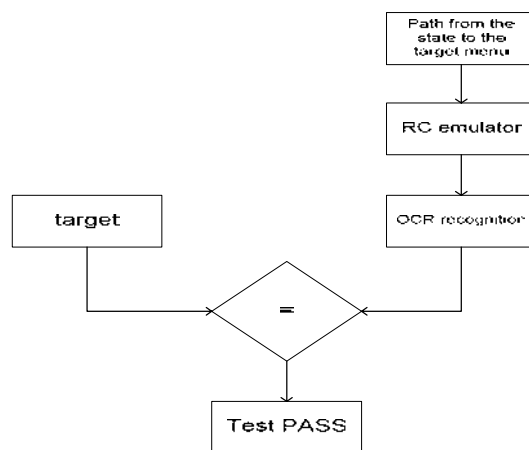
Emulator daljinskog upravljačkog (RC) uređaja prikazan je na Slici 2. Ulaz u RC emulator je mini USB kabl iz PC, dok se na njegovom izlazu generišu svetlosni signali. Ovaj uređaj ima ulogu da putem IR signala šalje komande STB i tako omogući automatsku navigaciju kroz menije STB.



Slika 2: Emulator daljinskog upravljačkog uređaja.

III. PREDLOŽENA METODA ZA AUTOMATSKU FUNKCIONALNU VERIFIKACIJU MENIJA STB

Generalni opis preložene metode za automatsko testiranje funkcionalne verifikacije menija STB je prikazan na Slici 3. Kao rešenje za testiranje funkcionalnosti menija (uključujući i navigaciju) specijalno je dizajniran structure menu device driver (SMDD), koji omogućava kretanje kroz menije i selektovanje određenog stanja menija. Nakon toga, poredi se trenutno stanje sa referentnim (kao što je prikazano na Slici 3). Funkcionalnost ovog drajvera posebno omogućava: (i) postavljanje menija STB u željeno stanje za izabrani "menu item", (ii) ekstraktovanje teksta određenog stanja menija, (iii) poređenje ekstraktovanog teksta selektovanog stanja menija i željenog (referentnog) stanja. Na osnovu rezultata poređenja, donosi se zaključak o ispravnosti menija na datoj poziciji. Blok dijagram koji opisuje osnovnu funkcionalnost SMDD, opisan je na Slici 3.



Slika 3: Blok dijagram pristupa funkcionalnoj verifikaciji menija.

U okviru izvršenja SMDD, ulazna informacija koja se odnosi na putanju do selektovanog "menu item" se prosleđuje RC emulatoru (Slika 2). Nakon toga, STB se postavlja u željeno stanje (izvršavanjem RCDD). Zatim se za izdvajanje teksta iz ciljnog (referentnog) "menu item" izvršava OCRDD. Ukoliko je željeni meni jednak ekstraktovanom „string” sadržaju selektovanog stanja menija, test će uspešno biti izvršen, i sistem će odgovoriti sa PASS.

Za funkcionisanje ovog drajvera specijalno su dizajnirani i uključeni OCRDD i RCDD. OCRDD omogućava ekstrakciju teksta u slici. Zbog veće preciznosti, ekstrakcija teksta u slici se vrši nad regionom slike, a ne nad celom slikom. RCDD sa druge strane ima za cilj kodiranje svakog tastera daljinskog uređaja u heksadecimalne brojeve, koji se mogu prepoznati i konvertovati u IR signale. Korišćenjem IR signala se automatski šalju komande STB.

Preduslov za omogućavanje odgovarajuće funkcionalnosti SMDD je ručno pisanje strukture menija

jednog tipa STB u neku tekstulnu datoteku. Izgled menija jednog tipa STB prikazan je na Slici 4.



Slika 4: Izgled jednog menija STB.

Prikazani izgled menija ima sedam glavnih menija, od kojih je jedan "Option". On ima podmenije za izbor jezika grafike, titla, jezika zvuka, formata audia i automatskog gasenja. Korisnik u zavisnosti od potreba može vršiti izbor sadržaja pomenutih podmenija. Programaska podrška strukture ručno napisanog menija "Option", predstavljena je na Slici 5.

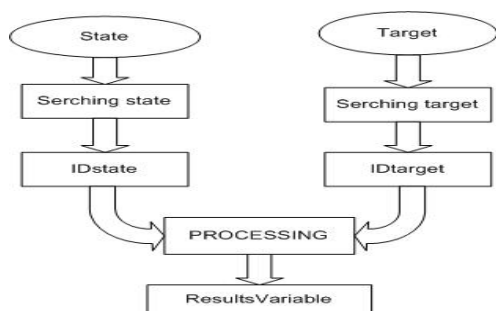
```

Item: Item
ID=05
name = Option
parent = MAIN
prev = Time
next = Subtitle
region = 833.292.1082.380
enter = DOWN
prev_nav = LEFT
follows_nav = RIGHT
submenu = OSD Language, Subtitle Language, Audio Language, Digital Audio, Auto Power Off
instance = single
inst_number = 1
address = sample.1.1.1.1
exit = BACK

```

Slika 5: Struktura ručno napisanog menija Option.

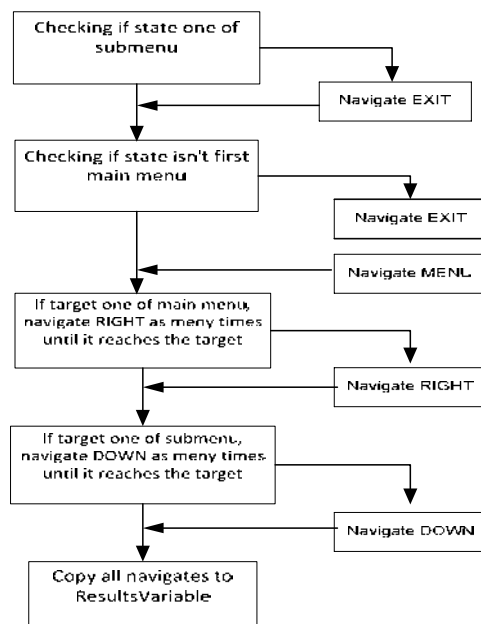
Ova struktura se sastoji iz imena menija, njihovih prethodnika, sledbenika, kao i podmenija iz kojih se sastoji. Svaku poziciju menija karakteriše jedinstven identifikacioni broj. Struktura je definisana i odgovarajućim komandama za navigaciju levo, desno, gore ili dole. Neki od podmenija u pojedinim situacijama mogu biti aktivni, dok u drugim ne, što je na poseban način definisano u strukturi. Pošto je struktura menija napisana, vrši se njeno parsiranje i čuvanje u posebnu varijablu, nakon čega je omogućena pretraga putanje (Slika 6).



Slika 6: Blok šema dobijanja putanje pretragom structure menija.

Variabla "state" predstavlja ekstraktovani "string" trenutne pozicije menija (selektovanog "menu item").

Variabla "target" predstavlja zadato (referentno) stanje menija. Svaka stavka menija određena je sa jedinstvenim identifikacionim brojem (ID) preko koga se obavlja pretraga. Na osnovu ID početne i zadate "target" stavke menija, određuje se putanja između njih kao skup komandi koje omogućavaju navigaciju do zadanog "menu item". Detaljan opis dobijanja putanje prikazan je na Slici 7.



Slika 7: Processing.

Pri određivanju putanje, vodi se računa da li je "state" prvi glavni meni (početna pozicija menija), ili je neka stavka od drugih glavnih menija, odnosno podmenija. Time je omogućeno u slučaju da trenutna pozicija menija nije na početnoj poziciji, odgovarajućim komandama koje se čitaju iz generisane strukture, a koje se upisuju u specijalno definisanu "ResultsVariable", meni STB postavi u inicialno početno stanje. Zatim se, na osnovu prethodno izračunatog ID – a "target" menija, odgovarajuće komande za navigaciju aktiviraju onoliko puta koliko je potrebno da bi se meni STB postavio u željeno stanje. Skup određenih komandi za postavljanje menija u željeno stanje se upisuju u "ResultsVariable", koja predstavlja putanju za navigaciju kroz menije.

Dobijene komande za navigaciju se u python testu parsiraju iz "ResultsVariable" i prosleđuju RC emulatoru. RC emulator dalje izdaje komande STB čime se postiže automatska navigaciju kroz menije STB u svrhu njihove efikasne funkcionalne verifikacije.

IV. REZULTATI TESTIRANJA

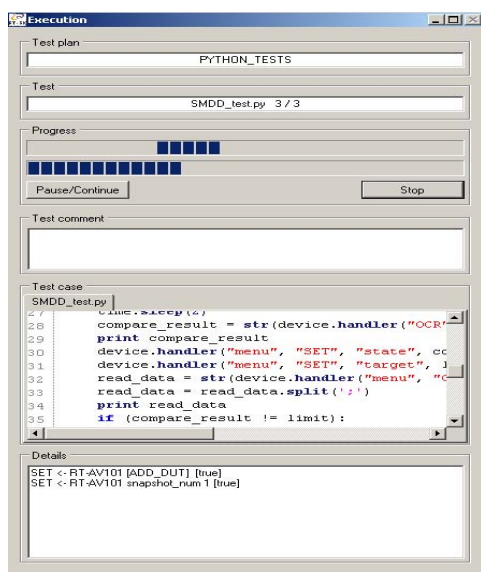
Performanse predložene metode za testiranje za funkcionalnu verifikaciju menija su ocenjene za različite tipove menija i različite tipove "menu item". Konkretno, testirali smo 10 "menu item" za 5 tipova menija, za koje su rezultati pokazali robusnost i efikasnost. Jedini slučaj kada dolazi do problema je kod

RCDD i OCRDD (u slučaju kada je pozadina slike složena, ili kada su koordinate regiona slike nepravilno zadate).

BBT aplikacija na kojoj je predložena metoda implementirana i testirana, prikazana je na Slici 8, gde je opisan i GUI. Prvi prozor predstavlja naziv test-plana. Ispod njega, u sledećem prozoru se nalazi ime testa (SMDD_test.py). Spisak komandi koje će se redom izvršavati nalazi se u polju "Test Case". Svaka komanda se sastoji iz četiri parametra. Prvo se piše naziv uređaja, odnosno algoritma koji se koristi. Drugi parametar je SET ili GET metoda u zavisnosti od toga da li se postavlja neka vrednost ili iščekuje rezultat. Treći parametar predstavlja naziv same komande, dok četvrti parametar može biti makro ili neka referentna slika. Detalji izvršavanja se nalaze u poslednjem prozoru (Details). Svaka komanda može biti uspešno izvršena ili ne (thruje ili false). Ukoliko su svi uređaji ispravno povezani i systemska podrška radi kako treba sve komande će biti thruje, u suprotnom se proverava da li je sve spojeno kako treba, restartuje sistem i pokreće testiranje ispočetka.

Nakon izvršavanja svakog testa, može se videti da li je bio uspešan. Na Slici 9 prikazan je prozor "History" unutar kojeg se nalazi spisak testova koji su izvršeni. Moguće su tri vrste rezultata testa: (i) Pass – test je zadovoljio kriterijume testa, (ii) Fail – test nije zadovoljio kriterijume testa, (iii) Inconclusive – nije moguće odrediti rezultat testa iz nekog razloga.

Ukoliko je ekstraktovani "string" sadržaj selektovanog "menu item" jednak željenom (referentnom) stanju, test će uspešno biti izvršen, i sistem će odgovoriti sa PASS. Na osnovu toga se donosi zaključak da li je željeni meni ispravan na zadatoj poziciji, čime je postignuta efikasna funkcionalnu verifikaciju menija STB.



Slika 8. Prozor aplikacije za izvršavanje test plana.

No.	Test name	Result	Time
1	menuSMDD.py	PASS	01/09/2011 09:47:33
2	menuSMDD.py	PASS	01/09/2011 09:47:39
3	menuSMDD.py	PASS	01/09/2011 09:47:45
4	menu.tst	INCONCLUSIVE	01/09/2011 09:48:27
5	menuSMDD.py	PASS	01/09/2011 09:48:36
6	final_menu2.py	FAIL	01/09/2011 09:49:24
7	menuSMDD.py	PASS	01/09/2011 09:49:32
8	menuSMDD.py	INCONCLUSIVE	01/09/2011 09:49:40

Slika 9. Prikaz izvršenih testova.

ZAKLJUČAK

U radu je oposano novo rešenje za automatsku navigaciju kroz menije preko specijalno dizajniranog funkcionalnog drajvera. Funkcionalnost ovog drajvera omogućava postavljanje menija STB u željeno stanje, na osnovu zadatog "menu item". Ovaj drajver omogućava efikasnu funkcionalnu verifikaciju menija STB.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije, projekat 32029, od 2011. godine.

LITERATURA

- [1] Greg Bartlet, „Digital set – top boxes in IEEE 1934 home entertainment“, Electronics Engineer, June 2000.
- [2] Dušica Marijan, Vladimir Zlokolica, Nikola Teslić, Vukota Peković, Tarkan Teckan, „Automatic Functional TV Set Failure Detection System“, IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 56, No. 1, FEBRUARY 2010.
- [3] *Black Box Testing*, RT-RK, www.bbt.rs.
- [4] Jan Zloh, Nikola Teslić, Vukota Peković, „Jedno rešenje programske podrške za automatsko testiranje TV prijemnika“. TELFOR, Beograd, Srbija, 2006.
- [5] Network Attached Video Capture Device – NAVIC RT-AV100, http://www.rt-rk.com/audiovideo-capture_devices/navic.html.

ABSTRACT

This paper describes a new solution for automated error free navigation through the STB menu for effective functional verification of the STB. The proposed testing solution is based on the existing BBT testing system for testing STB, by specially designed functional drivers. The proposed testing solution provides greater testing efficiency and robustness for the STB functional verification.

A NOVEL APPROACH FOR AUTOMATIC SET – TOP BOX MENU ERROR FREE NAVIGATION

Nebojša Milutinović, Branislav Zuković, Jan Zloh, Vukota Peković, Vladimir Zlokolica

U realizaciji Zbornika radova Fakulteta tehničkih nauka u toku 2011. godine učestvovali su sledeći recenzenti:

Aleksandar Erdeljan	Đorđe Obradović	Milan Narandžić	Radoš Radivojević
Aleksandar Kovačević	Đorđe Vukelić	Milan Simeunović	Radovan Štulić
Bato Kamberović	Đura Oros	Milan Trifković	Rastislav Šostakov
Biljana Njegovan	Đurđica Stojanović	Milan Trivunić	Sebastian Baloš
Bogdan Kuzmanović	Emil Šećerov	Milan Vidaković	Slavka Nikolić
Bogdan Sovilj	Erika Malešević	Milan Zeljković	Slavko Đurić
Bojan Lalić	Filip Kulić	Milenko Kljajić	Slobodan Krnjetin
Bojan Tepavčević	Goran Anđelić	Milenko Sekulić	Slobodan Milovančev
Boris Antić	Goran Sladić	Milica Miličić	Slobodan Morača
Boris Dumnić	Goran Stojanović	Milinko Vasić	Slobodan Navalušić
Boris Jakovljević	Goran Švenda	Milomir Veselinović	Slobodan Tabaković
Boško Ševo	Goran Vujić	Miloš Slankamenac	Sonja Ristić
Branislav Atlagić	Gordana Stojić	Miloš Živanov	Srboljub Simić
Branislav Borovac	Gordana Milosavljević	Milovan Lazarević	Srđan Kolaković
Branislav Marić	Gordana Ostojić	Miljana Prica	Stevan Stankovski
Branislav Nerandžić	Igor Budak	Miljko Satarić	Tanja Kočetov
Branislava Novaković	Igor Karlović	Miodrag Hadžistević	Tatjana Lončar
Branka Nakomčić	Ilija Bašičević	Mirjana Malešev	Todor Bačkalić
Branko Milosavljević	Ilija Kovačević	Mirjana Miloradov	Toša Ninkov
Branko Perišić	Ivan Beker	Mirjana Mišić	Uroš Nedeljković
Cvijan Krsmanović	Ivan Luković	Mirjana Radeka	Valentin Glavardanov
Čedomir Stefanović	Ivan Stanivuković	Mirjana Subotin	Valentina Basarić
Danijela Lalić	Ivan Župunski	Miro Govedarica	Velimir Čongradec
Darko Marčetić	Janko Hodolić	Miroslav Hajduković	Veljko Malbaša
Darko Reba	Jasmina Dražić	Miroslav Kljajić	Vera Lazić
Dejan Vukobratović	Jelena Atanacković	Miroslav Nimrihter	Veran Vasić
Dragan Jovanović	Jeličić	Miroslav Popović	Veselin Avdalović
Dragan Kukolj	Jelena Radonić	Mitar Jcanović	Veselin Perović
Dragan Mrkšić	Jelena Tričković	Mladen Kovačević	Vladan Radlovački
Dragan Popović	Jovan Petrović	Momčilo Kujačić	Vladeta Gajić
Dragan Šešlija	Jovan Tepić	Nađa Kurtović	Vladimir Katić
Dragana Bajić	Jovan Vladić	Nebojša Pjevalica	Vladimir Radenković
Dragana Konstantinović	Kalman Babković	Neda Pekarić Nađ	Vladimir Srdić
Dragana Šarac	Katarina Gerić	Nemanja Stanisavljević	Vladimir Todić
Dragoljub Novaković	Ksenija Hiel	Nikola Čelanović	Vladimir Vujičić
Dragutin Stanivuković	Laslo Nađ	Nikola Jorgovanović	Vlastimir Radonjanin
Dušan Kovačević	Leposava Grubić Nešić	Nikola Radaković	Vuk Bogdanović
Dušan Dobromirov	Livija Cvetičanin	Nikola Teslić	Zdravko Tešić
Dušan Gvozdenac	Ljiljana Vukajlov	Ognjen Lužanin	Zoran Anišić
Dušan Malbaški	Ljiljana Živanov	Pavel Kovač	Zoran Brujić
Dušan Sakulski	Ljubica Duđak	Pavle Gladović	Zoran Milojević
Dušan Uzelac	Maja Turk Sekulić	Petar Malešev	Zoran Mitrović
Duško Bekut	Marin Gostimirović	Predrag Šiđanin	Zoran Papić
Duško Đurić	Maša Bukurov	Radivoje Dinulović	Željen Trpovski
Đorđe Ćosić	Matija Stipić	Rado Maksimović	Željko Jakšić
Đorđe Lađinović	Milan Martinov	Radoš Radenković	Željko Kanović

