

IT'20
ŽABLJAK

XXIV
međunarodna konferencija
**INFORMACIONE
TEHNOLOGIJE**
SADAŠNJOST I BUDUĆNOST

Urednik
Božo Krstajić

IT'20

**INFORMACIONE
TEHNOLOGIJE**
- SADAŠNJOST I BUDUĆNOST –

**Urednik
Božo Krstajić**

**Zbornik radova sa XXIV međunarodne konferencije
INFORMACIONE TEHNOLOGIJE - sadašnjost i budućnost
održane na Žabljaku od 18. do 22. februara 2020. godine**

Zbornik radova
INFORMACIONE TEHNOLOGIJE – sadašnjost i budućnost 2020

Glavni urednik
Prof. dr Božo Krstajić
Elektrotehnički fakultet Univerziteta Crne Gore

Izdavač
IT društvo
Podgorica, Crna Gora
www.it.ac.me

Tehnička obrada
Doc. dr Žarko Zečević
Elektrotehnički fakultet Univerziteta Crne Gore

Tiraž
100
Podgorica 2020.

Sva prava zadržavaju izdavač i autori

Organizator

IT društvo, Crna Gora

Elektrotehnički fakultet, Univerzitet Crne Gore

Skup podržali

The Institute of Electrical and Electronics Engineers – IEEE

Fakultet za informacione sisteme i tehnologije, Univerzitet Donja Gorica

Ministarstvo nauke Crne Gore

Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu

Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet Crne Gore

Čikom d.o.o. informatički inženjering

Elektroprivreda Crne Gore

Roaming Networks

Symantec

Nacionalna turistička organizacija Crne Gore

Programski odbor

Dr Despina Anastasiadou, Research & Development Innovation Academy, Solun, GRC
Dr Miroslav Bojović, Elektrotehnički fakultet, BU, Beograd, SRB
Dr Milorad Božić, Elektrotehnički fakultet, UBL, Banja Luka, RS, BIH
Dr Chun-Yen Chang, National Taiwan Normal University, Taipei, TWN
Dr Miloš Daković, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE
Dr Boris Dumnić, Fakultet tehničkih nauka, UNS, Novi Sad, SRB
Dr Slobodan Đukanović, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE
Dr Slavko Gajin, Elektrotehnički fakultet, BU, Beograd, SRB
Dr Sašo Gelev, Elektrotehnički fakultet, UGD, Radoviš, MKD
Dr Dragan Janković, Elektronski fakultet, UN, Niš, SRB
Dr Novak Jauković, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE
Dr Ana Jovanović, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE
Dr Božo Krstajić, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE
Dr Vujica Lazović, Ekonomski fakultet, UCG, Podgorica, MNE
Dr Budimir Lutovac, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE
Dr Zoran Milivojević, Visoka tehnička škola strukovnih studija, Niš, SRB
Dr Gabriel Neagu, National Institute for Research & Development in Informatics, Bucharest, ROU
Dr Milica Pejanović-Đurišić, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE
Dr Dejan Popović, akademik, ITN SANU, Beograd, SRB
Dr Tomo Popović, Fakultet za informacione sisteme i tehnologije, UDG, Podgorica, MNE
Dr Vesna Popović-Bugarin, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE
Dr Milutin Radonjić, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE
Dr Milovan Radulović, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE
Dr Igor Radusinović, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE
Dr Vesna Rubežić, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE
Dr Dušan Savić, Fakultet organizacionih nauka, BU, Beograd, SRB
Dr Alex Sprintson, Texas A&M University College Station, TX, USA
Dr Biljana Stamatović, Fakultet za informacione sisteme i tehnologije, UDG, Podgorica, MNE
Dr Tatjana Stanivuk, Pomorski fakultet, SS, Split, HRV
Dr Stevan Šćepanović, Prirodno-matematički fakultet, UCG, Podgorica, MNE
Dr Ramo Šendelj, Fakultet za informacione sisteme i tehnologije, UDG, Podgorica, MNE
Dr Goran Šuković, Prirodno-matematički fakultet, UCG, Podgorica, MNE
Dr Nikša Tadić, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE
Dr Zdravko Uskoković, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE
Dr Zoran Veljović, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE
Dr Siniša Vlajić, Fakultet organizacionih nauka, BU, Beograd, SRB
Dr Le Xie, Texas A&M University College Station, TX, USA
Dr Žarko Zečević, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE

Organizacioni odbor

Dr Božo Krstajić, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE - Predsjedavajući konferencije

Dr Milovan Radulović, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE - Finansijski rukovodilac konferencije

Dr Žarko Zečević, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE

Dr Milutin Radonjić, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE

Dr Zoran Veljović, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE

Dr Tomo Popović, Fakultet za informacione sisteme i tehnologije, UDG, Podgorica, MNE

Vladan Tabaš, dipl.ing., Čikom, Podgorica, MNE

Slavoljub Popadić, dipl.ing., Rudnik uglja Pljevlja, MNE

Nemanja Vojvodić, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE

P R E D G O V O R

Dragi učesnici i čitaoci,

Durmitor je u februaru okovan ledom i snijegom, a Žabljak je protekle 24 godine pružio topao kutak za jednu od najprestižnijih naučno-stručnih konferencija u regionu “INFORMACIONE TEHNOLOGIJE – sadašnjost i budućnost”. Svi mi smo iz godine u godinu, u okviru IT-a, snažno pomjerali sopstvene granice znanja i umjeća podstaknuti iskrenim druženjima i nadahnuti veličanstvenom prirodom Durmitora. Iz riznice naših IT uspomena koja se punila tolike godine uvijek možemo izvući poneku novu ideju, motiv ili misao koja će pokrenuti neku novu budućnost i opet nas sakupiti na Žabljaku. Pred vama je još jedan doprinos toj riznici uspomena, zbornik prezentovanih radova na XXIV naučno-stručnoj konferenciji „INFORMACIONE TEHNOLOGIJE – sadašnjost i budućnost 2020“, pisanih na našem jeziku i sažetaka radova koji su pisani na engleskom jeziku. Kompletni radovi na engleskom jeziku su dostupni u IEEE Xplore bazi.

Programski odbor je tokom procesa anonimne međunarodne recenzije radova odabrao 52 autorska rada, od kojih su pred vama 20 kompletnih i 32 sažetka. Programski odbor se zahvaljuje autorima jer kvalitetom svojih radova podižu kvalitet same konferencije prezentujući originalna postignuća svojih istraživanja upravo na našoj konferenciji. Procenat radova koji su prihvaćeni za prezentovanje na ovogodišnjoj konferenciji je 85%.

Svi učesnici su potvrdili da je ovo, do sada, IT sa najboljim programskim, kulturno-zabavnim i turističkim sadržajem kojeg je pratilo 258 registrovanih učesnika, 100 studenata sa sva 2 crnogorska univerziteta i veliki broj online posjetilaca. Konferencija je, kao i ranijih godina, bila medijski ispraćena i podržana na od velikog broja renomiranih kompanija i institucija.

Sve detalje o ovom, prošlim i narednom skupu možete naći na web adresi konferencije www.it.ac.me.

Prof. dr Božo Krstajić

SADRŽAJ

AUTORSKI RADOVI	1
Ana Ivanović Značaj aplikativnog rješenja u sistematizaciji podataka o potencijalnim rizicima po bezbjednost informacija.....	2
Aleksandar Vučeraković Priprema IT organizacije za implementaciju ITIL 2011 - v3 okvira.....	6
Nedeljko Nikolić Pregled Windows IoT operativnih sistema	10
Radmila Gagić, Danilo Nikolić Primjena analitičkih modela za procjenu emisije zagađivača sa kruzer brodova u Bokokotorskom zalivu	14
Duško Šušlavčević Uticaj svijesti zaposlenih na bezbjednost podataka u organizacijama	18
Danko Petrić, Nikša Tadić i Milena Erceg Generator n nepreklapajućih takt-impulsa za sisteme sa dinamičkom obradom signala.....	22
Jelena Šuh Analiza pokazatelja razvoja Interneta u Srbiji i Crnoj Gori.....	26
Asanović Pavle Primjer bežičnog povezivanja PLC-a pomoću GSM-a.....	30
Aleksandar Dedić Jedan primjer primjene mikrokontrolera umjerenjima napona, struje i snage.....	34
Zoran N. Milivojević, Zoran Veličković, Dijana Kostić Optimizacija parametra BL jezgra u spektralnom domenu.....	38
Bojan P. Prlinčević, Zoran N. Milivojević Robusnost SVD watermarking algoritma kod IS mapiranja u prisustvu eha.....	42
Nataša Savić, Zoran Milivojević Komparativna analiza algoritama za korekciju kontrasta slika u boji	46

Siniša Vlajić, Tatjana Stojanović, Miloš Milić, Vojislav Stanojević Softverski sistem za predikciju sekvence brojeva zasnovan na UN modelu predviđanja	50
Милош Милић, Војислав Станојевић, Татјана Стојановић, Саша Лазаревић, Синиша Влајић Упоредни преглед ISO/IEC 25000, ISO/IEC 12207 и MISRA-C стандарда квалитета	54
Marijana Gajić, Ilija Antović, Svetlana Jovanović, Ana Miličević Projektovanje Metaregistra državne uprave zasnovano na Observer softverskom paternu.....	58
Ena Đapić, Vladan Radulović Analiza uticajnih faktora za nastanak korone na visokonaponskim vodovima.....	62
Jasna Suljević, Vladan Radulović Simulacije veoma brzih prelaznih prenapona u SF ₆ postrojenju.....	66
Svetozar Tomović Proračun karakteristika ACCC provodnika.....	70
Biljana Knežević, Vladan Radulović Uticaj upadnog ugla lidera na elektroteometrijski model nadzemnih vodova	74
Filip Mišurović Lociranje kvara u mrežama primjenom impedansnih metoda	78
APSTRAKTI AUTORSKIH RADOVA OBJAVLJENIH U IEEE XPLOR-u	82
J. Končar, S. Vučenović and R. Marić Application of Unmanned Aerial Vehicle Technology in Commerce	83
Žarko Zečević and Božo Krstajić Dynamic phasor and frequency estimation considering harmonic interferences	84
Milutin Radonjić, Goran Kvašček, Milovan Radulović, and Božo Krstajić One Example of Mobile Hardware Platform for Sound Acquisition in Industrial Environment.....	85
S. Vujnović, Ž. Đurović, A. Marjanović, Ž. Zečević, and M. Micev State Detection of Rotary Actuators Using Wavelet Transform and Neural Networks	86
Nikola Pavličević, Nikola Žarić, and Milutin Radonjić Analysis of Ultrasound Sensor Applicability in AAL Systems for Cooking Process Monitoring	87
Maja Rolevski, and Žarko Zečević MPPT Controller Based on Neural network Model of Photovoltaic Panel	88

Radovan Čvorović, Luka Lazović, Vesna Rubežić and Ana Jovanović Printed asymmetrical Sierpinski slot antenna for energy harvesting application.....	89
Vasilija J. Sarac, Dragan I. Minovski and Goce G. Stefanov Virtual Laboratories - an Innovative Concept in Teaching of Electrical Engineering	90
Hasan Yetis, Mehmet Karakose A Cyber-Physical-Social System Based Method for Smart Citizens in Smart Cities.....	91
Jasmina Novakovic, Suzana Markovic Classifier Ensembles for Credit Card Fraud Detection.....	92
Sanja Bauk, Nexhat Kapidani, Žarko Lukšić, Filipe Rodrigues, Luís Sousa Review of Unmanned Aerial Systems for the Use as Maritime Surveillance Assets.....	93
Hasan Yetis, Mehmet Karakose Modelling Type-2 Fuzzy Systems by Optimized Nonstationary Fuzzy Sets with Genetic Algorithm	94
Nina Šepić, Enis Kočan, and Milica Pejanović-Djurišić Evaluating spatial reuse in 802.11ax networks with interference threshold adjustment	95
Suada Hadzovic, Irena Seremet, Sasa Mrdovic, and Samir Causevic Reduction of Energy Consumption based on Replacement of Routers with SDN Switches.....	96
Ivan Rašović, Zoran Mijanović Proposal of an industrial communication system based on ZigBee technology	97
Luka Martinović, Žarko Zečević, and Božo Krstajić Distributed Control Strategy for Multi-Agent Systems Using Consensus Among Followers.....	98
Miloš Brajović, Ljubiša Stanković, and Miloš Daković On Polynomial Approximations of Spectral Windows in Vertex-Frequency Representations.....	99
Zoran S. Veličković, Zoran N. Milivojević Video protection by color watermark using a modified cyclic insertion scheme	100
Ivana Konatar, Tomo Popovic, and Natasa Popovic Box-Counting Method in Python for Fractal Analysis of Biomedical Images	101
Stevan Čakić, Tomo Popović, Stevan Šandi, Srđan Krčo, and Anita Gazivoda The Use of Tesseract OCR Number Recognition for Food Tracking and Tracing	102

Draško Radovanović, Slobodan Đukanović Image-Based Plant Disease Detection: A Comparison of Deep Learning and Classical Machine Learning Algorithms.....	103
Aida Ismailisufi, Tomo Popović, Nenad Gligorić, Sanja Radonjić, and Stevan Šandi A Private Blockchain Implementation Using Multichain Open Source Platform	104
Mirko Miljanic, Nikola Zaric Review of collaborative software applications and integration with standard collaboration tools	105
Malek Safieh, Jurgen Freudenberger Montgomery Modular Arithmetic over Gaussian Integers	106
Malek Safieh, Daniel Nicolas Bailon, Jurgen Freudenberger An Acceptance Criterion for HybridAlgebraic and Soft-input Decoding	107
Igor Radišić, Saša Lazarević, Ilija Antović, Vojislav Stanojević Evaluation of Predictive Capabilities of Similarity Metrics in Machine Learning.....	108
Tatjana D.Stojanovic, Sasa D.Lazarevic, Milos Milic, Ilija Antovic Identifying microservices using structured system analysis	109
Anita Ilić, Ana Ličina, Dušan Savić Chatbot development using Java tools and libraries.....	110
Zorana Ikonić, Valentina Andjelković, Dušan Savić, and Alberto Rodrigues da Silva Development DSL for data dictionary using MPS	111
Uroš Kuč, Saša Mujović Integration of prosumers as a measure for increasing of power system flexibility - a case study of Montenegro	112
Ibrahim Mohamed Diaaeldin, Shady H. E. Abdel Aleem, Ahmed El-Rafei, Almoataz Y. Abdelaziz, and Martin Čalasan Optimal Network Reconfiguration and Distributed Generation Allocation using Harris Hawks Optimization	113
Katarina Kecojević, Ognjen Lukačević, Martin Čalasan, and Saša Mujović Minimizing active power losses by incorporating Static VarCompensator (SVC) device into the power system.....	114

AUTORSKI RADOVI

Značaj aplikativnog rješenja u sistematizaciji podataka o potencijalnim rizicima po bezbjednost informacija

Ana Ivanović

Sadržaj — U vremenu u kojem su zlonamjerni upadi u sisteme postali gotovo uobičajena pojava, očuvanje bezbjednosti informacija ima visoko mjesto na listi prioriteta svake organizacije. Da bi organizacija mogla da ide u korak sa pojavljivanjem novih rizika, neophodno je da se podaci o informacijskim resursima i rizicima što efikasnije evidentiraju, da se njihove procjene sprovode automatski, te da se na taj način pravovremeno dobije set podataka o njima u obliku koji je najpogodniji za sprovođenje analize. U ovom radu je prezentirano aplikativno rješenje koje je razvijeno u cilju realizacije pomenutih procesa.

I. UVOD

Bezbjednost informacija (*Information security – Infosec*) podrazumijeva uspostavljanje skupa poslovnih procesa koji će zaštititi informacijske resurse, [1], [2]. Informacijski resursi su cjeline znanja koje su organizovane u obliku jednog entiteta i kojima se na takav način i upravlja, [3], [4]. Oni imaju svoju finansijsku vrijednost koja je direktno proporcionalna broju ljudi koji ih mogu koristiti [1], [2]. S obzirom da informacije mogu imati kratak životni ciklus, vrijednost informacijskog resursa se vremenom smanjuje. Brzina kojom informacijski resurs gubi vrijednost zavisi od vrste informacija koje resurs predstavlja, kao i od toga koliko tačne informacije mogu ostati s vremenom. Metodologije vezane za bezbjednost informacija se temelje na osnovnim ciljevima CIA trojstva (*C – Confidentiality, I – Integrity, A – Availability*), a to su održavanje povjerljivosti, integriteta i dostupnosti IT sistema i poslovnih podataka, [4], [5]. U tom smislu, povjerljivost je skup pravila koji ograničavaju pristup informacijama, integritet je garancija da su informacije pouzdane i tačne, a dostupnost je garancija pouzdanog pristupa informacijama za ovlašćene korisnike.

Posljedično, svaka organizacija treba da ima podatke o identifikovanim informacijskim resursima u smislu njihovog vrednovanja, uočavanja mogućih rizika po njih, procjene rizika, koncipiranja plana za preduzimanje mjera koje bi smanjile uticaj rizika, kao i ocjene uspješnosti preduzetih mjera. Naročito je bitno da se prikupljeni podaci jednostavno evidentiraju i smisljeno grupišu, kao i da se nalaze u obliku koji omogućava generisanje izvještaja neophodnih za valjano praćenje postojećih rizika, ali i identifikaciju novih. S obzirom da se rizici veoma brzo multipliciraju, mora postojati efikasan način za evidentiranje, procjenjivanje i prezentiranje podataka o identifikovanim rizicima. U tom smislu, upotre-

bom namjenski razvijenog aplikativnog rješenja odnosno informacionog sistema za upravljanje rizicima po bezbjednost informacija postiže se visoka efikasnost.

Predmet ovog rada je kreiranje i implementacija takvog aplikativnog rješenja u Centralnoj banci Crne Gore (CBCG), kao i uticaj upotrebe ovog rješenja na unapređenje procesa upravljanja rizicima po bezbjednost informacija.

II. REGULATIVA ZA UPRAVLJANJE RIZICIMA PO BEZBJEDNOST INFORMACIJA U CENTRALNOJ BANCII

Metodologija za upravljanje rizicima po bezbjednost informacija CBCG (Metodologija) propisuje da se upravljanje rizicima sprovodi kroz identifikaciju i vrednovanje informacijskih resursa u CBCG, njihovo grupisanje u određene kategorije, identifikaciju i ocjenu ranjivosti i prijetnji koje se mogu pojaviti za određenu kategoriju resursa, kao i procjenu rizika i izradu plana tretmana rizika, [6]. Prema [6], nadležna Direkcija koordinira proces, a sprovode ga zaduženi zaposleni iz samostalnih organizacionih jedinica (OJ), za informacijske resurse koji su u vlasništvu tih OJ. Samostalne OJ izvještavaju Direkciju o sprovođenju planiranih tretmana rizika, [6]. Drugim riječima, primjena Metodologije iziskuje kreiranje Registra i Plana tretmana rizika po bezbjednost informacija (Registar rizika po bezbjednost informacija) za poslovne procese koji se odvijaju u CBCG. Identifikovani resursi se vrednuju u skladu sa CIA metodom, [6]. Zatim se za svaki resurs izračunava proizvod $C \times I \times A$. U skladu sa [6], za svaki resurs posebno, identifikovane ranjivosti i prijetnje se vrednuju, u smislu utvrđivanja vjerovatnoće pojavljivanja prijetnje, stepena ranjivosti i stepena uticaja ranjivosti na određeni resurs, a u skladu sa tim, i na cjelokupno poslovanje CBCG. Sljedeći korak je formiranje ocjene rizika koja omogućava procjenu moguće štete po CBCG i sagledavanje značaja uticaja ranjivosti i prijetnji na povjerljivost, integritet i raspoloživost njenih resursa. Ova veličina zavisi od opsega vrijednosti rizika. Prema [6], na vrijednost rizika utiče vrijednost resursa, kao i vrijednosti vjerovatnoće prijetnje, stepena ranjivosti, stepena uticaja ranjivosti, te se ona izračunava prema formuli:

$$\begin{aligned} \text{Rizik} = & [Vrijednost\ resursa] + \\ & + [Vjerovatnoća\ prijetnje] \times \\ & \times [Stepen\ ranjivosti] \times \\ & \times [Stepen\ uticaja] \end{aligned}$$

III. NEDOSTACI NAČINA OBRADE PRIKUPLJENIH PODATAKA PRIJE KREIRANJA APLIKATIVNOG RJEŠENJA

Prije uvođenja aplikativnog rješenja, svaka samostalna OJ CBCG je kreirala dokument sa listom svojih resursa, identifikovanih prijetnji i ranjivosti i planom tretmana rizika, u obliku excel fajla, koji je putem email servisa dostavljala nadležnoj Direkciji. Direkcija je kontrolisala podatke za svaki pristigli fajl. Proces kontrole podataka je obuhvatao kontrolu unosa, u smislu usklađenosti unijetih vrijednosti sa Metodologijom, utvrđivanja da li su informacijski resursi ispravno identifikovani i kategorisani, utvrđivanja da li su prijetnje i ranjivosti pravilno identifikovane, kao i kontrolu ispravnosti procjene nekog resursa, vrednovanja vjerovatnoće prijetnje, stepena ranjivosti i stepena uticaja ranjivosti. Direkcija bi, ukoliko ima primjedbe, kontaktirala zadužene zaposlene iz OJ, i davala im uputstva za potrebne izmjene prije ponovnog slanja fajla.

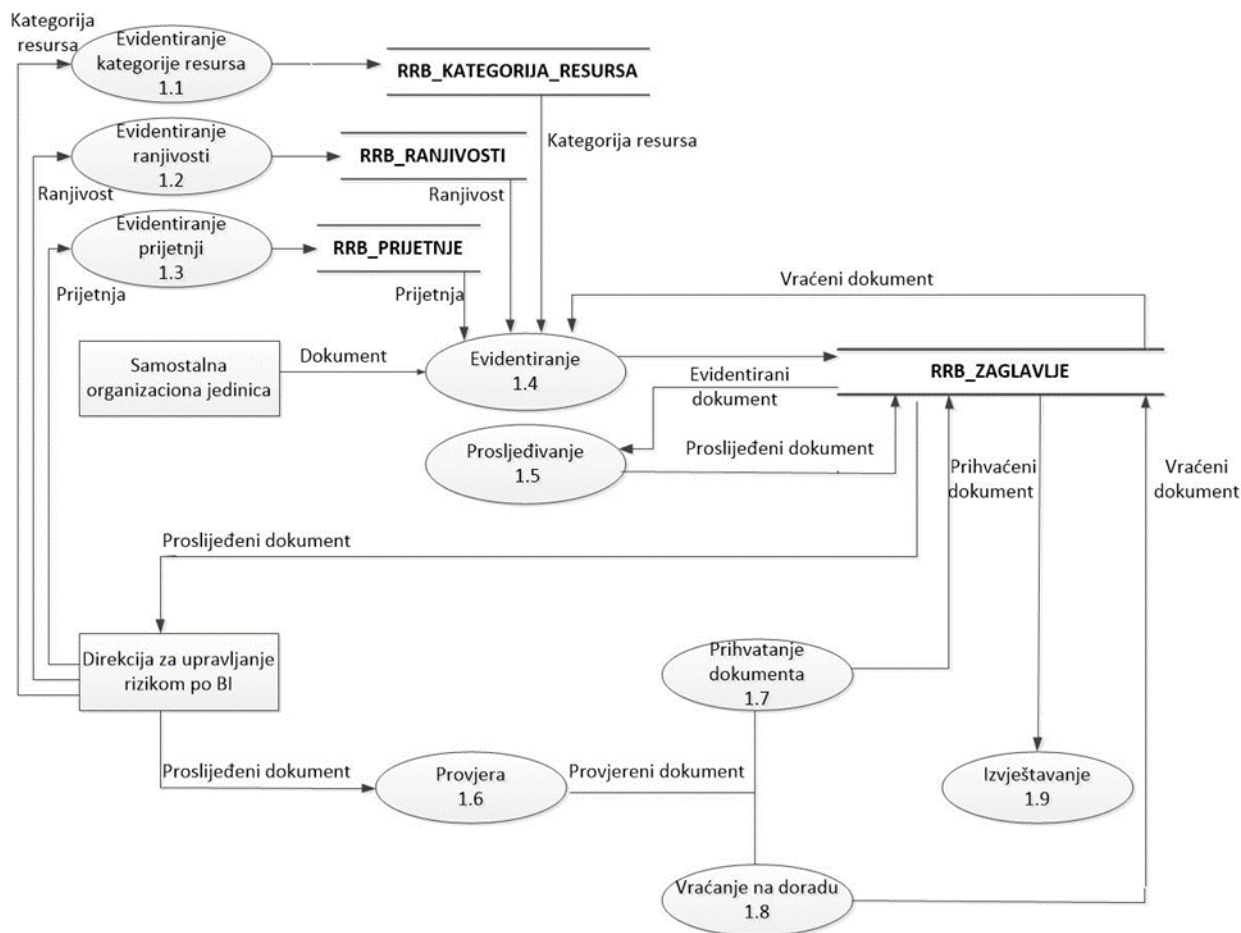
Nedostaci opisanog postupka su bili brojni i vrlo ozbiljni. Nije postojala baza za čuvanje podataka o rizicima po bezbjednost informacija u CBCG. Podaci su čuvani u obliku excelovih fajlova na radnoj stanici ovlašćenog lica iz Direkcije. Posljedično, nije postojala konzistentnost podataka, niti bilo kakva mogućnost automatskog generisanja izvještaja iz evidentiranih podataka. Dalje, nije postojala katalogizacija niti unificiranost informacijskih resursa, kategorija resursa, prijetnji i ranjivosti. Prilikom unosa, svaka OJ je evidentirala pomenute pojmove onako kako ih je ona percipirala. Ovakvim načinom evidencije, moglo se desiti da dvije različite samostalne OJ isti informacijski resurs, kao i za njega vezane ranjivosti i prijetnje potpuno drugačije evidentiraju, tako da se prilikom analize pojave kao dva različita resursa. Takođe, moglo se desiti da se na spisku nađe nešto što se uopšte ne može identifikovati kao informacijski resurs. Dalje, spisak mogućih prijetnji i ranjivosti definisanih na takav način je bio veoma dugačak. U tom smislu i evidentiranje je bilo prilično složeno, kao i posao pregleda i korekcije pomenutih podataka, a da ne govorimo o analizi dobijenih podataka i o kreiranju neophodnih izvještaja na osnovu njih.

IV. RAZVOJ INFORMACIONOG SISTEMA ZA UPRAVLJANJE RIZIKOM PO BEZBJEDNOST INFORMACIJA

Poslovni procesi koje treba da podrži informacijski sistem za upravljanje rizicima po bezbjednost informacija su jasno definisani, pa je njegov razvoj sproveden prema linearnoj metodologiji zasnovanoj na Vodopad modelu (*Waterfall*) životnog ciklusa, [8].

U fazi analize je utvrđeno da, za svaku samostalnu OJ, Registar rizika treba koncipirati kao dokument koji prolazi kroz različite statuse, tako da je pravo pristupa dokumentu i sprovođenja različitih akcija nad njim, definisano statusom dokumenta i tipom korisnika. Nakon kreiranja, dokument treba da bude u statusu Evidentiran (E), "vidljiv" samo za zaposlene iz OJ za koju je kreiran dokument, i dostupan za ažuriranje. Za jednu samostalnu OJ može se kreirati samo jedan dokument za jedan period izvještavanja. Kad zaposleni, koji je kreirao dokument, smatra da je rad na njemu završen, on ga prosljeđuje nadležnoj Direkciji na uvid, mijenjajući

mu status u Prosljeđen (P). Direkcija treba da ima pristup dokumentima svih samostalnih OJ poslije prosljeđivanja, ali bez prava ažuriranja i brisanja. Ukoliko uvidom utvrdi da ima nekih nepravilnosti, Direkcija ima mogućnost da vrati OJ dokument na doradu. O toj akciji treba da postoji mail notifikacija i da bude upućena licu koje je prosljedilo dokument. U toku projektovanja informacionog sistema, u dijelu logičkog projektovanja, za dekompoziciju procesa upotrijebljena je strukturna sistemska analiza, Slika 1. Prilikom modeliranja podataka u toku razvoja informacionog sistema za upravljanje bezbjednošću informacija korišćen je model entiteti – veze, [8]–[10]. Entiteti su organizovani tako da se podaci o informacijskim resursima, rizicima i tretmanima rizika smještaju u tri tabele koje su u vezi *master – detail – detail*. Podaci koji se odnose na regulativu o upravljanju rizicima smještaju se u potreban broj tabela – šifarnika, na koje se prethodne tri tabele referenciraju. Pošto se model implementira u okruženju gdje su osnovni poslovni procesi već pokriveni informacionim sistemom, gore navedene tabele se referenciraju na postojeće tabele u kojima su podaci o zaposlenima, radnim mjestima i organizacionoj strukturi. Dakle, sve tabele možemo podijeliti u tri grupe: tabele sa podacima koji se odnose na informacijske resurse, rizike i tretmane tih rizika, odnosno na podatke koji se stalno prikupljaju i ažuriraju, tabele sa podacima koji su vezani za regulativu upravljanja rizicima po bezbjednost informacija i na tabele koje sadrže podatke o osnovnim resursima organizacije. Na ovaj način je dobijen model koji se može upotrijebiti za projektovanje informacionog sistema za upravljanje rizikom po bezbjednost informacija nezavisno od regulative kojim se uređuje upravljanje rizicima i organizacione strukture preduzeća. S obzirom da u CBCG postoji Glavni bankarski sistem (GBS), [7], pomoću koga su automatizovani ključni poslovni procesi, informacijski sistem za upravljanje rizikom po bezbjednost informacija trebalo je modelirati tako da se integriše sa njim. Pošto se u svaku tabelu baze podataka kreiranog informacionog sistema, prilikom evidentiranja, ažuriranja ili zatvaranja zapisa upisuje zaposleni koji je bio prijavljen na aplikaciju prilikom sprovođenja tih akcija, a u neke tabele upisuje šifra organizacione jedinice i šifra radnog mjesta zaposlenog, pomenute tabele treba referencirati na postojeće tabele sa tim podacima. U skladu sa [7] integracija aplikativnih modula se realizuje na nivou baze podataka i na aplikativnom nivou. Primjenjujući model koji je predložen u referenci [7], integracija na nivou baze podataka je sprovedena kreiranjem spoljašnjih ključeva prema tabelama *ke_org*, *kl_radnik* i *ke_poslovi* nad odgovarajućim atributima. U tabeli *ke_org* nalaze se zapisi o organizacionoj strukturi CBCG, u tabeli *kl_radnik* zapisi o zaposlenim i drugim fizičkim licima koji su u vezi sa CBCG, a u tabeli *ke_poslovi* spisak svih radnih mjesta u CBCG. Integracija na aplikativnom nivou, kao u [7], izvršena je tako što se liste vrijednosti za radna mjesta, organizacione jedinice i informacijske resurse, u zavisnosti od kategorije resursa, kreiraju od podataka koji su evidentirani kroz aplikacije GBS. Dakle, prilikom kreiranja informacionog sistema, osmišljena je njegova integracija sa



Slika 1. Dekompozicija procesa upravljanje rizicima po bezbjednost informacija

GBS i omogućena upotreba svih postojećih podataka i već automatizovanih poslovnih procesa.

Informacioni sistem za upravljanje rizikom po bezbjednost informacija, Registar rizika BI, funkcionalno je organizovan u tri cjeline:

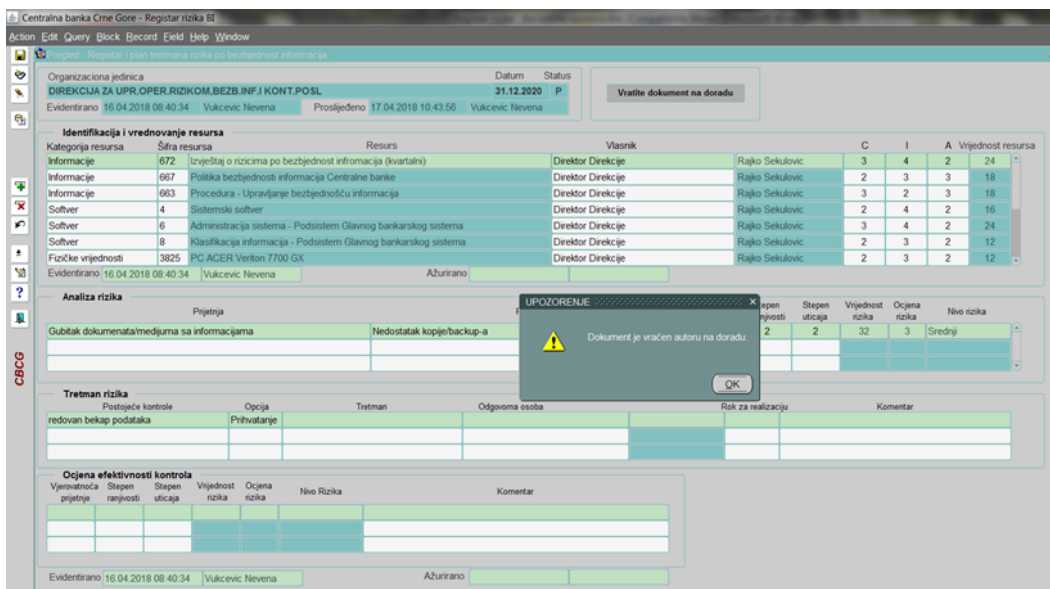
- *Šifarnici* – omogućava održavanje šifarnika koji su vezani za kategorije resursa, resurse, vrednovanje resursa i procjenu prijetnji i ranjivosti. Obuhvata module Šifarnici – Resursi i Šifarnici – Metodologija,
- *Dokumenti* – omogućava evidentiranje i pregled dokumenata koji predstavljaju Registar rizika po bezbjednost informacija, za svaku samostalnu OJ i izvještajni period. Obuhvata module Kreiranje dokumenata, Pregled dokumenata i Pregled dokumenata – rukovodioci,
- *Izveštaji* – parametrizovano izvještavanje na osnovu evidentiranih podataka u dokumentima koje su samostalne OJ prosljeđile Direkciji.

Modul Kreiranje dokumenata (Slika 3) namijenjen je korisnicima iz samostalnih OJ za evidentiranje, ažuriranje i prosljeđivanje dokumenata za tu OJ i izvještajni period. Klikom na dugme, može se kreirati dokument za sljedeći izvještajni period koji sadrži sve podatke iz prethodnog. Modul Pregled dokumenta (Slika 2) namijenjen je nadležnoj Direkciji za uvid u dokumente koje joj samostalne OJ

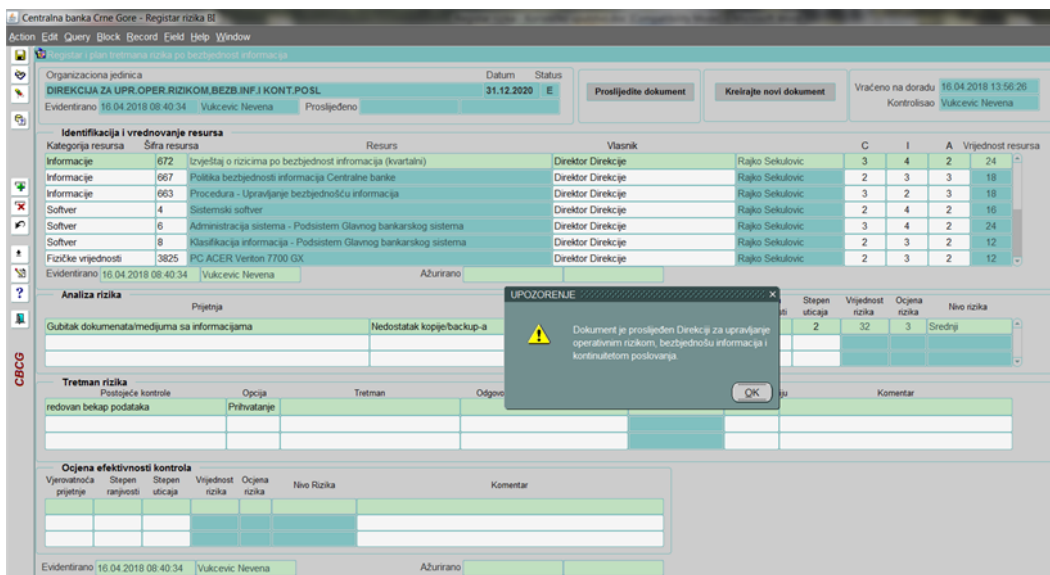
prosljeđuju, kao i za eventualno vraćanje na doradu, (Slika 2). Vraćeni dokument dobija status E, a zaposleni koji ga je prosljeđio dobija mail notifikaciju da je dokument vraćen. Pri tome se u bazi podataka evidentira sistemski datum vraćanja na doradu, kao i zaposleni koji je vratio dokument na doradu. Modul Pregled dokumenata – rukovodioci namijenjen je rukovodiocima samostalnih OJ za uvid u dokumente koji se odnose na njihovu organizacionu jedinicu, dok je rad na njima još u toku, kao i nakon prosljeđivanja Direkciji, pri čemu ne mogu vršiti nikakve izmjene na dokumentu.

V. ZAKLJUČAK

Značaj upotrebe ovog informacionog sistema ima više aspekata. Najprije, sprovedena je katalogizacija prijetnji i ranjivosti na nivou CBCG tako što se za svaku kategoriju informacijskih resursa definiše set prijetnji i ranjivosti koji se mogu javiti za tu kategoriju resursa. Dalje, za svaku od kategorija informacijskih resursa definiše se unificirani skup vrijednosti iz koga se može izabrati informacijski resurs. Automatizovano je kreiranje i dostavljanje Registra rizika po bezbjednost informacija, kao i dobijanje povratne informacije o eventualnim greškama. Implementirane su sve kontrole nad podacima koje propisuje Metodologija. Na taj način proces upravljanja rizikom je uređen, unaprijeđen i automatizovan. CBCG je kroz ovakav način kreiranja dokumenata dobila



Slika 2. Modul Pregled dokumenta – akcija Vraćanje na doradu



Slika 3. Modul Kreiranje dokumenata – akcija prosljeđivanja dokumenta

bazu potpuno sistematizovanih podataka o identifikovanim informacijskim resursima i rizicima po njih.

ZAHVALNICA

Zahvaljujem prof. dr Milošu Dakoviću, mentoru na magistrskom radu, za sugestije i pomoć u pripremi ovog rada.

LITERATURA

- [1] N. Hadina, *Zaštita i sigurnost informacijskih sustava*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva, 2009.
- [2] J. D. Wareham, "Information assets in interorganizational governance: exploring the property rights perspective", *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol.50, Issue 3, pp 337 - 351. Aug. 2003.
- [3] K. Padayachee, E. Worku, "Shared situational awareness in information security incident management", *12th International Conference for Internet Technology and Secured Transactions (ICITST)*, Cambridge, 2017.
- [4] N. S. Safa, C. Maple, T. Watson, "Information security collaboration formation in organisations", *IET Information Security*, 2018.
- [5] "Information security management systems - Overview and vocabulary", *ISO Week 2018: The 41st ISO Annual General Assembly*, pp. 19, Geneva, 2018.
- [6] Centralna banka Crne Gore, „Metodologija za upravljanje rizicima po bezbjednost informacija Centralne banke Crne Gore“, 2018.
- [7] A. Ivanović, M. Daković, „Primjer integracije aplikativnih modula iz različitih aplikativnih podsistema u Centralnoj banci Crne Gore“, *Informacione tehnologije IT-2018*, Žabljak, 2018
- [8] G. Panayotova, G. P. Dimitrov, P. Petrov, B. Os, "Modeling and data processing of information systems", *Third International Conference on Artificial Intelligence and Pattern Recognition (AIPR)*, 2016.
- [9] M. West, *Developing High Quality Data Models*, Morgan Kaufmann Publ.Inc, 2011.
- [10] O. Juwita, F. N. Arifin, "Design of information system development strategy based on the conditions of the organization", *4th International Conference on Computer Applications and Information Processing Technology (CAIPT), Conference Proceedings*, Kuta Bali, 2017.

Priprema IT organizacije za implementaciju ITIL 2011 - v3 okvira

Aleksandar Vučeraković

Sadržaj – Cilj ovog rada je prikaz značaja i praktične pripreme implementacije ITIL (Information Tehnology Infrastructure Library) okvira u nekoj IT organizaciji. U radu će biti prikazane faze, funkcije i procesi ITIL-a, a posebno će biti prezentovan praktični primjer pripreme implementacije ITIL-a u IT organizaciji kroz uvođenje jednog ITIL procesa u IT organizaciju. Biće opisane i sve faze implementacije, potencijalni rizici i prioriteti implementacije. Fokus će biti i na pripremu organizacije za implementaciju ovog okvira, što podrazumijeva početnu sveobuhvatnu analizu trenutnog stanja u IT organizaciji. Nakon detaljne analize biće opisani koraci i aktivnosti prilikom implementacije. Pažnja će takođe biti posvećena rizicima sa kojim ćemo se susretati prilikom implementacije, konkretnim fazama i prioritetima implementacije.

I. UVOD

IT upravljanje servisima ili ITSM (*IT Service Management*) predstavlja pravac upravljanja servisima usmjeren ka politikama, procesima, i procedurama koje IT organizacija obrađuje kako bi se bavila dizajniranjem planiranjem, isporukom, upravljanjem i kontrolom pruženih IT servisa [6].

ITIL je u svijetu informacionih tehnologija prepoznat kao najbolji, najpouzdaniji i najprilagodljiviji okvir za jednu organizaciju [6].

Pored ITIL okvira, u svijetu postoje i drugi okviri dobre prakse upravljanja IT organizacijama kao što su COBIT (*Control Objectives for Information and Related Technologies*) čiji je vlasnik ISACA (*Information Systems Audit and Control Association*), PRINCE2 (*PRojects IN Controlled Environments*) – okvir za efikasnije upravljanje projektima unutar organizacije, eTOM koje se najviše primjenjuje u telekomunikacionoj industriji i drugi [7].

Pored ovih okvira postoje i standardi za upravljanje IT organizacijama kao što su ISO 27000 (standard za informacionu sigurnost), ISO 9000 (standard za upravljanje kvalitetom), ISO 22301 (standard za BIA - Business continuity management), ISO 31000 (standard za upravljanje rizicima) i takođe standard koji je najbliži ITIL-u, ISO 20000 koji pokriva 15 procesa i koji je manje obuhvatan od ITIL-a što znači da ako je organizacija u potpunosti usklađena sa ITIL okvirom, može biti sertifikovana ISO 20000 standardom [8].

Razlika između standarda i okvira, u ovom slučaju ISO 20000 i ITIL-a je u tome da što standard mora biti u potpunosti implementiran, a iz okvira mogu biti primijenjeni samo oni djelovi koji su potrebni. Za okvir se ne može sertifikovati.

Nakon kratkog opisa ITIL okvira, fokus rada biće na praktičnoj implementaciji ITIL-a u jednoj IT organizaciji, odnosno na pripremu organizacije za implementaciju ovog okvira i na sticanje početnih uslova da bi se uopšte moglo ući i ozbiljno pristupiti samoj implementaciji. Za te potrebe neophodno je odraditi sveobuhvatnu analizu trenutnog stanja u IT organizaciji, prikupljanje i iščitavanje postojeće dokumentacije (politika bezbjednosti, strategije razvoja, procedura, upustava, obrazaca itd.) i sagledavanje postojeće sistematizacije radnih mjesta i postojeće procese.

Nakon detaljne analize opisaćemo korake i aktivnosti prilikom implementacije jednog procesa ITIL-a u IT organizaciju i kontrolne mehanizme.

II. ITIL OKVIR

ITIL se od strane organizacija najčešće koristi za regulisanje, organizovanje i kontrolu svojih poslovnih procesa jer je podesiv i primenljiv za svaku IT organizacionu jedinicu na način što ne zahtijeva potpunu implementaciju okvira već okvir može biti prilagođen načinu rada i potrebama organizacione jedinice, odnosno mogu biti primijenjeni samo oni djelovi ITIL-a potrebni i neophodni za rad posmatrane organizacione jedinice. Mogu biti definisani tačno određeni procesi ili grupe procesa okvira koje organizacija želi implementirati i za kojima ima stvarnu potrebu.

ITIL podrazumijeva procesni pristup kao osnovu za uspostavljanje svih današnjih informacionih sistema.

Verzija ITIL-a 2011. v3 ima 5 faza sa ukupno 26 procesa:

- *Service Strategy* koja ima sledeće procese: *Strategy management for IT services, Service portfolio management, Financial management for IT services, Demand management, Business relationship management*

- *Service Design: Design coordination, Service catalogue management, Service level management, Availability management, Capacity management, IT service continuity management, Information security management, Supplier management*

- *Service Transition: Transition planning and support, Change management, Service asset and configuration management, Release and deployment management, Service validation and testing, Change evaluation, Knowledge management*

- *Service Operation: Event management, Incident management, Request fulfilment, Problem management, Access management*

- *Continual Service Improvement sadržijedan proces - Seven-step improvement process*

Svaki zaposleni iz IT organizacije može biti prepoznat u nekom od navedenih procesa ili skupu procesa.

Sa aspekta ITIL-a pored procesne strukture postoje i funkcije u koje je teorijski moguće preslikati procesnu strukturu od pet faza i 26 procesa.

Funkcije predstavljaju organizacione jedinice unutar IT organizacije. Svaka funkcija sadrži određeni broj procesa u zavisnosti od konkretnog rada svake funkcije. Unutar ITIL-a postoje četiri funkcije [1]-[5]: *Service Desk*, *Application Management*, *Technical Management*, *Operations Management*.

III. ANALIZA USKLAĐENOSTI IT ORGANIZACIJE SA ITIL OKVIROM

Od momenta kada se formira IT organizaciona jedinica moraju postojati neke organizacione cjeline koje su zadužene za određeni opseg poslovanja. Takođe se u toku rada propisuju procedure za način rada, izrađuju razna uputstva i politike, pa se u skladu sa promjenama poslovanja mijenja i organizacija, odnosno sistematizacija i opisi radnih mjesta. Logično je da ako se u organizaciji nalaze stručni ljudi, posvećeni svom poslu, dođe do određenog stepena uređenosti radnog okruženja. U nekom momentu menadžment može da prepozna da je neophodno unapređenje organizacije i poslovnih procesa u cilju unapređenja upravljanja IT servisima, odnosno efikasnijeg i efektivnijeg rješavanja poslovnih zahtjeva, dokumentovanja procesa, kao i bolje i jasnije podjele uloga i odgovornosti. Na osnovu toga menadžment može da odluči da svoje poslovanje uskladi sa najboljom svjetskom praksom i u tom momentu se mora izvršiti analiza usklađenosti trenutnog stanja sa standardom koji je izrađen po najboljoj svetskoj praksi.

Analiza usklađenosti IT organizacije sa ITIL okvirom podrazumijeva analizu posmatrane organizacije sa više aspekata. Potrebno je za početak proučiti organizacionu strukturu, odnosno baviti se ljudskim resursima. Moraju biti utvrđene tačne pozicije zaposlenih i njihovi opisi poslova kako bi bili sagledani konkretni radni zadaci kojima se zaposleni bavi i to kasnije iskorišćeno da se određeni procesi ITIL-a pridruže zaposlenima koji se možda već bave onim što taj proces definiše. Takođe je potrebno utvrditi koliko je postojeća organizacija i sistematizacija radnih mjesta usklađena sa funkcijama ITIL-a i utvrditi najbolji način da se organizaciona struktura u potpunosti ili koliko je moguće približi funkcijama ITIL-a.

Analiza usklađenosti IT organizacije sa ITIL okvirom podrazumijeva izradu dokumenta u kojem će biti analizirane sve relevantne informacije dobijene od strane samog IT sektora u smislu prikupljanja dokumentacije i razgovora sa menadžmentom sektora i zaposlenima. Prikupljanje dokumentacije podrazumijeva dokumenta vezana za politike bezbjednosti IT sektora, politike bezbjednosti informacija, procedure po kojima sektor radi, međusektorske procedure, strategije, program rada, planove za implementaciju projekata i strategija, organizacionu šemu, sistematizaciju radnih mjesta, spisak IT *asset-a* i konfiguracijskih jedinica, spisak aplikacija, SLA (Service-level agreement) i OLA (Operational Level Agreement) ugovore, korisnička uputstva,

opise radnih mjesta, obrazce, testna scenarija, izvještaje, analize i ostalu dokumentaciju koju posjeduje IT sektor, a koja može biti od koristi prilikom pripreme za implementaciju ITIL okvira.

Nakon toga je potrebno analizirati postojeće procese koji su implementirani u sektoru i utvrditi optimalan broj procesa koji je potrebno implementirati u sektoru. Analizom procesa treba pokazati koji su procesi implementirani i koliko su oni usklađeni sa procesima u ITIL okviru, odnosno pojedinačno pobrojati procese koji su potpuno usklađeni sa ITIL okvirom, procese koji su djelimično usklađeni sa ITIL okvirom i procese koji su neimplementirani, a koje je potrebno implementirati. Potrebno je definisati smjernice za poboljšanje implementiranih procesa, kao i smjernice za poboljšanje djelimično implementiranih procesa kako bi bili poboljšani na način da se potpuno usklade sa procesima definisanim u ITIL okviru. Neophodno je i definisati plan za implementaciju potpuno neimplementiranih procesa ITIL-a koji su potrebni za rad posmatranog sektora za IT.

Da bi procesi bili analizirani na najbolji način potrebno je utvrditi ciljeve svakog procesa, opseg procesa, ključne aktivnosti procesa, softverske alate za poslovanje procesa, ključne indikatore za performanse procesa, softverske alate za održavanje procesa, značaj za poslovanje, ključne faktore uspjeha, uloge i odgovornosti u implementaciji procesa, kao i rizike i izazove za uspješnu implementaciju. Ciljevi implementacije mogu biti: efikasnije i efektivnije iskorišćenje svih IT resursa, unapređenje planiranja i isporuke IT servisa kako bi se pratile poslovne potrebe, efikasnije upravljanje promjenama, centralizacija i automatizacija zahtjeva korisnika, unapređenje kvaliteta, podrške, infrastrukture i sigurnosti, povećanje raspoloživosti itd. Opseg implementacije mora definisati obuku zaposlenih, sve neophodne resurse potrebne za izvršenje implementacije kao i sve planirane aktivnosti koje će biti odradene u toku implementacije i sve krajnje produkte implementacije.

Evidentno je da ovakva implementacija može u mnogome da utiče na zaposlene u smislu preraspodjele njihovog radnog vremena i trenutnih angažmana i aktivnosti kao i u smislu preraspodjele radnih mjesta. U tom smislu neophodno je da dinamika implementacije bude dobro isplanirana, obzirom da je neophodna angažovanost i posvećenost svih učesnika koji rade na projektu implementacije. Za vrijeme implementacije od velikog je značaja dobro upravljanje ljudskim resursima i veoma pažljiv odabir konsultanata koji imaju iskustvo na istim ili sličnim projektima u drugim organizacijama. Neophodno je i da se prije pokretanja bilo kog dijela implementacije bude izvršena odgovarajuća obuka zaposlenih.

Nakon pregleda i analize dokumentacije i nakon analize procesa, kao najbitnijeg dijela u pripremi za implementaciju ITIL-a, potrebno je napraviti plan projekta za implementaciju u skladu sa dokumentima analize, trenutnim i budućim aktivnostima u IT sektoru u skladu sa zauzetostima ljudskih resursa i tehničkih kapaciteta sektora.

Nakon izrade plana za implementaciju ITIL okvira potrebno je izabrati softversko rješenje za upravljanje ITIL okvirom, koje može da podržava izabrani optimalan set odabranih procesa za implementaciju.

IV. PRIMJER ANALIZE I IMPLEMENTACIJE KROZ PROCES SACM

Service Asset and Configuration Management (SACM) je proces odgovoran za sistem upravljanja konfiguracijskim jedinicama (KI), njihovo povezivanje relacionim vezama i kreiranje CMDB-a (*Configuratison Management Database*), što podrazumijeva identifikaciju svih IT asseta. Ovaj proces omogućava da svi djelovi infrastrukture budu kontrolisani i da se njima može upravljati. KI sa atributima i vezama su *asset-i* i mogu biti povučeni iz drugih procesa kako bi ih koristili [3].

Dobro upravljanje KI omogućava da u svakom trenutku mogu biti dobijene informacije o konfiguraciji, što značajno pomaže u donošenju odluka prilikom implementacije novih servisa, odobravanja promjena i planiranja. Dobro upravljanje sa KI u mnogome pomaže u rješavanju problema i incidenata i smanjuje na najmanju mjeru broj pitanja vezanih za kvalitet i usklađenost, uzrokovanih netačnom konfiguracijom neke usluge ili infrastrukture.

Proces služi i za dokumentovanje infrastrukture potrebne za određenu uslugu koju pruža informacijski sistem i određivanje tačne konfiguracije i vođenje tačne evidencije o istorijskom i trenutnom stanju konfiguracijskih jedinica.

IT usluge se obično sastoje od gomile pojedinačnih komponenti - komponenti poput servera, softvera i računara, mrežnih komponenti, konfiguracija itd.

Svrha upravljanja procesom SACM podrazumijeva da kompletna imovina neke usluge bude identifikovana kao i stavke njene konfiguracije što znači da mora biti odrađena kompletna i tačna evidencija i kontrola, kao i izvještavanje i konstantno ažuriranje svih stavki iz imovine usluge i svih KIs.

SACM je kombinacija dva važna procesa:

1. Upravljanje imovinom (*Asset Management*), koja se odnosi na imovinu koja se koristi za pružanje IT usluga i
2. Upravljanje konfiguracijom (*Configuration Management*), koja prati konfiguracije i odnose između različitih komponenti različitih IT usluga [3].

Dobro upravljanje KI u mnogome pomaže da se koriste samo autorizovane i kvalitetne komponente koje se i dalje mogu održavati hardverski i softverski i nad kojima se može vršiti stalna nadogradnja ovlašćenim kanalima. Obezbeđuje se integritet imovine i konfiguracija potrebnih za kontrolu usluga i IT infrastrukture i uspostavljanje i održavanje tačnog i potpunog sistema za upravljanje konfiguracijama.

Upravljanje imovinom i konfiguracijskim jedinicama obuhvata upravljanje tokom cijelog životnog ciklusa neke usluge popisujući kompletnu imovinu i konfiguraciju i definišući odgovornost zaposlenih za njihovu kontrolu. Životni ciklus neke usluge podrazumijeva period od njene implementacije u informacijski sistem pa do potrebe za

prestankom rada te usluge.

Ovakvim pristupom je obezbijeđeno kvalitetno održavanje svih komponenti neke usluge i kontrolisano proširenje imovine neke usluge, a i potpomaže proces upravljanja kapacitetima.

Nadalje se kroz uvid u evidenciju imovine neke usluge može vidjeti koliko košta isporuka te usluge, kao i njeno održavanje, tako što se može izračunati cijena svake pojedinačne komponente. Na taj način se mogu optimizovati troškovi isporuke usluge i uvidjeti njena opravdanost korišćenja sagledavajući odnos troškova za održavanje i koristi koja se dobija od te usluge.

Upravljanje SACM-om omogućava se bolje planiranje promjena i novih implementacija. Takođe, poboljšava se rješavanje problema i incidenata, povećava se nivo kvaliteta usluge i garancija za njihovu isporuku, postiže se veća usklađenost sa standardima i zakonskim i regulatornim propisima kao i detaljno se mogu identifikovati troškovi.

Za ovaj proces je od velikog značaja utvrđivanje politika i procedura koje će upravljati samim procesom, odnosno stvoriti okvir i optimalno okruženje kako bi proces bez prepreka mogao da funkcioniše.

Neophodno je napraviti politiku upravljanja konfiguracijama i uslugama, ciljeve, opseg, i principe djelovanja procesa kao i ključne faktore uspjeha. Takođe se u svakom momentu moraju znati prioriteti odnosno donijeti odluke o prioritetima kao bi se što ranije odredili troškovi i resursi za neku promjenu ili implementaciju usluge. Tipični principi ovakve politike podrazumijevaju osiguravanje kontrole troškova i resursa, ispunjavanje zahtjeva menadžmenta, zahtjeve za pouzdanim i isplativim uslugama, reviziju kao i nivo automatizacije za smanjenje grešaka i troškova.

Većina IT organizacija se u startu odluči da prati osnovnu IT opremu (hardver i softver), kao i usluge i sredstva koja su kritična za poslovanje i usklađivanje sa regulatornim i zakonskim propisima kao što je licenciranje.

Proces SACM pomaže drugim procesima prilikom njihovog funkcionisanja tako što crpe podatke potrebne za njihovo funkcionisanje. Tako na primjer može pomoći prilikom procjene uticaja određenih promjena, procjene uticaja i uzrok nekog problema ili incidenta, prilikom planiranja i dizajniranja nove ili promijenjene usluge, prilikom nadogradnje softvera ili osvježavanja tehnologije koja podržava neku uslugu.

Za svaki ITIL proces pa i za SACM potrebno je definisati njegov naziv, ključne ciljeve i opseg unutar organizacije, ključne aktivnosti procesa potrebne za implementaciju procesa u okvirima organizacije, ključne indikatore performansi i ključne faktore uspjeha potrebne za implementaciju procesa, izazove i rizike za implementaciju procesa i uloge, odgovornosti i ovlašćenja zaposlenih u procesu implementacije.

Dobro upravljanje procesom SACM je vrlo važno i ključno u nekim segmentima poslovanja i bitno može pomoći da se unaprijedi poslovanje i da se racionalizuju i optimizuju

troškovi poslovanja, pored toga što značajno pomaže efikasnijem radu jedne IT organizacije. U skladu sa tim mogu biti navedene sledeće stavke u kojima ovaj proces ima jednu od ključnih uloga:

- Bolje upravljanje troškovima usluga;
- Poboľjšano planiranje i implementiranje promjena;
- Efikasnije rešavanje incidenata i problema u skladu sa SLA
- Manji rizik od nepoštovanja važnih zakonskih, regulatornih i proceduralnih standarda [3].

Prilikom identifikacije KI potrebno je slijediti sledeće smjernice kako bi se na najbolji način kasnije pratili i održavali.

1. Potrebno je definisati na koji način će se odabirati vrste konfiguracijskih jedinica, sredstava i konfiguracijske jedinice, kako će se klasifikovati i koje njihove karakteristike su potrebne kako bi se obezbijedilo njihovo kvalitetno praćenje i kako bi se na najbolji način njima upravljalo tokom cijelog životnog ciklusa.

2. Definisanje nomenklature za KI, odnosno određivanje jedinstvenog naziva i označavanje KI. Nomenklatura bi trebala biti izrađena u skladu sa hijerarhijskim odnosima između KI zajedno sa pridruženim dokumentima. Nomenklatura mora biti što jednostavnija kako bi se konfiguracijskim jedinicama što lakše dodijelili identifikatori i kako bi se kasnije lako prepoznavale na osnovu tih identifikatora. Identifikatori moraju biti jedinstveni i trajni.

3. Definisanje tipova relacija između KI, odnosno određivanje međusobnih veza KI u skladu sa hijerarhijom ili međusobnim iskorištavanjem (koja KI je instalirana na drugoj, koja koristi resurse druge itd.).

4. Određivanje vlasnika KI i njegovih odgovornosti i zaposlenih koji su zaduženi za održavanje evidencije tih KI.

5. Određivanje atributa KI, tj. atributa koji je jednoznačno opisuju, kao i attribute koji nam govore o karakteristikama same KI, tipa lokacije, statusa, dobavljača, naziv brenda, dokumenta, licence itd.

Potrebno je dokumentovati definisane kriterijume za odabir stavki konfiguracijskih jedinica i komponenti konfiguracijskih jedinica, izabrati stavke i njihove komponente na osnovu dokumentovanih kriterijuma, dodijeliti jasne identifikatore stavkama, odrediti sve potrebne attribute konfiguracijskih jedinica, njihove vlasnike i odgovornosti.

Kao što je ranije navedeno *Asset* je konfiguracijska jedinica sa svim svojim atributima. Na primjer konfiguracijska jedinica „radna stanica“ sa atributima kao što su „Brend“, „IP adresa“, „Količina RAM memorije“, „OS“, i drugi, je jedan *Asset*. U skladu sa tim definisati *Asset-e*.

Kontrola procesa SACM osigurava da postoje adekvatni kontrolni mehanizmi KI samim time što se konfiguracijske jedinice održavaju i zato što se čuvaju zapisi o promjenama nad njima tokom cijelog životnog ciklusa. Potrebno je osigurati da dodavanje, mijenjanje ili uklanjanje neke konfiguracijske jedinice ne može biti izvršeno bez neke kontrole, prateće dokumentacije ili bez neke procedure.

U IT organizaciji može postojati mnogo procedura po kojim se postupa, a koje mogu uticati na pojedinačne konfiguracijske jedinice, pa ih je, u granicama mogućeg, potrebno modifikovati i uskladiti sa tipovima konfiguracijskih jedinica.

Iz izvještaja o konfiguracijskim jedinicama se takođe mogu utvrditi nepravilnosti i u skladu sa tim preventivno reagovati, pa i izvještaji moraju imati tačne informacije kako bi se iz njih mogli izvući validni podaci. Izvještaji o KI bi trebali da sadrže spisak informacija o KI koji su smješteni u neku bazu podataka, spisak atribura konfiguracijske jedinice sa njihovim vrijednostima, trenutni status i istoriju promjena, odstupanja od određenih propisanih pravila za evidenciju KI, podatke o neovlašćenom ili neadekvatnom korišćenju konfiguracijske jedinice i detektovane nelicencirane uređaje.

Kroz kontrolu je potrebno osigurati da postoji usklađenost između dokumentovanih KI i stvarnog stanja KI. Takođe je potrebno kontinuirano potvrđivati postojanje konfiguracijskih jedinica i vrijednosti njihovih atributa. Prije svake velike promjene ili izgradnje novih djelova informacionih sistema potrebno je odraditi reviziju kako bi se osiguralo da se u projekat kreće sa tačnim i stvarnim stanjem, sto smanjuje rizik od nepredviđenih problema i troškova.

Rezultat kontrolnih mjera bi trebalo da bude povećan kvalitet i tačnost informacija o KI. Mogućnost greške uslovljene netačnim informacijama treba da bude svedena na najmanju mjeru. Dobija se laka i pozdana dostupnost informacijama o KI, smanjuje se upotreba nelicenciranog softvera ili neoriginalnog hardvera, smanjuje broj servisa opreme i troskova servisa, kao i vrijeme provedeno u rješavanju problema, promjena i incidenata nad KI.

V. ZAKLJUČAK

Kratak opis ITIL okvira, zajedno sa analizom usklađenosti organizacije sa ITIL okvirom i primjerom implementacije procesa, koji su predstavljeni u radu, otkriva značaj primjene ITIL okvira, tako što se kroz analizu usklađenosti mogu otkriti mnogi nedostaci u procesima neke organizacije, a implementacijom se dobija bolja i efikasnija organizacija sa boljim uređenjem i iskorišćenjem ljudskih resursa i tačnijim podacima i izvjetajima. Nakon implementacije nekog procesa i testiranja novog načina rada neophodno je ukinuti sve druge alternative tom procesu. Implementiranjem ITIL okvira, ili dijela potrebnih procesa okvira, dobija se IT organizacija koja funkcioniše po najboljoj svetskoj praksi.

LITERATURA

- [1] ITIL Service Strategy (Published by TSO), submitted for publication.
- [2] ITIL Service Design (Published by TSO), submitted for publication.
- [3] ITIL Service Transition (Published by TSO), submitted for publication.
- [4] ITIL Service Operation (Published by TSO), submitted for publication.
- [5] ITIL Continual Service Improvement (Published by TSO), submitted for publication.
- [6] [6] Become ITIL Foundation Certified i 7 Days, Abhinav Krishna Kaiser, submitted for publication.
- [7] <https://www.itgovernance.co.uk/frameworks>
- [8] <https://www.itgovernance.co.uk/iso20000>

Pregled Windows IoT operativnih sistema

Nedeljko Nikolić, *Institut za javno zdravlje Crne Gore*

Sadržaj — U ovom radu je dat pregled Windows operativnih sistema za IoT, njihove namjene, potencijalni hardver na kojem se mogu instalirati i mogućnost povezivanja na cloud platformu Microsoft Azure. Dodatno je prikazan primjer instalacije Windows 10 IoT Core na Raspberry Pi mikrorračunaru, i njegovo povezivanje na Azure IoT platformu.

Gljučne riječi — Windows IoT operativni sistem, IoT, cloud, mikrorračunari

I. UVOD

Internet Stvari (eng. *Internet of Things-IoT*) je proizvod dugih i ozbiljnih istraživanja kao i ekspanzije korišćenja ICT. IoT uključuje uređaje, vozila i ostale stvari u kojima se nalaze ugrađeni sistemi sa raznim sensorima, aktuatorima i mogućnostima mrežnog povezivanja.

Jedna od potreba IoT uređaja su i kvalitetni operativni sistemi. Trenutno postoje mnogi operativni sistemi za IoT i gotovo svi su zasnovani na Linux-ovom kernelu. Kompanija Microsoft, gigant na polju računarskih operativnih sistema razvila je i svoje rješenje u obliku Windows-a za IoT [1].

Postoji nekoliko varijanti Windows-a 10 za IoT počev od onih koje se pokreću na mobilnim telefonima do onih koje se koriste na desktop i tablet računarima.

Microsoft-ov Windows 10 IoT je počeo sa verzijom Windows 10 IoT Core, ali se vremenom proširio tako da uključuje još i Windows 10 IoT Mobile Enterprise i Windows 10 IoT Enterprise.

Takođe, postoji i verzija Windows Server-a za IoT, a to je Windows Server IoT 2019 [2].

U tabeli 1 možemo da vidimo neke karakteristike Windows 10 IoT operativnih sistema.

TABELA 1: UPOREDNA TABELA WINDOWS 10 IoT OPERATIVNIH SISTEMA

Naziv operativnog sistema	Karakteristike		
	Namjena	Licenciranje	LTSC podrška
Windows 10 IoT Core	mikrorračunari	Besplatan	10 godina
Windows 10 IoT Mobile Enterprise	prenosivi kompanijski uređaji (Mobile POS, HHT)	OEM licenca	5 godina
Windows 10 IoT Enterprise	ugradni uređaji (ATM, POS terminali, digitalni bilbordi...)	OEM licenca	10 godina
Windows Server IoT 2019	serveri	OEM licenca	10 godina

Nedeljko Nikolić, Institut za javno zdravlje Crne Gore, Džona Džeksona bb, 81000 Podgorica, Crna Gora (e-mail: nedeljko.nikolic@ijzcg.me).

Microsoft Azure, ranije poznat kao Windows Azure, Microsoft-ova je javna cloud platforma. Obezbeđuje veliki broj cloud servisa, uključujući one koji služe za prikupljanje, smještanje, analizu podataka i umrežavanje [3]. Između ostalih, Azure obezbeđuje i podršku IoT uređajima, koji omogućavaju korisnicima da zabilježe, prate i analiziraju IoT podatke sa senzora i drugih uređaja.

U radu će biti prikazana jedna realizacija Windows 10 IoT Core instalacije na Raspberry Pi uređaju i njegovo povezivanje na Azure platformu.

II. WINDOWS 10 IoT OPERATIVNI SISTEMI

A. Windows 10 IoT Core

Windows 10 IoT Core je dizajniran za pokretanje na mikrorračunarima poput Raspberry Pi, MinnowBoard Turbot, i drugim, i besplatan je operativni sistem.

Windows 10 IoT Core podržava Universal Windows Platform (UWP), što omogućava lakše kreiranje aplikacija i njihovo objavljivanje. Za programere Windows 10 aplikacija, uključujući i IoT aplikacije, Microsoft je usvojio filozofiju “jedan Windows”, koja omogućava da programeri mogu razvijati njihov kod i pokretati ga bilo kojoj instalaciji Windows-a. Ovo znači da programeri nemaju potrebu da ponovo kodiraju aplikacije kako bi podržali različite platforme Windows-a 10. Trenutno se za UWP aplikacije široko koriste: C++, C#, Microsoft Visual Basic, WinJS [4].

Visual Studio 2015 i novije verzije Visual Studio programa uključuju sve alate potrebne za izgradnju UWP aplikacija za Raspberry Pi. Uključuju API (eng. *Application programming interface*) driver-e i driver-e za pristup pinovima za generalnu ulazno/izlaznu upotrebu (eng. *General-purpose input/output* - GPIO), kao i za interfejse kao što su I2C (eng. *Inter-Integrated Circuit*) i SPI (eng. *Serial Peripheral Interface*).

Windows 10 IoT takođe posjeduje i Arduino Wiring API. Wiring je framework otvorenog koda za programiranje mikrokontrolera.

Pošto mnogi IoT uređaji ne posjeduju monitor (neki da), Windows 10 IoT Core je napravljen da se pokreće headless (bez monitora) i headed (sa monitorom). Headless opcija zahtijeva manje memorije jer ne učitava video biblioteke i podsisteme. Headed opcija je moguća ukoliko izabrani hardver podržava video (gotovo sve trenutne opcije hardvera posjeduju HDMI mogućnost).

Minimalni hardverski zahtjevi za pokretanje Windows 10 IoT Core uključuju: memorija (headless) - 256MB RAM (bar 128MB slobodno za operativni sistem), memorija (headed) - 512MB RAM (bar 256MB slobodno za operativni sistem),

skladišni prostor - minimum 2GB (može biti SD kartica, NVM memorija, ili disk) i procesor - 400MHz ili brži ARM ili Intel x86.

Trenutno, *Windows 10 IoT Core* može da se koristi na *Raspberry Pi*, *MinnowBoard*, i na *Arrow DragonBoard* kompatibilnim mikroracunarima [5].

Vidljiv je problem koji *Windows 10 IoT Core* ima sa vremenom *boot*-ovanja sistema jer kod drugih IoT operativnih sistema to je vrijeme evidentno kraće. Nadalje, *Python* je danas jedan od najkorišćenijih programa za IoT uređaje, ali uprkos njegovoj limitiranosti na *Windows*-ovim sistemima, C#, C++, *JavaScript* i *Visual Studio* to uspješno nadoknađuju za *Windows 10 IoT Core*.

B. *Windows 10 IoT Mobile Enterprise*

Sveprisutni porast upotrebe *cloud* platformi podstakli su proizvodnju prenosivih uređaja i stvorena je prilika za OEM (eng. *Original equipment manufacturer*). Proizvođači uređaja suočavaju se sa izazovom brzog uvođenja inovacija i kreiranja uređaja koji ispunjavaju očekivanja korisnika poput kompatibilnosti aplikacija, sigurnosti, upravljivosti i visokog nivoa dostupnosti. *Windows 10 IoT Mobile Enterprise* je vodeća *Microsoft*-ova platforma za kompanijske prenosive uređaje dizajnirana da opslužuje pouzdane, upravljive uređaje u zahtjevnim kompanijskim okruženjima.

Glavne karakteristike ovog operativnog sistema su dodjeljivanje pristupa sa opcijama više korisničkih profila, i obezbjeđivanje raznih mogućnosti kroz korišćenje NFC (eng. *Near Field Communication*), CF (eng. *CompactFlash*) kartice ili OTA (eng. *Over-the-air*) komunikacije.

Windows 10 IoT Mobile Enterprise omogućava pristup standardnim priključcima (poput GPIO, I2C, SPI) i podešavanjima sistema (*Bluetooth*, *Power State*, *Radio Control*) putem UWP API-ja. Omogućene su i napredne *lockdown* funkcije, kojima se mogu ograničiti elementi hardvera ili operativnog sistema.

Windows 10 IoT Mobile Enterprise ima u sebi ugrađen *AllJoyn* sistem. *AllJoyn* je *framework* otvorenog koda koji omogućava uređajima da komuniciraju sa drugim uređajima u blizini.

Windows 10 IoT Mobile Enterprise podržava ARM procesore. Za uređaje sa 720p potrebno je minimalno 1GB RAM memorije, a za one sa 1080p potrebno je bar 2GB. Minimalna memorija skladišnog prostora je 4GB. Namijenjen je za korišćenje na *Mobile POS* (eng. *Point of sale*) uređajima i industrijskim prenosivim terminalima (eng. *Hand-Held Terminal* – HHT).

Microsoft omogućava pet godina podrške za ovaj operativni sistem [6].

C. *Windows 10 IoT Enterprise*

Windows 10 IoT Enterprise je potpuno identičan kao *Windows 10 Enterprise* sistem za desktop računare, ali sa specijalnom OEM licencom za tržište ugradnih uređaja. Takođe, dolazi sa mogućnošću dugogodišnje podrške, što se uvijek zahtjeva u IoT i na tržištu *Embedded* sistema.

Windows se godinama koristi na mnogim ATM (eng.

Automated Teller Machine) uređajima, POS terminalima, industrijskim automatskim sistemima, tankim klijentima, medicinskim uređajima, digitalnim bilbordima, kioscima i drugim uređajima određene namjene. *Windows 10 IoT Enterprise* omogućava izradu takvih uređaja sa specijalnim dozvolama i ograničenjima u ugovoru o licenciranju.

Uređaj sa određenom namjenom razlikuje se od uređaja za opštu namjenu u sljedećem:

- Uređaj sa određenom namjenom je ograničen na jednu aplikaciju, ili fiksiran na više aplikacija kroz *Assigned Access* ili *Shell Launcher* opcije.
- Mogućnosti i funkcije uređaja su na raspolaganju čim ga korisnik aktivira.
- Tastature, USB ulazi i polise uređaja su zaključane da ograniče uređaj kako bi bio korišćen samo za njegovu određenu namjenu.
- OEM kompanije korisnicima licenciraju uređaje zajedno sa softverom postavljenim na uređajima.
- OEM kompanije obezbjeđuju korisničku podršku za njihov kompletan proizvod, uključujući i funkcije koje izvršava operativni sistem.

Specijalizovani sistemi poput PC-jeva koji kontrolišu medicinsku opremu, POS sistemi i ATM-ovi često zahtijevaju opciju dužeg servisnog perioda operativnog sistema, zbog njihove namjene. Takvi uređaji često izvršavaju važan određeni zadatak, i nemaju čestu potrebu za nadogradnjama verzije operativnog sistema kao što imaju neki drugi uređaji u kompanijama. Zato je mnogo važnije održavanje stabilnog funkcionisanja uređaja od nadogradnji sa najnovijim promjenama korisničkog interfejsa. LTSC servisni model onemogućava *Windows 10 IoT Enterprise* LTSC korisnicima da po potrebi odgode nadogradnje. LTSC izdanja imaju podršku od 10 godina [7].

D. *Windows Server IoT 2019*

Windows Server IoT 2019 je puna, istovjetna verzija *Windows Server-a 2019*, pa se mogu koristiti isti poznati alati za upravljanje koji se koriste i na standardnim serverima za generalnu upotrebu. Međutim, razlika između verzije za generalnu upotrebu i IoT verzije je u licenciranju. *Windows Server IoT 2019* se jedino može licencirati putem OEM sistema pod specijalnim uslovima [8].

Windows Server IoT 2019 je, za razliku od standardnog *Windows Servera 2019*, namijenjen isključivo za uređaje određene namjene. Razlikuje se po više različitih SKU (eng. *Stock Keeping Unit*) varijanti i to *Standard*, *Datacenter*, *Essentials*, *Telecommunications* i *Storage*. *Windows Server IoT 2019* spada u LTSC servisni model.

E. *Azure IoT*

Microsoft Azure je ime brenda za *Microsoft*-ove sveobuhvatne *cloud*-računarske servise. Pokriva širok opseg servisa, koji i dalje raste, i koji formiraju temeljne elemente računarskog rada na *cloud* platformama [9].

Lista nekih servisa koje *Azure* obezbjeđuje za IoT:

- *IoT Central IoT solution accelerators* je kolekcija

PaaS (eng. *Platform as a Service*) rješenja koja se mogu upotrijebiti da ubrzaju razvoj IoT rješenja.

- *IoT Hub* je primarni servis u *Azure IoT* i *IoT Edge* rješenjima. Podržava ne samo poruke sa uređaja namijenjene za *cloud* poput telemetrije, već i poruke sa *cloud*-a namijenjene uređaju, poput komandnih i kontrolnih poruka [10].
- *IoT Hub Device Provisioning Service* je pomoćni servis za *IoT Hub*, koji se može koristiti da sigurno poveže uređaj na korisnički *hub*. Ovim servisom mogu se lako povezati na milioni uređaja i to jako brzo, umjesto da se povezuju jedan po jedan.
- *IoT Edge* stoji iznad *IoT Hub*-a. Može biti korišćen da analizira podatke na IoT uređajima, umjesto da to radi na *cloud*-u.
- *Azure Digital Twins* omogućava da se naprave veliki modeli fizičkog okruženja. Mogu se modelovati relacije i interakcije između ljudi, prostora i uređaja.

III. WINDOWS ZA IoT I RASPBERRY PI

Windows IoT 10 Core (Windows Core) se može, pored drugih IoT uređaja, instalirati na *Raspberry Pi* mikroracunaru i povezati na *Microsoft Azure IoT Hub*. U narednom primjeru je korišćen *Raspberry Pi 3*, model B+ (RPi3B+).

A. Instalacija Windows IoT 10 Core

Microsoft je za ovu namjenu ponudio aplikaciju *Windows 10 IoT Core Dashboard*. Potrebna je *microSD* memorijska kartica od minimum 16GB, sa što većom brzinom upisa i čitanja podataka, jer od brzine memorijske kartice zavisi i koliko će trajati *boot* operativnog sistema.

U *IoT Dashboard*-u prvo se otvara prozor za podešavanje novog uređaja. U polju *Device type* bira se tip uređaja za koji se instalira *Windows Core*. *OS Build* je polje u kojem se nudi posljednja verzija *Windows Core*, a postoji i opcija da se instalira neka od prethodnih verzija, što se može uraditi sa adekvatnim *image* fajlom. Kako se za RPi3B+ ne nudi zvanična verzija, potrebno je *download*-ovati *RaspberryPi 3B+ Technical Preview Build 17661* instalacioni fajl sa sajta *Windows Insider Preview Downloads* [11]. Moguće ga je instalirati direktno, instalacionim fajlom, ili preko *IoT Dashboard*-a.

Unutar *IoT Dashboard*-a moguće je dati ime i šifru uređaju, i prenijeti WiFi podešavanja mreže računara koji koristi *IoT Dashboard* (ukoliko je taj računar povezan za neki od njih).

Po završetku instalacije memorijsku karticu treba prebaciti u RPi3B+ i povezati ga sa napajanjem. RPi3B+ koristi USB 2.0 *micro port* za napajanje. Preporučljivo je da to bude nezavisni naponski adapter, sa naponom od 5V i strujom od 2A ili više.

Prvo pokretanje *Windows Core*-a traje mnogo duže, nekad čak i do 15-tak minuta, kako bi se operativni sistem inicijalno konfigurisao prema raspoloživom hardveru. Po završetku konfiguracije na ekranu se pojavljuje interfejs *desktop*-a.

Prvi vidljivi problemi sa *Windows Core* instalacijom na

RPi3B+ predstavljaju *driver*-i, jer ne prepoznaje integrisane Wi-Fi i *Bluetooth* module, mada prepoznaje eksterno dodate Wi-Fi ili *Bluetooth* adaptere na USB-u.

B. Upravljanje sa Windows10 IoT Core

IoT Dashboard u prozoru *My Devices* automatski prepoznaje sve *Windows Core* uređaje u lokalnoj računarskoj mreži. Desnim klikom na neki od njih dobija se nekoliko opcija, a između ostalih *Open in Device Portal*, *Launch IoT Remote Client* itd.

Veliku pogodnost predstavlja veoma jednostavno *remote* povezivanje sa *Windows Core* sistemom. Da bi se to omogućilo potrebno ga je prvo aktivirati u *Remote* stavki *Device Portal*-a. *Launch IoT Remote Client* je opcija koja automatski otvara prozor sa interfejsom uređaja (sl. 1) i omogućava njegovo direktno upravljanje. Instalira se putem *Microsoft Store* aplikacije.



Slika 1. Windows 10 IoT Core desktop na Raspberry Pi mikroracunaru

Sa *Open in Device Portal* otvara se *web* stranica (*Device Portal*). *Device Portal* sadrži podešavanja za programe, procese, i ostalo, i sa njima se može kontrolisati gotovo svaki parametar uređaja. Jedna od opcija je i *AllJoyn*.

C. Povezivanje Raspberry Pi i Azure IoT Hub

Logovanjem na <https://portal.azure.com/> i biranjem opcije *New Resource* moguće je sa ponudene liste izabrati *IoT Hub*. Dato je više pretplata kojima se nude razne mogućnosti, a jedno od ograničenja je u broju poruka koji povezani IoT uređaji mogu da prime ili pošalju.

Smještanje osjetljivih informacija, poput šifri ili sertifikata, na uređaj mogu ga učiniti izloženim napadima. Otkrivena šifra je siguran način da se kompromituje sigurnost uređaja a čak i čitavog sistema. U *Windows* porodici, tehnologija koja podržava sigurnost operativnog sistema je *Trusted Platform Module (TPM)*.

TPM je mikrokontroler koji može skladištiti i obrađivati podatke. Može biti u formi malog čipa zalemljenog na matičnu ploču računara ili poput modula integrisanog u sistem čipa (eng. *A system on a chip - SoC*), od strane proizvođača.

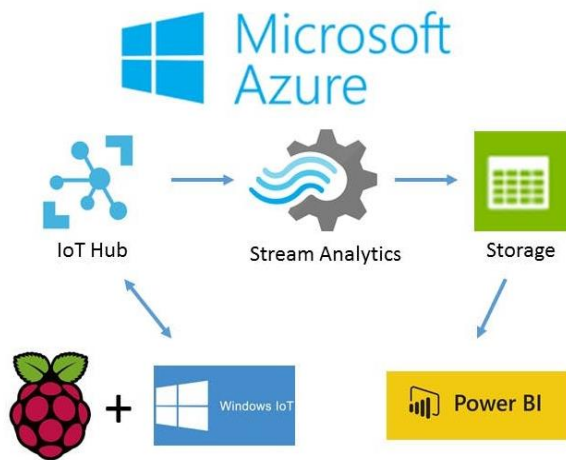
Da bi se uređaj pripremio za povezivanje sa *IoT Hub*-om, potrebno je aktivirati TPM na uređaju. Na *Raspberry Pi 3* uređajima ne postoji hardverski TPM, ali ga je moguće

emulirati softverski, opcijom unutar *Device Portal*-a.

U *IoT Dashboard*-u stavka *Connect to Azure* daje opciju povezivanja prepoznatih uređaja na *Azure IoT Hub*. Daje im parametre *Primary* i *Secondary Key*, i *Primary* i *Secondary Connection String*, kojima uređaj održava vezu sa *IoT Hub*-om.

IoT Hub sadrži puno raznovrsnih alata i to: *Overview*, *Activity log*, *Access control*, opcije za podešavanja, opcije za pretraživanja, *Automatic Device Management*, *Messaging*, *Security*, *Monitoring* i *Support*. Opcije za podešavanje mogu da definišu *shared access policies*, omogućće instalaciju X.509 sertifikata, filtriraju dolazne i odlazne IP adrese, definišu *IoT Hub* servere za slučaj *failover*-a. *IoT devices* služi za pregled, kreiranje i brisanje uređaja vezanih za *IoT Hub*. Tu se nalaze i podaci za povezivanje: *Device ID*, *Primary/Secondary Key* i *HostName*. Po potrebi se veza sa uređajem može uključiti ili isključiti. *Message routing* omoguććava kreiranja rute za poruke na definisane *endpoint*-e. *Monitoring* sadrži korisnu statistiku i obezbeđuje upozorenja prema definisanim parametrima.

Mogućnosti uređaja povezanog na *IoT Hub* su da putem servisa *Stream Analytics* šalje telemetriju i komande na drugi uređaj, u bazu podataka ili da mu se daljinski pristupi ili pošalje komanda. Dobijeni podaci se kasnije mogu obraditi ili vizualizovati putem *Microsoft* platforme *Power Bi*, *IoT Central Application* ili sličnih servisa (sl. 2).



Slika 2. Proces slanja podataka u Microsoft Azure IoT [12]

IoT Central Application je SaaS (eng. *Software as a service*) *Azure* platforma koja služi da poveže uređaje na IoT, upravlja sa njima i prati ih. Da bi se uređaj povezao sa *IoT Central Application*, treba napraviti odgovarajući *Device Template*. Ponuđeni su gotovi *template*-i za mnoge IoT uređaje. Nije među ponuđenim, mada je ranije postojao i *template* za Raspberry Pi. U *Interface* opciji se definiše koju će vrstu podataka uređaj slati. To može biti komanda ili telemetrijski podatak poput vlažnosti, pritiska, lokacije itd. Pod *View* opcijom *Device Template*-a kreira se vizuelno okruženje u kojem će se podaci prikazivati. *Rules* definiše uslove pod kojima će se podatak sa telemetrije poslati na *email* ili drugi od ponuđenih načina. *Analytics* može da

objedini podatke iz grupe uređaja i sačini njihovu uporednu analizu. *Jobs* omoguććava slanje komandi poput podešavanja brzine ventilatora za jedan uređaj ili grupu uređaja.

IV. ZAKLJUČAK

Iako je za namjene IoT uređaja i dalje dominantna upotreba *Linux* operativnih sistema, *Windows 10 IoT* operativni sistemi konstantno se unapređuju i optimizuju, a i veoma su zastupljeni u IoT *enterprise* uređajima. Kako broj IoT uređaja raste, tako se povećava i njihova namjena i oblasti u kojima se koriste [13], [14].

U radu su date osnovne karakteristike i namjene *Windows 10 IoT* operativnih sistema i prikazan način povezivanja na *Azure* platformu. Iz prikazanog postupka povezivanja može se zaključiti da je *Microsoft* kreirao izuzetno jednostavnu proceduru za instalaciju operativnog sistema *Windows IoT Core*, i njegovog povezivanja sa *Azure* servisima, što je omoguććeno objedinjavanjem svih potrebnih alata u aplikaciju *Windows 10 IoT Core Dashboard*. *Device portal* za *Windows 10 IoT Core*, kojim se može konfigurisati i upravljati sa svim važnim parametrima uređaja, uveliko povećava njihovu pristupačnost za korisnike i originalno je *Microsoft*-ovo rješenje za operativne sisteme.

LITERATURA

- [1] „Windows for IoT documentation,“ Available: <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/iot-core/>.
- [2] „An overview of Windows Server IoT 2019,“ Available: <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/iot-core/windows-server>.
- [3] M. Rouse, „Microsoft Azure (Windows Azure),“ Available: <https://searchcloudcomputing.techtarget.com/definition/Windows-Azure>.
- [4] A. Chatterjee, Building Apps for the Universal Windows Platform, Swindon, Wiltshire: Apress, 2017. p. 8
- [5] C. Bell, Windows 10 for Internet of Things, Apress, 2016. pp. 67-68.
- [6] „Windows 10 IoT Mobile Enterprise,“ Available: https://theinternetofthings.report/Resources/Whitepapers/984f2424-bc3c-4f32-a890-96984d83058f_WhitePaper.3---windows-10-iot-mobile-enterprise---datasheet-.pdf.
- [7] „An overview of Windows 10 IoT Enterprise,“ Microsoft, 18 01 2018. Available: <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/iot-core/windows-iot-enterprise>.
- [8] „www.advantech.com,“ Available: https://www.advantech.com/products/810da47f-3ba6-410a-a39c-8acc5232ce76/windows-embedded-server/mod_2c9fbef6-3b94-47fe-8c55-438bee844923.
- [9] M. Copeland, J. Soh, A. Puca, M. Manning / D. Gollob, Microsoft Azure: Planning, Deploying, and Managing Your Data Center in the Cloud, Apress, 2015. p. 3.
- [10] D. Jensen, Beginning Azure IoT Edge Computing: Extending the Cloud to the Intelligent Edge, Powder Springs, GA, USA: Apress, 2019. p. 17.
- [11] „Windows Insider Preview Downloads,“ Available: <https://www.microsoft.com/en-us/software-download/windowsiot>.
- [12] „Processing IoT Device Data with Azure and Power BI,“ Available: <https://www.hackster.io/peejster/processing-iot-device-data-with-azure-and-power-bi-c00e35>.
- [13] T. Popović, N. Latinović, A. Pešić, Ž. Zečević, B. Krstajić and S. Djukanović, „Architecting an IoT-enabled platform for precision agriculture and ecological monitoring: A case study”, Computers and Electronics in Agriculture, Volume 140, August 2017, Pages 255–265, ISSN: 0168-1699.
- [14] V. Šimun, B. Krstajić, „IoT rješenje za monitoring sistema HE „Piva“”, 18th International Symposium INFOTEH-JAHORINA, pp. 377-381, ISBN 978-99976-710-2-8 2019.

Primjena analitičkih modela za procjenu emisije zagađivača sa kruzer brodova u Bokokotorskom zalivu

mr Radmila Gagić, Pomorski fakultet Kotor, Univerzitet Crne Gore, prof. dr Danilo Nikolić,
Pomorski fakultet Kotor, Univerzitet Crne Gore

Sadržaj — Nagli porast broja dolazaka kruzer brodova u Luku Kotor od 2005. godine uticao je pozitivno na unaprijeđenje ekonomske situacije i pozicioniranje luke među vodećim svjetskim turističkim destinacijama. Strategija razvoja grada i Luke Kotor podrazumijeva unaprijeđenje kvaliteta života, planiranje, održivost i zaštitu kulturnih i prirodnih resursa. S tim u vezi, praćenje i kontrola ekoloških uticaja kruziranja turizma u Kotoru predstavlja jedan od ključnih aspekata za obezbjeđivanje održivosti i kvaliteta. Doprinos ovog istraživanja ogleda se u procjeni nivoa emisije izduvnih gasova sa kruzer brodova u Luci Kotor za 2015. godinu. Ukupna proračunata emisija zagađujućih materija na uzorku od 399 dolazaka brodova iznosi 18,6 kt/g.

Ključne reči — Emisija zagađivača, kruziranje turizam, Luka Kotor, održivi razvoj, zagađenje vazduha.

I. UVOD

Problematika izduvne emisije iz brodskih motora danas predstavlja jedan od glavnih izazova međunarodne zajednice. Nastojanja da se ovaj problem riješi u osnovi podrazumijeva donošenje i primjenu adekvatnih pravnih regulativa na međunarodnom i nacionalnom nivou koje obuhvataju osnovne definicije, pravne i tehničke smjernice i uputstva, te kaznene odredbe u slučaju nepridržavanja usvojenih propisa.

Najviši međunarodni pravni standard koji se bavi problematikom zagađenja mora i priobalja sa brodova je Međunarodna konvencija za sprječavanje zagađenja sa brodova (engl. International Convention for the Prevention of Pollution from Ships - MARPOL) donesena od strane Međunarodne pomorske organizacije – IMO (engl. International Maritime Organization). Aneks VI MARPOL konvencije propisuje tehničke standarde, principe kontrole i sertifikacije, te mjere za smanjenje emisije zagađujućih materija i postizanje bolje energetske efikasnosti na savremenim svjetskim trgovačkim brodovima [1],[2].

Sastav izduvne emisije iz brodskih motora uslovljen je

mr Radmila Gagić, Pomorski fakultet Kotor, Univerzitet Crne Gore, Dobrota 36, 85330 Kotor, Crna Gora (telefon: 382-67-617081; e-mail: radmilag@ucg.ac.me)

prof. dr Danilo Nikolić, Pomorski fakultet Kotor, Univerzitet Crne Gore, Dobrota 36, 85330 Kotor, Crna Gora (telefon: 382-67-615512; e-mail: danilo.nikolic@ucg.ac.me).

kvalitetom goriva i procesa sagorijevanja. Prema zvaničnim podacima na brodovima svjetske trgovačke flote uglavnom se koristi brodsko teško gorivo (engl. Heavy Fuel Oil - HFO), čak 80%, a svega 20% destilovano brodsko dizel gorivo (engl. Marine Diesel Oil - MDO) ili tečni prirodni gas (engl. Liquid Natural Gas - LNG) [3],[4]. Teško brodsko gorivo karakteriše se visokim sadržajem ostataka, visoke viskoznosti, veće gustine i sadržaja sumpora što direktno utiče na povećanje štetnosti izduvne emisije.

Kada je riječ o procentualnoj zastupljenosti sastavnih parametara izduvne emisije podaci za sporohodne dvotaktne brodske motore su: 13,0% O₂, 75,8% N₂, 5,6% CO₂, 5,35% H₂O, 1.500 ppm NO_x, 600 ppm SO_x, 60 ppm CO, 180 ppm HC i 120 mg/Nm³ PM [5]. Kod četvorotaktnih srednjehodnih brodskih motora struktura je nešto drugačija: 11,3% O₂, 74,3% N₂, 6% CO₂, 8,1% H₂O i 0,3% ostali zagađivači (NO_x, SO_x, CO, HC i PM) [5].

Posljednjih godina posebna pažnja se posvećuje upravo analizi štetnosti uticaja pojedinih parametara izduvne emisije. Posebno se prati i kontroliše emisija i koncentracija zagađivača poput NO_x, SO_x, suspendovanih čestica PM i gasova sa efektom staklene bašte. Kada je u pitanju zdravstveni uticaj, neke od sprovedenih studija dokazale su da postoje uzročne veze između izloženosti prekomjernim koncentracijama zagađivača u vazduhu i pojave respiratornih i kardio-vaskularnih oboljenja, u krajnjim slučajevima i do nastanka smrti [6]-[8].

Ekološki uticaji se ogledaju u stvaranju fotohemijskog smoga i kiselih kiša, kao i doprinosu redukciji ozonskog omotača [9]. Problem nastanka fotohemijskog smoga ili prizemnog ozona posebno je značajan za područja pozicionirana u kotlinama koja okružuju visoki planinski masivi, što je slučaj sa gradom Kotorom i Bokokotorskim zalivom generalno. Ovakav geomorfološki izgled omogućava dugoročnu izloženost negativnim ekološkim uticajima pomenutih parametara emisije u toplijim periodima godine tj. u toku kruziranja sezone. S tim u vezi, posljedice procesa eutrofikacije i acidifikacije na osjetljive ekosisteme i krećnjačke tvorevine postaju evidentne.

Shodno navedenom, analitička procjena aproksimativnih vrijednosti emitovanih količina zagađivača sa kruzer brodova u Bokokotorskom zalivu predstavlja naučno-istraživački doprinos u pogledu definisanja strateških

ciljeva održivog razvoja luke Kotor u domenu nautičkog i krizing turizma.

II. RAZVOJ KRIZING TURIZMA U LUKI KOTOR

Međunarodni pomorski putnički prevoz u posljednjih nekoliko decenija gotovo u potpunosti se vezuje za uspješnost poslovanja krizing industrije i statističke pokazatelje o sve većem broju inostranih turista koji odlaze na kružna putovanja širom svijeta. Ovakva globalna situacija uticala je na pozicioniranje Bokokotorskog zaliva i Luke Kotor kao treće najveće krizing destinacije Jadranskog regiona [10].

Parametri uspješnosti poslovanja luke u periodu od 2006. godine ukazuju na kontinuirani porast broja dolazaka kruzera brodova i broja inostranih putnika. Procentualno prikazano povećanje broja dolazaka kruzera brodova u 2015. godini je za 16,43% više u odnosu na 2014. godinu, 33,01% više u odnosu na 2010. godinu i čak 165% više u odnosu na 2006. godinu. Kada je riječ o podacima koji se odnose na broj putnika koji su uplovili u luku Kotor na kruzera brodovima statistika pokazuje da je u 2015. godini bilo 42,9% više posjetilaca nego u 2014. godini, čak 204,46% više nego u toku 2010. godine i impozantnih 1115,70% više u odnosu na 2006. godinu [11].

Shodno navedenom, Luka Kotor i Bokokotorska regija stekli su globalni imidž jedne od vodećih svjetskih krizing destinacija što dodatno potvrđuje i svrstavanje ovog predjela u vodećih 20 na Forbsovoj listi za 2020. godinu [12]. Sve ovo je imalo za rezultat niz pozitivnih efekata u pogledu ekonomskog razvoja grada i regije, promocije postojećih i razvoja novih vidova turizma, osnaživanje saradnje na regionalnom i svjetskom nivou, te globalnu konkurentnost.

Primamljiva pozicioniranost Luke Kotor, geomorfologija zaliva, prirodna i kulturno-istorijska originalnost predstavljaju važne strateške faktore koje je neophodno dugoročno zaštititi od negativnih ekoloških uticaja sve brojnijeg pomorskog transporta.

III. DEFINISANJE MODELA ZA PROCJENU IZDUVNE EMISIJE IZ BRODSKIH MOTORA

Osnovni aspekt procjene emitovane količine zagađivača iz brodskih motora je analiza dostupnih podataka i informacija na osnovu čega se donosi odluka o odabiru adekvatnog modela. Uvijek je preporuka da se prilikom analize primjenjuju detaljne metode procjene ukoliko to nivo dostupnih informacija omogućava [13].

Na osnovu analize prethodnih istraživanja i razvijenih modela za procjenu emisije zagađujućih materija iz brodskih motora, kao i situacije u Bokokotorskom zalivu i obima prikupljenih tehničko-operativnih informacija o kruzera brodovima koji uplovljavaju u akvatorij Luke Kotor donešena je odluka o primjeni EMEP/EEA Tier 3 modela u ovom istraživanju. Navedeni model predstavlja podršku procesu izvještavanja u skladu sa preporukama i uputstvima Evropskog programa nadzora i evaluacije - EMEP u okviru Konvencije o prekograničnom zagađenju

vazduha na velikim udaljenostima – LRTAP [13].

Metodologija procjene ukupne emitovane količine parametara izduvne emisije iz brodskih motora u radu obuhvatala je pripremnu fazu prikupljanja podataka što uglavnom obuhvata rad sa dostupnim bazama (IHS alat sa tehničkim podacima svjetskog registra brodova, zvanični podaci Luke Kotor A.D., operativni podaci iz automatskog identifikacionog sistema Marine Traffic AIS live, itd.). Drugi dio obuhvata laboratorijsku analizu sadržaja sumpora uzoraka brodskih goriva sa brodova koji uplovljavaju u Luku Kotor i računanje ukupne emisije zagađivača iz brodskih motora na nivou svakog pojedinačnog slučaja, mjesečnom i godišnjem nivou.

Određivanje parametara modela podrazumijeva definisanje:

- operativnog režima rada (manevrisanje i hoteling) uz određivanje prostornih i vremenskih odrednica; i
- konstruktivnih i tehničkih karakteristika broda (bruto tonaže, vrste glavnog broskog pogona, izlazne snage glavnog broskog pogona, opterećenja motora u određenom operativnom režimu, vrste i kvaliteta pogonskog goriva, odabira adekvatnih faktora emisije i sl.).

Rezultati realizacije pripremne faze obuhvataju istraživačka saznanja koja predstavljaju ujedno i parametre metode procjene. U toku 2015. godine ukupno 72 različitih kruzera broda uplovila su u Bokokotorski zaliv i napravili su 411 dolazaka, od čega je 66 njih tonaže preko 1000 BRT obuhvaćeno analizom. Čak 57% analiziranih brodova ima dizel pogonski uređaj, 40% dizel električni sklop i 3% brodova opremljeno je gasnim turbinama. U nedostatku potpunih podataka o vrsti goriva koja se koristi na brodovima koji uplovljavaju u Luku Kotor usvojena je pretpostavka u skladu sa podacima iz [14] da većina brodova koristi teška brodska goriva. Radi sprovođenja komparativne analize u radu izvršen je proračun ukupne emisije u slučaju korišćenja destilovanog broskog dizel goriva.

Laboratorijskom analizom prikupljenih uzoraka goriva određena je srednja vrijednost sadržaja sumpora u gorivima od 2,67%. Međutim, ako se uzme u obzir prirodna specifičnost Bokokotorskog zaliva i kulturno-istorijska baština pod zaštitom Organizacije ujedinjenih nacija za obrazovanje, nauku i kulturu (UNESCO) ova oblast se može posmatrati kao potencijalno područje kontrole emisije sumpor oksida - SECA (engl. Sulphur Emission Control Area). S tim u vezi, u okviru istraživanja odrađen je proračun emisije oksida sumpor u skladu sa najnovijim propisima Aneksa VI MARPOL konvencije koji ograničavaju nivo sumpora u brodskim gorivima na 0,1% [15].

Kada je riječ o operativnim podacima definisana su dva operativna režima rada manevrisanje i hoteling. Operativni režim rada manevrisanje sastoji se iz dvije faze: I - od trenutka ulaska u zaliv do dolaska broda u Luku Kotor na poziciju veza ili sidrišta i II - od trenutka upućivanja motora nakon odvezivanja i podizanja sidra do trenutka postizanja krizing brzine pri izlasku iz zaliva. U trenutku

privezivanja broda ili njegovog sidrenja u Luci Kotor brod prelazi na režim rada hoteling. Podatak koji se uzima u obzir prilikom procjene emisije podrazumijeva opterećenje glavnog brodskog pogona koje je prema prethodnim istraživanjima za obje identifikovane faze 20% [16].

Vrijeme trajanja operativnog režima hoteling zavisi od slučaja, dok je vrijeme trajanja režima manevrisanje određeno prema stručnoj procjeni lučkih pilota. Pored navedenih podataka, neophodan ulazni parametar za procjenu emisije zagađivača iz motora je emisijski faktor koji zavise od tipa i vrste motora, vrste goriva i operativnog režima rada. U ovom radu korišćeni su faktori emisije predloženi od strane Lloyds Register Engineering Services prikazani u tabeli 1. [13],[17].

TABELA 1: EMISIONI FAKTORI ZA RAZLIČITE VRSTE BRODSKIH GORIVA U REŽIMU MANEVRISANJA I HOTELINGA [G/KWH]

Tip motora – vrsta goriva	NOx	Sox	PM	CO2
Srednjehodni motor – HFO	10,4	4,2*S	2,4	660
Srednjehodni motor – MDO	9,9	4,2*S	0,9	660

Uzimajući u obzir sve prethodno navedene parametre sprovedena je analitička procjena ukupne količine izduvne emisije iz brodskih motora prema sljedećem algoritmu [13]:

$$E_{ij} = \sum T_j * (P_n * LF_j * EF_i) \quad (1)$$

gdje su:

E_{ij} – količina izduvne emisije pojedinog zagađivača i u toku određenog režima rada j (t)

P_n – nominalna snaga motora (kW)

LF_j – faktor opterećenja motora u datom režimu rada j (%) T_j – period trajanja datog režima rada j (h)

EF_i – emisijski faktor pojedinog zagađivača i (g/kWh).

IV. ANALIZA REZULTATA

Primjenom analitičkog modela EMEP/EEA Tier 3 sprovedena je procjena emitovane količine oksida azota, oksida sumpora, ugljen dioksida i suspendovanih čestica PM sa kruzer brodova u Bokokotorskom zalivu za period 2015. godine. U tabeli 2. prikazani su dobijeni rezultati.

Analiza obuhvata razmatranje količina emitovanih na mjesečnom nivou, kao i ukupne emitovane količine na nivou godine.

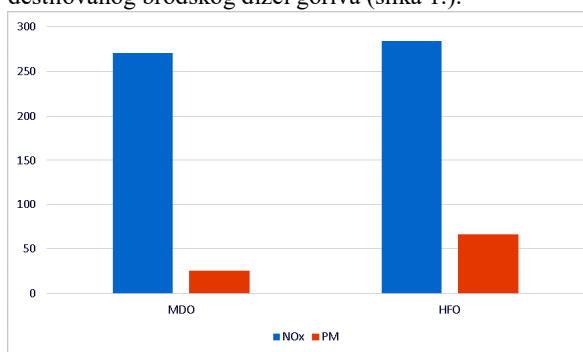
TABELA 2: UKUPNA EMITOVANA KOLIČINA PARAMETARA IZDUVNE EMISIJE IZ BRODSKIH MOTORA U BOKOKOTORSKOM ZALIVU U 2015. GODINI [T/GODINI]

Mjesec	NOx	CO2	PM	SO2*
Januar	6,14	409,18	0,56	6,95
Februar	9,21	613,77	0,84	10,43
Mart	6,91	460,81	0,63	7,83
April	11,60	773,33	1,05	13,14

Maj	34,07	2.271,42	3,10	38,59
Mjesec	NOx	CO2	PM	SO2*
Jun	38,10	2.378,34	3,47	43,26
Jul	32,47	2.164,79	2,95	36,78
Avgust	34,54	2.304,80	3,14	39,16
Septembar	37,22	2.481,32	3,38	42,16
Oktobar	30,60	2.039,91	2,78	34,66
Novembar	19,00	1.266,88	1,73	21,53
Decembar	11,12	741,43	1,01	12,60
Ukupno (t/godini)	270,98	17.905,98	24,64	307,09

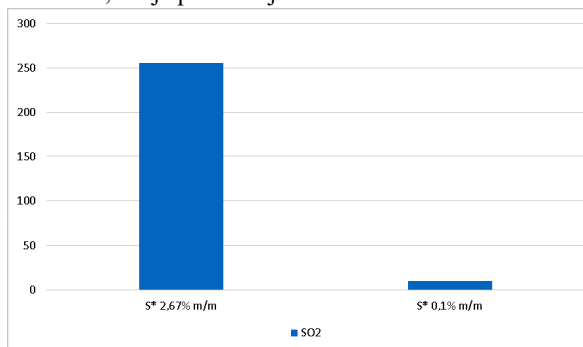
* procjenjena srednja vrijednost sadržaja sumpora od 2.67 % m/m

U radu je sprovedena komparativna analiza generisanih rezultata u slučaju primjene teškog brodskog goriva i destilovanog brodskog dizel goriva (slika 1.).



Sl. 1. Uporedna analiza ukupne emitovane količine NOx i PM u toku 2015. godine za slučaj upotrebe HFO i MDO

Takođe, upoređivani su rezultati procjene u slučaju sadržaja sumpora određenog laboratorijskim ispitivanjima i u slučaju propisanih graničnih vrijednosti u SECA oblastima, što je predstavljeno na slici 2.



Sl. 2. Uporedna analiza ukupne emitovane količine SO2 u toku 2015. godine za slučaj upotrebe goriva sa sadržajem sumpora 2,67% m/m i 0,1% m/m

Analizom strukture dobijenih podataka može se doći do zaključka da nivo emisije direktno zavisi od promjenljivih poput broja dolazaka brodova, perioda trajanja operativnih režima, izlazne snage brodskog pogona, vrste goriva koja se koristi i procentualnog sadržaja sumpora u gorivima.

Ukoliko se razmatra broj dolazaka brodova i izlazna snaga brodskog pogona može se uspostaviti direktna

proporcionalna zavisnost sa ukupnom emitovanom količinom zagađivača. To takođe podržava stav da je u toku krizing sezone ukupna emitovana količina zagađivača veća u odnosu na period van sezone.

Pored toga, analiza je pokazala da je ukupna emitovana količina zagađivača u toku operativnog režima rada hoteling veća u odnosu na količinu emitovanu u toku operativnog režima rada manevrisanje. Taj odnos na nivou godine iznosi oko 4.

Na osnovu podataka prikazanih na slici 2. može se zaključiti da je odstupanje rezultata emisije oksida sumpora u slučaju primjene goriva sa visokim sadržajem sumpora u odnosu na primjenu niskosumpornih goriva u skladu sa ograničenjima koja važe u SECA oblastima.

Shodno prethodno navedenom, efikasno upravljanje operativnim faktorima (npr. opterećenje broskog pogona, period trajanja operativnih režima rada i kvalitet goriva) od većeg je značaja u pogledu kontrole i redukcije ukupne izduvne emisije sa kruzer brodova, pri čemu broj dolazaka brodova u tom slučaju može zadržati dosadašnji trend.

V. ZAKLJUČAK

Povećani intenzitet krizing aktivnosti u Bokotorskom zalivu i sve veći broj inostranih posjetilaca koji kruzerima dolaze u Luku Kotor rezultirali su nizom pozitivnih efekata uključujući povećanje budžeta lokalne zajednice, aktuelizacijom postojećih vidova turizma, razvojem novih turističkih ponuda, uopšte ekonomskim napretkom regije.

U cilju obezbjeđivanja adekvatnog okruženja i preduslova za dalji razvoj luke i grada sa akcentom na održivo korišćenje i očuvanje prirodnih i kulturno-istorijskih resursa neophodno je jasno definisati i formalizovati pravne okvire za kontrolu i sprječavanje zagađenja, te smanjenja negativnih ekoloških uticaja pomorskih operacija. U tome se ogleda naučni doprinos ovog rada koji predstavlja osnov za pronalaženje kompromisnog rješenja između ostvarivanja ekonomske dobiti i ekoloških i zdravstvenih uticaja krizing turizma u Bokotorskom zalivu i Luci Kotor.

ZAHVALNICA

Posebnu zahvalnost upućujemo kolegi dr. sc. Ivici Ančiću sa Sveučilišta u Zagrebu, Fakulteta strojarstva i brodogradnje, na učešću i doprinosu u realizaciji pripreme faze prikupljanja tehničkih podataka o brodovima kroz obezbjeđivanje pristupa IHS wros bazi podataka.

Rad je pripremljen u cilju obezbjeđivanja održivosti projekta Montenegro Sustainable Maritime Competence Development Initiative, HERD Maritime 2010-2014, finansiranog kroz program Ministarstva spoljnih poslova Kraljevine Norveške.

LITERATURA

[1] IMO (International Maritime Organization), Revised MARPOL Annex VI Regulations for the Prevention of Air Pollution from Ships and NOx Technical Code 2008, London: International Maritime Organization, 2009.

[2] IMO (International Maritime Organization), „International Maritime Organization,“ IMO, 2019. [Na mreži]. Dostupno na linku: [http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx). [Poslednji pristup 17. decembar 2019].

[3] N. A. Braathen, *Environmental Impacts of International Shipping - The Role of Ports*, Paris: OECD Publishing, 2011.

[4] C. Trozzi, „Emission estimate methodology for maritime navigation,“ u *9th International Emissions Inventory Conference*, San Antonio, 2010.

[5] D. Woodyard, *Pounder's Marine Diesel Engines and Gas Turbines*, Eighth edition, Great Britain: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2004.

[6] E. Fridell, E. Steen / K. Peterson, „Primary particles in ship emissions,“ *Atmospheric Environment*, br. 42, pp. 1160-1168, 2008.

[7] EEB (The European Environmental Bureau), The European Federation for Transport and Environment (T&E), Seas At Risk (SAR), The Swedish NGO Secretariat on Acid Rain. *Air Pollution from Ships*, Transport Environment Organization, 2004.

[8] AirClim, Risk at Sea, Bellona Foundation, North Sea Foundation, Transport & Environment, European Environmental Bureau, *Air pollution from ships*, Laholm, Sweden: MILJÖINFORMATION ÅSTRÖM & NILSSON AB, 2011.

[9] E. D. Tuft, *Impacts of Low Load Operation of Modern Four-Stroke Diesel Engines in Generator Configuration, Master Thesis*, Trondheim, Norway: Norwegian University of Science and Technology, Faculty of Engineering Science and Technology, Department of Marine Technology, 2014.

[10] T. Pallis, K. Arapi, A. Papachristou, „Cruise Activities in Medcruise Ports: Statistics 2015,“ MedCruise Association, Piraeus, 2016.

[11] D. Nikolić, R. Gagić, Š. Ivošević, „Estimation of Air Pollution from Ships in the Boka Kotorska Bay,“ u *The Handbook of Environmental Chemistry*, Springer Berlin Heidelberg, 2016, pp. 1-12.

[12] C. Elliott, „Here They Are: The 20 Best Places To Visit In 2020,“ Forbes, 2019. [Na mreži]. Dostupno na linku: <https://www.forbes.com/sites/christopherelliott/2019/10/16/20-best-places-visit-in-2020/#78ba78c26251> [Poslednji pristup 20. decembar 2019].

[13] C. Trozzi, „EMEP/EEA emission inventory guidebook 2013, International navigation, national navigation, national fishing and military (shipping),“ European Environmental Agency, 2013.

[14] C. Trozzi, „Emission estimate methodology for maritime navigation,“ u Co-leader of the Combustion & Industry Expert Panel - Task Force on Emission Inventories and Projections, under the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution., San Antonio, 2010.

[15] IMO International Maritime Organization, Revised MARPOL Annex VI Regulations for the Prevention of Air Pollution from Ships and NOx Technical Code 2008, London: International Maritime Organization, 2009.

[16] C. Trozzi, „Emission estimate methodology for maritime navigation,“ u 9th International Emissions Inventory Conference, San Antonio, 2010.

[17] U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency), *Compilation of Air Pollutant Emission Factors - Volume I: Stationary Point and Area Sources*, Fifth edition, Chicago: Office of Air Quality Planning and Standards, 1995.

Uticaj svijesti zaposlenih na bezbjednost podataka u organizacijama

Duško Šušakvević, Univerzitet Donja Gorica

Sadržaj — U ovom radu predstavljeni su uticaji svijesti zaposlenih na bezbjednost podataka u organizacijama, kao i prednosti sprovođenja edukacije i obuke u cilju povećanja iste. Posebna pažnja je posvećena preventivnom djelovanju kako bi se izbjegle ili ublažile situacije narušavanja bezbjednosti podataka.

Ključne riječi — Bezbjednost, svijest zaposlenih, bezbjednosna obuka, umanj enje rizika.

I. UVOD

Uspješno funkcionisanje mnogih organizacija usko je povezano sa korišćenjem različitih vrsta podataka. Ukoliko bi na bilo koji način došlo do narušavanja osnovnih svojstava podataka koji se u njima koriste i/ili čuvaju – povjerljivosti, integriteta ili raspoloživosti – to bi moglo da ima značajne posljedice po odvijanje njihovih poslovnih aktivnosti. Zato se pitanju bezbjednosti podataka poklanja značajna pažnja u posljednje vrijeme. Problem bezbjednosti podataka postao je posebno aktuelan naglim razvojem računarskih tehnologija i umrežavanjem velikog broja računara u računarske mreže. Sve ovo je donijelo potrebu za rješavanjem pitanja mogućih namjernih ili nenamjernih uticaja na svojstva podataka [1].

Koliko god je to doprinijelo što lakšem obavljanju djelatnosti, donijelo je sa sobom potrebu za rješavanjem pitanja mogućih namjernih ili nenamjernih uticaja na svojstva podataka. Osnovni zadatak uspostavljanja sistema zaštite podataka jeste da se očuvaju sledeća tri njihova svojstva:

- Povjerljivost podataka, koja označava svojstvo da podaci nisu dostupni neovlašćenim osobama, organizacijama ili procesima
- Integritet podataka, koji označava svojstvo očuvanja tačnosti i kompletnosti podataka
- Raspoloživost podataka, koja označava svojstvo raspolaganja podacima kada su potrebni uz uslov da korisnik ima pravo pristupa podacima.

Treba naglasiti da u praksi pod bezbjednošću podataka ljudi obično podrazumijevaju samo prvo svojstvo, koje možda i jeste dominantno. Međutim, problem nije samo u tome da li je neko „vidio ono što nije trebalo da vidi“ nego i da li je obrisao neku informaciju ili je izmijenio i time nas naveo na pogrešnu odluku ili čak onemogućio pristup podacima u trenutku kada nam je to važno.

Prvu liniju odbrane od ugrožavanja bezbjednosti podataka

ne čini *firewall*, već su to zaposleni, pa je neophodno postojanje njihove adekvatne bezbjednosne svijesti i obučenosti u oblasti bezbjednosti podataka. Nije dovoljno dati uputstvo za upotrebu neke funkcionalnosti zaposlenima, neophodno je da znaju i kako da zaštite istu [2].

U nastavku ovog rada biće više riječi o potrebi sprovođenja kontinuiranih obuka i edukacija zaposlenih o bezbjednosti podataka, kao i o uticaju istih na podizanje nivoa svijesti zaposlenih kao i o njenom uticaju na povećanje bezbjednosti podataka.

II. ZNAČAJ IT BEZBJEDNOSNE OBUKE I EDUKACIJA ZAPOSLENIH

Kako bismo umanjili bezbjednosni rizik ljudskog faktora neophodno je ljude obučavati, kako one koji upravljaju (menadžere), tako i one koji su neposredno zaposleni na razvoju i održavanju sistema. Obuka korisnika se podrazumijeva, ali sistem ne smije biti toliko ranjiv da ga korisnik može ugroziti.

Obuka mora biti kontinuirana. Isto kao što se tehnologije i metode napada razvijaju i evoluiraju, tako i metode preventivne i represivne zaštite podataka treba razvijati. Zaposleni moraju biti svjesni potrebe za IT bezbjednosnom obukom kako bi bili otvoreni za prihvatanje znanja iz ove oblasti. Bezbjednost ne treba da sprječava izvršenje poslovnih procesa, već treba da osigura bezbjednost istih. Upravo zbog toga zaštitu podataka i IT bezbjednost ne treba posmatrati kao trošak, već kao investiciju. Boj otkrivenih i obrađenih događaja iz domena zaštite podataka i bezbjednosti IT je u porastu. Ova činjenica ukazuje na to da je obuka u cilju zaštite i bezbjednosti podataka neophodna i nezaobilazna kako bi se adekvatno izborili sa sve više i više prijetnji koje ugrožavaju ispravan rad sistema, a samim tim i organizaciju u cjelini [2].

Pri obuci je potrebno dati jasne odgovore na sledeća pitanja [2]:

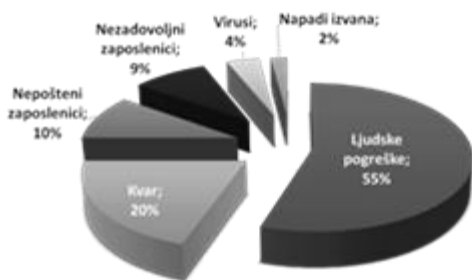
- Što treba štititi? Zaposleni treba da su svjesni osjetljivosti podataka koje koriste i da te podatke, kao i infrastrukturu koja obrađuje iste moraju zaštititi.
- Koji su izvori ugrožavanja? Ovdje je potrebno identifikovati rizike, definisati od koga i od čega treba štititi podatke i cjelokupnu IT infrastrukturu.
- Zašto treba štititi podatke? Potrebno je utvrditi moguće posljedice i gubitke, odnosno štetu koju organizacija može pretrpjeti u slučaju ostvarivanja nekih od prijetnji. Iz bezbjednosnog ugla, tri ključna faktora za

razmatranje su integritet, povjerljivost i raspoloživost podataka.

- Čime i kako štititi podatke? Odgovor na ovo pitanje treba da sadrži lepezu mjera i sredstava koja će biti korišćena u cilju zaštite podataka. U osnovi zaštita može biti preventivna i represivna.

Zbog nedostatka neophodnih nivoa znanja zaposlenih nemoguće je uspostaviti odgovarajući nivo zaštite informacionog sistema pa je potrebno sprovesti odgovarajuću edukaciju zaposlenih. Svijest zaposlenih igra ključnu ulogu u ublažavanju rizika vezanog za narušavanje IT bezbjednosti u organizacijama [3].

Relevantna istraživanja pokazuju kako nedovoljna ulaganja u bezbjednost podataka imaju za posljedicu krađu ili gubitak podataka, što se negativno odražava na poslovanje organizacija i u finansijskom i u smislu reputacije. Još uvijek ljudski faktor predstavlja potencijalno najveću unutrašnju i vanjsku prijetnju po bezbjednost podataka što se može vidjeti i na slici 1, na kojoj su prikazani načini odliva podataka [4].



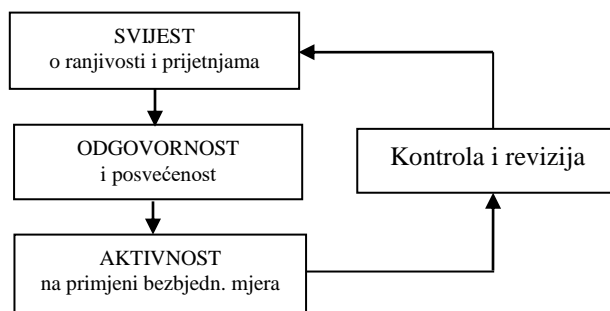
Slika 1. Načini odliva podataka

Broj otkrivenih i obrađenih događaja iz domena zaštite podataka i IT bezbjednosti je u porastu. Ovo ukazuje na to da je obuka u cilju zaštite i bezbjednosti podataka neophodna i nezaobilazna kako bi se adekvatno izborili sa sve više prijetnji koje ugrožavaju ispravan rad sistema, a samim tim i organizaciju u cjelini. Jedan od odgovora na pitanje o preventivnom djelovanju jeste upravo edukacija zaposlenih u cilju podizanja bezbjednosne kulture. Edukacija zaposlenih u cilju podizanja svijesti i bezbjednosne kulture, nezamjenjiv je faktor u smanjenju štete za organizaciju. Ova edukacija mora biti u fazi zapošljavanja i u kontinuitetu se odvijati tokom procesa rada. Programi edukacije moraju biti usmjereni na to da se propisani procesi i procedure sprovedu u praksi, a ne da su samo puka forma.

Govoreći o podizanju svijesti o bezbjednosti neizostavna je kontinuirana edukacija o [5]: (i) važnosti razmjene znanja o bezbjednosti podataka; (ii) značaju saradnje u oblasti bezbjednosti podataka; (iii) značaju relevantnosti, pravovremenosti i dosljednosti u oblasti bezbjednosti podataka; (iv) važnosti pridržavanja politika i procedura preduzeća; (v) bezbjednosti lozinki za autentifikaciju pri korišćenju IT sistema.

Da bi se u organizacijama preduzimale aktivnosti radi obezbjeđenja integriteta, raspoloživosti i tajnosti podataka,

potrebno je da postoji određeni nivo svijesti o ranjivosti bezbjednosti ili potrebi za obezbjeđenjem navedenih svojstava podataka. Aktivnosti koje uključuju planiranje, projektovanje i primjenu preporučenih bezbjednosnih mjera ne podrazumijevaju samo da menadžeri budu svjesni problema, nego i da budu posvećeni ostvarenju bezbjednosti i spremni da prihvate odgovornost za njeno sprovođenje. Ovaj koncept bezbjednosne kulture je prikazan na Slici 2. prikazana povratna sprega proističe iz pregleda ranjivosti, prijetnji i rizika i daje neophodne informacije koje utiču na povećanje svijesti. Bezbjednosna kultura podrazumijeva svijest o bezbjednosti, njeno prihvatanje i aktivnosti na njenom ostvarenju [6].



Slika 2. Bezbjednosna kultura

III. ULOGA SVIJESTI O BEZBJEDNOSTI INFORMACIJA I UMANJENJE RIZIKA EDUKACIJOM

Svijest o bezbjednosti informacija možemo definisati kao sveukupno znanje zaposlenih i razumijevanje mogućih problema povezanih sa bezbjednošću podataka i njihovih posljedica kao i što treba preduzeti da bi se riješila pitanja vezana za bezbjednost. Zaposleni koji su svjesni bezbjednosti upoznati su sa bezbjednosnim praksama i pravilima organizacije, kao i sa njihovim odgovornostima u vezi s informacionim resursima organizacije i posljedicama zloupotrebe, uključujući gubitak ugleda, značajne finansijske gubitke, pa čak i potpuni prekid poslovanja. Kad zaposleni razumiju svrhu bezbjednosnih zahtjeva organizacije obično udovoljavaju tim pravilima. Mnoga istraživanja su potvrdila da visoka svijest o bezbjednosti može umanjiti određena nezakonita djela. Proceduralne mjere bezbjednosti su važni artefakti organizacije koji podižu svijest zaposlenih o potencijalnim bezbjednosnim prijetnjama i posljedicama neadekvatnog ponašanja po pitanju bezbjednosti podataka.

Nažalost, većina zaposlenih ima nedostatak svijesti o bezbjednosti zbog nedostatka obrazovanja, profesionalizma i obuke. Zato, da bi se prevazišlo takvo stanje, potrebno je da svi zaposleni u organizacijama prođu odgovarajuću obuku o svijesti o informacionoj bezbjednosti i da pravovremeno budu upoznati s dopunama ili promjenama u bezbjednosnoj politici [7].

Učenje o bezbjednosti možemo posmatrati kao uputstva koja korisnicima IT sistema pružaju opšta znanja o okruženju informacione bezbjednosti, zajedno s vještinama potrebnim za obavljanje svih potrebnih bezbjednosnih postupaka. Obuka o bezbjednosti ima odvrćajući učinak

kroz trajno znanje o bezbjednosti. Krajnja svrha učenja je da omogućiti zaposlenima da donose dobre odluke podsjećajući ih na smjernice o prihvatljivoj upotrebi IT sistema i potencijalne ishode u slučaju da korisnici zaobiđu navedena pravila. Mnoštvo bezbjednosnih pitanja povezano je s ljudskim neznanjem. Ako nešto ljudi ne znaju to može da prouzrokuje jaz i izloženost. Kako bi obrazovanje o bezbjednosti bilo efikasno mora ispunjavati razne zahtjeve, a jedan od njih je da obuka mora sadržati jasne primjere s posljedicama i objašnjenja zašto se primjenjuju određena pravila. Obuka o bezbjednosti je obavezna za sve zaposlene, uključujući i rukovodstvo. U organizacijama u kojima se sprovodi efikasna obuka o bezbjednosti, zaposleni imaju visoku svijest o bezbjednosti podataka. Svrha treninga o bezbjednosti podataka jeste edukovati zaposlene o tome kako zaštititi sredstva organizacije u koja spadaju i podaci i zašto mora postojati određeni skup pravila. Takođe je važno ponoviti obuku o bezbjednosti zbog promjena u pravilima. Učenje o bezbjednosti utiče na svijest zaposlenih i davanjem detalja o strašnim posljedicama koje organizacija može doživjeti u slučaju kršenja bezbjednosti. Znanje o bezbjednosti podataka ključno je za osiguravanje usklađenosti i zaposleni ga dobijaju kroz obuku i obrazovanje. Svijest o informacionoj bezbjednosti rezultat je vaspitanja i obrazovanja, zato obrazovanje o bezbjednosti ima tendenciju da dovodi do skladnog ponašanja zaposlenih [8].

Na korisničkom nivou je važna obuka na nivou svjesnosti o ugrožavanju bezbjednosti. Kako običan korisnik IT sistema nije odgovoran za složena podešavanja, održavanje ili razvoj sistema, to se u bezbjednosnom smislu mora obezbijediti da on svojim greškama ne ugrozi bezbjednost. Za ovaj nivo dovoljan je osnovni kurs o tajnosti šifre i ostalim savremenim načinima ugrožavanja bezbjednosti na korisničkom nivou (maliciozni softver, pogrešan unos podataka, socijalne mreže itd), jednom riječju kursevi svjesnosti o postojećim prijetnjama. Kad je u pitanju obuka zaposlenih iznad korisničkog nivoa, potrebno je prvo utvrditi nivo odgovornosti za bezbjednost. Malo je vjerovatno da će biti izdvojena sredstva za obuku svih zaposlenih koji imaju makar i minimalnu odgovornost za bezbjednost (misli se na sve zaposlene koji su u dodiru sa IT sistemima iznad korisničkog nivoa). Zato je potrebno izdvojiti dva nivoa zaposlenih:

- nivo odgovornih za bezbjednost i
- nivo značajno odgovornih

Jasno je da sa obukom treba krenuti od zaposlenih čiji je odnos obučenost/odgovornost najmanji. Ovakvim pristupom i odgovarajućom obukom po nivoima, obezbijedićemo da se zaposleni osjećaju odgovornijim za bezbjednost u IT-u, u okviru svojih nadležnosti, čime ćemo nesumnjivo umanjiti bezbjednosne rizike. Bezbjednost podataka i informacionog sistema mnogo veća ako su svijest zaposlenog i nivo znanja unaprijeđeni. Time dobijamo jaču i homogenu sredinu, otpornu na svakodnevne prijetnje, koje ugrožavaju funkcionalnu sposobnost sistema. Redovne bezbjednosne buke održavaju korak zaposlenih sa aktuelnostima.

IV. BEZBJEDNOSNA SVIJEST I MODEL IT BEZBJEDNOSNE OBUKE

Osnovna stvar koju treba preduzeti na početku bavljenja problemom bezbjednosti podataka, čiju važnost nema potrebe naglašavati, jeste planiranje i sprovođenje u djelo posebnog projekta za razvoj i povećanje svijesti o samom značenju, važnosti i neophodnosti IT bezbjednosti. Ovaj projekat bi trebao da obuhvati cijelu državu i sve one individue koje u bilo kojoj formi su dio ili će učestvovati u IT dešavanjima. Cilj izgradnje bezbjednosne svijesti je da omogućiti sagledavanje osjetljivosti i prijetnji u informacionom ambijentu i potencijalnih štetnih posljedica, da obezbijedi opšte razumijevanje problema zaštite podataka i da poboljša ukupnu svijest o nužnosti obaveze bezbjednosti IT ambijenta. Ovo je potrebno zato da se omogućiti dovoljno jak podsticajni impuls za inicijaciju i budući razvoj projekata za obučavanje i edukovanje u sektoru IT bezbjednosti.

Svijest predstavlja fundament za rukovođenje bezbjednošću i zahtjeva posvećenost na svakom nivou. Zato razvoj bezbjednosne svijesti treba biti usmjeren prema menadžmentu, zaposlenima i IT praktičarima. Svijest sa razumijevanjem predstavlja fundamentalni element koji je potreban za sprovođenje smjernica i pravila IT bezbjednosti, što bi obezbijedilo da sinhronizovani kontrolni djelovi besprekorno rade ono za što su namijenjeni. Nije moguće da će menadžment, zaposleni i svi ostali kojima je omogućen pristup IT sistemima da se slože sa smjernicama i pravilima kojih ne mogu biti svjesni ili su im isti nerazumljivi. Takođe, ukoliko ne postoji svjesnost o mogućem riziku koji je vezan za njihove IT sisteme isti neće razumjeti nužnost podrške smjernicama napravljenim u cilju umanjavanja rizičnih situacija. Bezbjednosna svijest podrazumijeva razumijevanje rizičnih situacija. Fundamentalni elementi IT bezbjednosne pismenosti (bezbjednosni pojmovi, osjetljivosti, prijetnje, posljedice) dobijaju se uz povećanje svijesti o nužnosti bezbjednosti, a *upgrade* se izvodi obučavanjem, pa se transformacija od svijesti prema obučavanju dešava planirano na osmišljen i projektovan način [9].

Izgradnja bezbjednosne svijesti o nužnosti bezbjednosti IT sektora i podizanju i unapređivanju iste glavni je uslov potreban za obučavanje u oblasti bezbjednosti podataka. Svijest nije obučavanje. Uloga svijesti prikazuje se prosto fokusom na bezbjednost. Prikazi svijesti su namijenjeni omogućavanju i razumijevanju potencijalnih rizika i u skladu sa time nužnosti i bitnosti bezbjednosti. Za postavljanje dobrog sistema bezbjednosti važno je posvetiti vrijeme edukaciji iz oblasti politika, pravila i načina zaštite, a istovremeno određenim kontrolama potrebnim i dostupnim za bezbjednost IT sistema. Predradnja i prelazno činjenje za obučavanje u oblasti IT bezbjednosti podrazumijeva projekat povećanja bezbjednosne svijesti što je moguće više.

Moderan način obučavanja podrazumijeva potrebu prihvatanja kontinuiranog gradiva. Kompletan zapošljeni kadar mora učestvovati u edukaciji, čiji jedan sastavni dio moraju biti i praktični iskustveni primjeri i to i lokalni i oni iz svijeta. Obučavanje bi trebalo imati osnov u modernim

tehnologijama koje bi trebalo iskoristiti za krajnju svrhu: dati bazičnu svijest o bezbjednosti i nauk kompletnom zaposlenom kadru. Ona mora biti opširna, planska i odlično osmišljena. U javnosti su prisutni razni popularni, kratki setovi obuke (na dnevnom nivou ili par časova). Ali, obučavanje u oblasti bezbjednosti podataka nije stvar kratkog seta već kontinuiranog učenja. Svakako, uvijek stoji činjenica da je mnogo jednostavnija plaćena usluga od samostalnog rada, dok u slučaju bezbjednosti važno je posjedovati opširno i jako znanje, bez obzira što je to dodatak poslu ljudima koji su zaduženi za bezbjednost. Obučavanje je najefikasnija metoda za prevenciju bezbjednosti podataka. Ukoliko službenici organizacije imaju nivo svijesti i znanja iz sfere informacione bezbjednosti, onda je organizacija bezbjednija, bez obzira na tehnička rješenja bezbjednosti. Ovdje treba se podsjetiti da su prvi nivo bezbjednosti svi službenici organizacije. Obučavanje je moguće sprovesti u mjestu ili sa udaljene lokacije. Kada je u pitanju obuka u mjestu, instruktor mora imati spremnu prezentaciju koju će koristiti tom prilikom, i mora obezbijediti prostor za održavanje edukacije. Takođe, potrebna je i organizacija prisustva zaposlenih, a to je svakako zahtjevan posao. Kada je u pitanju obuka sa udaljene lokacije, onda načini za njeno sprovođenje mogu biti raznovrsni. Ovaj vid obučavanja je moguće sprovesti putem interne mreže ili putem web-a. opterećenost mreže i internet konekcija za ovaj vid obučavanja su fundamentalni. Sprovođenje obuke na ovaj način donosi smanjenje izdataka i to možda predstavlja najveću prednost u poređenju sa klasičnim obučavanjem. Ne postoje izdaci za put, nema organizacije mjesta na kojem se dešava predavanje. Svakako, učenje na daljinu vrši štednju vremena koje u današnjem vremenu u kojem vrijeme predstavlja novac jeste bitan faktor. Poslije završenog dijela predavanja morala bi postojati mogućnost procjene uspješnosti sprovođenja obučavanja kako bi bila utvrđena efikasnost istog, i istovremeno neophodne izmjene i unapređenja sprovođenja predavanja u sledećem krugu. Ovo se može izvesti putem testa koji bi radili svi polaznici predavanja na kraju. Rezultati bi bili korišćeni samo za procjenu kvaliteta samog obučavanja. Testiranje može biti izvedeno na licu mjesta ili udaljeno [2].

Radnje obučavanja dešavaju se u visini razumijevanja sa ciljem usvajanja fundamentalnih saznanja i vještina u sferi bezbjednosti podataka i same bezbjednosti, a sprovode se u vidu klasičnih instruktora: gradivo plus praksa, izučavanje praktičnih primjera. Ovakva osnova ne zavisi od posebnosti IT kompleksa. Nauk postignut putem samo jedne radnje u pravcu svijesti ima težnju kratkoročnosti, neposrednosti i specifičnosti. Učenje ima trajnost i sadrži konceptualnost i vještine visokog nivoa.

Edukacija se sa velikom jasnoćom definiše u rangui nivoa obrazovanja koje je namijenjeno profesionalnom kadru za bezbjednost. Obezbeđivanje formalnog edukovanja i posebnih mjerila obrazovnog razreda vezano za ovaj kadar nalazi se pod patronatom projekata čija bi realizacija morala da bude u organizaciji fakultetskih ustanova. Jasno je da su

edukovanje, što je različito od obučavanja, kao i poslovno iskustvo, osnovni za profesionalni kadar iz IT sfere kako bi mogli odigrati svoju namijenjenu ulogu adekvatno. Radnje u oblasti edukovanja dežavaju se na nivou pronicljivosti i suštinskog ulaženja u problematiku bezbjednosti sa ciljem saznanja, a realizuju se putem teorijskog mentorstva (seminara i diskusija, proučavanja i istraživanja). Ovaj nivo u sebe spaja kompletne bezbjednosne vještine i različita znanja svojstvena raznim specijalistima u jedinstven skup zajedničkog znanja, dajući mu naučnu raznovrsnost i konceputalnost, upitnost i principijelnost, i teži da stvori stručnjake i znalce bezbjednosti kadre da predvide i proaktivno odgovore [9].

V. ZAKLJUČAK

Ovim radom želio sam ukazati na veliki značaj obuke u oblasti IT bezbjednosti, kao i da doprinesem njenom prisustvu u svim sektorima koji koriste i obrađuju osjetljive, povjerljive i tajne podatke. Naročito je bitna stalna edukacija zaposlenih o potrebama za bezbjednost podataka i načinima za postizanje istih. Ljudima bezbjednosna pravila često izgledaju kao suvišna pa se trude u više slučajeva da izbjegnju njihovu primjenu. Međutim, kad dođe do narušavanja bezbjednosti i postavi se pitanje odgovornosti, svi oni koji su ulagali trud da bi izbjegli pravila postaju njihovi najveći zagovornici uz nastojanje da se izbjegne odgovornost ili se prebaci na nekog drugog. Kako su podaci i informacije jedan od strateških resursa organizacija to su i više izloženi raznim vrstama ugrožavanja njihove bezbjednosti, tako da budući razvoj treba da bude fokusiran na razvoj praktičnih modela i planova obuke iz bezbjednosti.

LITERATURA

- [1] R. Raković, "Sistem bezbednosti informacija – iskustva i preporuke," Zbornik radova InfoTech, Aranđelovac, 2013.
- [2] V. Kanižai, "IT bezbjednosna obuka u cilju zaštite i bezbednosti informacija u bankarstvu," Zbornik radova, Konferencija BISEC, Univerzitet Metropolitan, Beograd, 2012.
- [3] R. E. Crossler, F. Belanger, D. Ormond, "The quest for complete security: An empirical analysis of users' multi-layered protection from security threats, " Springer Science+Business Media, New York, 2017.
- [4] P. Mišević, I. Šabić, D. Mišević, "Uloga i značaj zaštite podataka u poslovanju organizacije," Zbornik radova, 5. međunarodna konferencija Inovacije, tehnologije, edukacija i menadžment, Međimursko veleučilište u Čakovcu, Čakovec, 2018.
- [5] N. Sahrabi Safa, R. Von Solms, S. Furnell, "Information security policy compliance model in organizations," Elsevier, Amsterdam, 2016.
- [6] Z. Savić, "Istraživanje stanja bezbednosti informacionih sistema u domaćim organizacijama," Zbornik radova, Konferencija BISEC 2010, Univerzitet Metropolitan, Beograd, 2010.
- [7] N. A. G. Arachchilage, S. Love, "Security awareness of computer users: A phishing threat avoidance perspective," Elsevier, Amsterdam, 2014.
- [8] A. Y. Connolly, "Employee security behavior: The importance of education and policies in organizational settings," Springer Science+Business Media, New York, 2018.
- [9] S. R. Petrović, "Bezbednosna svest, obuka i edukacija – kritične komponente zaštite kiber-prostora," Zbornik radova ZITEH – 06, IT Veštak, Beograd, 2006.

Generator n nepreklapajućih takt-impulsa za sisteme sa dinamičkom obradom signala

Danko Petrić, Nikša Tadić i Milena Erceg

Sadržaj—U radu je predstavljen generator n nepreklapajućih takt-impulsa, $2 \leq n \leq 10$, za primjene u sistemima sa dinamičkom obradom signala. Prototip za $n = 3$ realizovan je u diskretnoj tehnici, na štampanoj ploči, kao sastavni dio novog tipa instrumentacionog pojačavača algoritamskog tipa sa dinamičkom obradom signala. Rezultati su eksperimentalno valorizovani pri naponu napajanja $V_{DD} = 2.7$ V i frekvenciji nepreklapajućih takt-impulsa $f = 3.3$ kHz. Dobijeni rezultati u potpunom su skladu sa predviđanjima koju daje analiza predloženog rješenja.

I. UVOD

Nepreklapajući takt-impulsi Φ_i , $i \in \{0, 1, 2, \dots, n-1\}$, predstavljaju impulse pravougaonog talasnog oblika iste frekvencije, od kojih samo jedan u datom trenutku može biti na nivou logičke jedinice, dok su svi ostali na nivou logičke nule. Nakon isteka vremenskog intervala tokom kojeg je takt-impuls Φ_j na logičkoj jedinici, taj takt-impuls prvo pada na nivo logičke nule, a tek nakon isteka vremenskog intervala ΔT tokom kojeg su svi takt-impulsi na nivou logičke nule, takt-impuls Φ_{j+1} raste na nivo logičke jedinice, $j \in \{0, 1, 2, \dots, n-2\}$. Nepreklapajući takt impulsi predstavljaju sastavni dio elektronskih kola sa dinamičkom digitalnom i analognom obradom signala [1], [2], gdje se koriste za kontrolu otvaranja i zatvaranja prekidača na bazi MOSFET-ova. Tokom trajanja vremenskog intervala ΔT kada su svi takt-impulsi na nivou logičke nule, $\Phi_i = 0$, $i \in \{0, 1, 2, \dots, n-1\}$, svi prekidači su otvoreni, pa se analogni naponski nivoi u kondenzatorima koje povezuju ovi prekidači ne mijenjaju.

Tipična elektronska kola sa dinamičkom digitalnom obradom signala su flip-flopovi, pomjerački registri, ili domino logička kola. Sa druge strane, tipična kola sa dinamičkom analognom obradom signala su sample and hold kola, dinamički naponski komparatori, dinamička strujna ogledala, dinamički sistemi za eliminisanje naponskog ofseta operacionih pojačavača, dinamički pojačavači. Posebnu grupu dinamičkih pojačavača predstavljaju instrumentacioni pojačavači sa dinamičkim pristupom [3]. Posebnu klasu kola sa dinamičkom analognom obradom signala predstavljaju

kola koja se baziraju na sistemima sa prekidačkim kondenzatorima. Ova kola koriste frekvencijom kontrolisane otpornike realizovane pomoću jednog kondenzatora i 2 (ili 4) prekidača na bazi MOSFET-ova čije otvaranje i zatvaranje regulišu nepreklapajući takt-impulsi. Najčešće korišćeni sistemi sa prekidačkim kondenzatorima su filteri, pojačavači, amplitudski modulatori, detektori vršne vrijednosti, punotalasni ispravljači, oscilatori.

U sistemima sa dinamičkom obradom signala najviše se koriste generatori 2 nepreklapajuća takt-impulsa. Međutim, postoje i potrebe za generatorima n nepreklapajućih takt-impulsa, gdje je $n > 2$, čiji je dizajn značajno složeniji od generatora 2 nepreklapajuća takt-impulsa [2]. U ovom radu predlaže se rješenje generatora n nepreklapajućih takt-impulsa, gdje je $2 \leq n \leq 10$. Kolo ovog generatora za $n = 3$ realizovano je korišćenjem diskretnih aktivnih i pasivnih elektronskih komponenti na štampanoj ploči, kao sastavni dio novog tipa instrumentacionog pojačavača sa algoritamskim dinamičkim pristupom. Rezultati izmjereni na prototipu u potpunosti potvrđuju predviđanja koje daje analiza predloženog kola. Pokazuje se da predloženo rješenje zahtjeva manji broj diskretnih elektronskih komponenti od generatora 3 nepreklapajuća takt-impulsa koji se koristi u pipeline analogno-digitalnim konvertorima [2].

II. OPIS PREDLOŽENOG RJEŠENJA

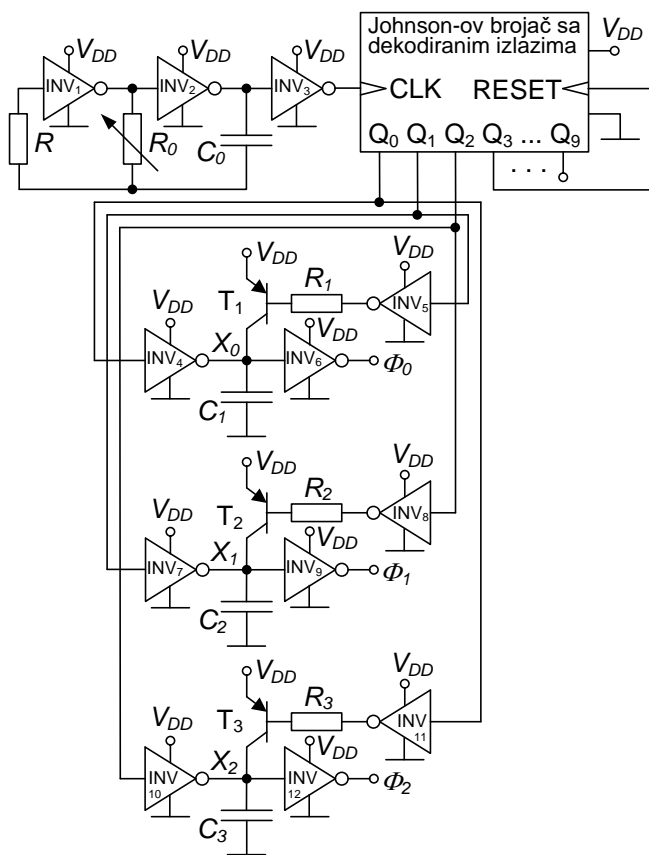
Električna šema predloženog rješenja generatora 3 nepreklapajuća takt-impulsa za sisteme sa dinamičkom obradom signala prikazana je na Sl. 1. Kolo se sastoji od astabilnog multivibratora [2] (otpornici R i R_0 , kondenzator C_0 , i 3 CMOS invertora [4]) za generisanje takt-impulsa CLK kojim se taktuje Johnson-ov brojač sa dekodiranim izlazima [5], i 3 identična gradivna bloka od kojih svaki sadrži 3 CMOS invertora, jedan pnp bipolarni tranzistor T_i , jedan otpornik R_i , i jedan kondenzator C_i , $i \in \{1, 2, 3\}$. Otpornik R u sklopu astabilnog multivibratora služi za ograničenje struje koja protiče kroz zaštitne diode CMOS invertora. Perioda T takt-impulsa CLK na izlazu astabilnog multivibratora iznosi $T = 2R_0C_0 \ln 3 \approx 2.2R_0C_0$ [2]. U cilju dobijanja generatora 3 nepreklapajuća takt impulsa, izlaz Q_3 Johnson-ovog brojača sa dekodiranim izlazima vezuje se na njegov priključak za resetovanje, Sl. 1. Idealizovani vremenski dijagrami karakterističnih napona predloženog rješenja generatora 3 nepreklapajuća takt impulsa, gdje su nepreklapajući takt-impulsi označeni sa Φ_0 , Φ_1 i Φ_2 , prikazani su na Sl. 2.

Sa nailaskom rastuće ivice takt impulsa CLK dekodirani

* Danko Petrić, Elektrotehnički fakultet u Podgorici, Univerzitet Crne Gore, Džordža Vašingtona bb, 81000 Podgorica, Crna Gora (e-mail: danko5ric@gmail.com).

Nikša Tadić (autor za kontakte), Elektrotehnički fakultet u Podgorici, Univerzitet Crne Gore, Džordža Vašingtona bb, 81000 Podgorica, Crna Gora (e-mail: niksa_tadic@yahoo.com).

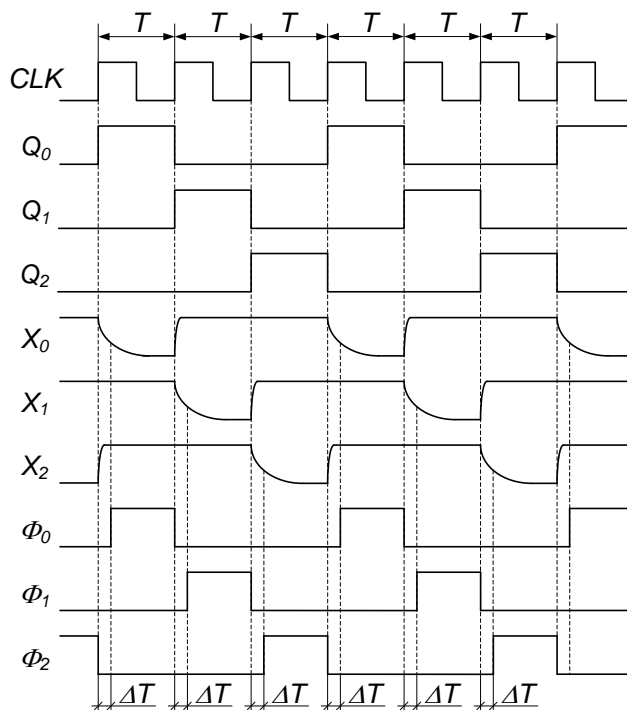
Milena Erceg, Elektrotehnički fakultet u Podgorici, Univerzitet Crne Gore, Džordža Vašingtona bb, 81000 Podgorica, Crna Gora (e-mail: milena.zogovic@gmail.com).



Slika 1. Električna šema predloženog generatora 3 nepreklapajuća takt impulsa za sisteme sa dinamičkom obradom signala.

izlaz Q_0 ostaje na visokom logičkom nivou tokom trajanja prve, četvte, sedme,... periode takt impulsa CLK . Tokom ovih perioda bipolarni tranzistor T_1 je zakočen zbog niskog logičkog nivoa dekodiranog izlaza Q_1 koji uzrokuje visok logički nivo na izlazu CMOS invertora INV_5 . Pražnjenje kondenzatora C_1 obavlja se usporeno zbog ograničene struje koju može da prihvati CMOS inverter INV_4 na svom izlazu [4]. Zbog sporog pražnjenja kondenzatora C_1 , napon X_0 na njegovim krajevima pada na nivo logičkog praga CMOS invertora INV_6 sa kašnjenjem ΔT . Samim tim, napon Φ_0 na izlazu CMOS invertora INV_6 mijenja svoju vrijednost od logičke nule na logičku jedinicu sa kašnjenjem ΔT . Nakon isteka prve, četvte, sedme,... periode takt impulsa CLK dekodirani izlaz Q_0 pada na logičku nulu, dok dekodirani izlaz Q_1 skače na logičku jedinicu. Sada bipolarni tranzistor T_1 počinje da provodi zbog niskog logičkog nivoa na izlazu CMOS invertora INV_5 . Zahvaljujući dovoljno velikoj struji kolektora bipolarnog tranzistora T_1 (pored struje koju daje CMOS inverter INV_4) kondenzator C_1 brzo se puni, pa napon X_0 na njegovim krajevima brzo dostiže vrijednost logičkog praga CMOS invertora INV_6 . Samim tim, napon Φ_0 na izlazu CMOS invertora INV_6 mijenja svoju vrijednost sa logičke jedinice na logičku nulu bez značajnog kašnjenja.

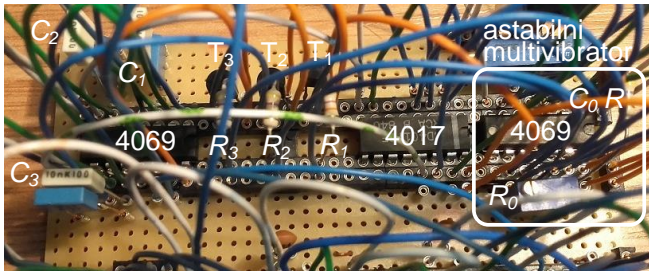
Sa nailaskom rastuće ivice takt impulsa CLK dekodirani izlaz Q_1 ostaje na visokom logičkom nivou tokom trajanja druge, pete, osme,... periode takt impulsa CLK . Tokom ovih perioda bipolarni tranzistor T_2 je zakočen zbog niskog



Slika 2. Vremenski dijagrami karakterističnih napona generatora 3 nepreklapajuća takt impulsa prikazanog na Sl. 1.

logičkog nivoa dekodiranog izlaza Q_2 koji uzrokuje visok logički nivo na izlazu CMOS invertora INV_8 . Pražnjenje kondenzatora C_2 obavlja se usporeno zbog ograničene struje koju može da prihvati CMOS inverter INV_7 na svom izlazu [4]. Zbog sporog pražnjenja kondenzatora C_2 , napon X_1 na njegovim krajevima pada na nivo logičkog praga CMOS invertora INV_9 sa kašnjenjem ΔT . Samim tim, napon Φ_1 na izlazu CMOS invertora INV_9 mijenja svoju vrijednost od logičke nule na logičku jedinicu sa kašnjenjem ΔT . Nakon isteka druge, pete, osme,... periode takt impulsa CLK dekodirani izlaz Q_1 pada na logičku nulu, dok dekodirani izlaz Q_2 skače na logičku jedinicu. Sada bipolarni tranzistor T_2 počinje da provodi zbog niskog logičkog nivoa na izlazu CMOS invertora INV_8 . Zahvaljujući dovoljno velikoj struji kolektora bipolarnog tranzistora T_2 (pored struje koju daje CMOS inverter INV_7) kondenzator C_2 brzo se puni, pa napon X_1 na njegovim krajevima brzo dostiže vrijednost logičkog praga CMOS invertora INV_9 . Samim tim, napon Φ_1 na izlazu CMOS invertora INV_9 mijenja svoju vrijednost sa logičke jedinice na logičku nulu bez značajnog kašnjenja.

Sa nailaskom rastuće ivice takt impulsa CLK dekodirani izlaz Q_2 ostaje na visokom logičkom nivou tokom trajanja treće, šeste, devete,... periode takt impulsa CLK . Tokom ovih perioda bipolarni tranzistor T_3 je zakočen zbog niskog logičkog nivoa dekodiranog izlaza Q_0 koji uzrokuje visok logički nivo na izlazu CMOS invertora INV_{11} . Pražnjenje kondenzatora C_3 obavlja se usporeno zbog ograničene struje koju može da prihvati CMOS inverter INV_{10} na svom izlazu [4]. Zbog sporog pražnjenja kondenzatora C_3 , napon X_2 na njegovim krajevima pada na nivo logičkog praga CMOS invertora INV_{12} sa kašnjenjem ΔT . Samim tim, napon Φ_2 na



Slika 3. Fotografija generatora 3 nepreklapajuća takt impulsa realizovanog u diskretnoj tehnici.

izlazu CMOS invertora INV_{12} mijenja svoju vrijednost od logičke nule na logičku jedinicu sa kašnjenjem ΔT . Nakon isteka treće, šeste, devete,... periode takt impulsa CLK dekodirani izlaz Q_2 pada na logičku nulu, dok dekodirani izlaz Q_0 skače na logičku jedinicu. Sada bipolarni tranzistor T_3 počinje da provodi zbog niskog logičkog nivoa na izlazu CMOS invertora INV_{11} . Zahvaljujući dovoljno velikoj struji kolektora bipolarnog tranzistora T_3 (pored struje koju daje CMOS inverter INV_{10}) kondenzator C_3 brzo se puni, pa napon X_2 na njegovim krajevima brzo dostiže vrijednost logičkog praga CMOS invertora INV_{12} . Samim tim, napon Φ_2 na izlazu CMOS invertora INV_{12} mijenja svoju vrijednost sa logičke jedinice na logičku nulu bez značajnog kašnjenja.

Uvidom u vremenske dijagrame napona Φ_0 , Φ_1 i Φ_2 na Sl. 2 jasno je da tokom trajanja vremenskog intervala ΔT važi relacija koja modeluje rad nepreklapajućih takt-impulsa

$$\Phi_i \cdot \Phi_j = 0 \quad (1)$$

gdje je $i, j \in \{0, 1, 2\}$, $i \neq j$. U cilju dobijanja generatora 4, 5, ..., 9 nepreklapajućih takt-impulsa, izlaz Q_4 , Q_5 , ..., Q_9 Johnson-ovog brojača sa dekodiranim izlazima vezuje se na njegov priključak sa resetovanje, redom [5]. U cilju dobijanja generatora 10 nepreklapajućih takt impulsa, priključak za reset Johnson-ovog brojača sa dekodiranim izlazima vezuje se na najniži napon u kolu (uzemljenje) [5]. Sa druge strane, gradivni blokovi sa 3 CMOS invertora, *pnp* bipolarnim tranzistorom, otpornikom i kondenzatorom povezuju se sa izlazima Johnson-ovog brojača sa dekodiranim izlazima slično kao i kod generatora 3 nepreklapajuća takt-impulsa.

Dužina trajanja vremenskog intervala ΔT tokom kojeg sva 3 nepreklapajuća takt-impulsa Φ_0 , Φ_1 i Φ_2 imaju vrijednost logičke nule zavisi od maksimalne struje koju može da primi CMOS inverter (INV_4 , INV_7 , INV_{10}), kao i od kapacitivnosti kondenzatora C_i , $i \in \{1, 2, 3\}$. Maksimalna struja koju može da primi CMOS inverter zavisi od napona napajanja CMOS invertora V_{DD} [4], kao i od režima rada MOSFET-ova CMOS invertora. Režimi rada ovih MOSFET-ova diktirani su promjenom napona na izlazu CMOS invertora od napona napajanja V_{DD} do napona logičkog praga CMOS invertora. Stoga, matematički model dužine trajanja vremenskog intervala ΔT teško je prikazati u konačnoj formi. Generalno važi da je dužine trajanja vremenskog intervala ΔT obrnuto proporcionalno naponu napajanja V_{DD} i direktno proporcionalno kapacitivnosti kondenzatora C_i , $i \in \{1, 2, 3\}$.

III. IZMJERENI REZULTATI I UPOREDNA ANALIZA

Generator 3 nepreklapajuća takt impulsa realizovan je u diskretnoj tehnici na štampanoj ploči. Fotografija generatora 3 nepreklapajuća takt-impulsa prikazana je na Sl. 3. Korišćena su integrisana kola CD4069UBE [4] za CMOS invertore, i CD4017BE [5] kao Johnson-ov brojač sa dekodiranim izlazima, kao i *pnp* bipolarni tranzistori BC212. Napon napajanja iznosi $V_{DD} = 2.7$ V. Otpornik R_0 realizovan je kao potencijometar od 470 k Ω sa $R_0 \approx 207$ k Ω . Vrijednosti ostalih otpornosti su sljedeće: $R = R_1 = R_2 = R_3 = 47$ k Ω . Vrijednosti kapacitivnosti su sljedeće: $C_0 = 220$ pF, $C_1 = C_2 = C_3 = 11$ nF (10 nF || 1 nF). Frekvencija f takt-impulsa CLK na izlazu astabilnog multivibratora iznosi $f = 1/T = 1/(2R_0C_0 \ln 3) \approx 1/(2 \cdot 220 \cdot 10^{-9} \cdot \ln 3) \approx 10$ kHz. Posljedično, frekvencija svakog od nepreklapajućih takt-impulsa Φ_0 , Φ_1 i Φ_2 je 3 puta manja, i iznosi približno 3.3 kHz. Vremenski odzivi karakterističnih signala predloženog generatora 3 nepreklapajuća takt-impulsa snimljeni su pomoću četvero-kanalnog osciloskopa Teledyne LeCroy WaveJet Touch 334 (350 MHz, 2 GS/s).

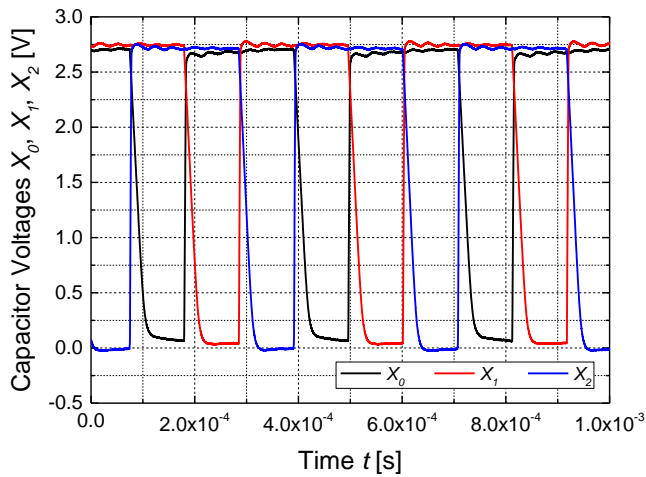
Mjereni odziv u vremenskom domenu napona X_0 , X_1 i X_2 na krajevima kondenzatora C_1 , C_2 i C_3 , redom, prikazan je na Sl. 4. Jasno se uočava veliko vrijeme pada (spora promjena napona od logičke jedinice prema logičkoj nuli) i kratko vrijeme porasta ovih napona (brza promjena napona od logičke nule do logičke jedinice), što je od suštinskog značaja za formiranje nepreklapajućih takt-impulsa Φ_0 , Φ_1 i Φ_2 .

Mjereni odziv u vremenskom domenu nepreklapajućih takt-impulsa Φ_0 , Φ_1 i Φ_2 prikazan je na Sl. 5. Vremenski interval ΔT tokom kojeg su svi nepreklapajući takt-impulsi na nivou logičke nule iznosi $\Delta T \approx 15$ μ s. Trajanje logičke jedinice nepreklapajućih takt impulsa iznosi približno 85 μ s.

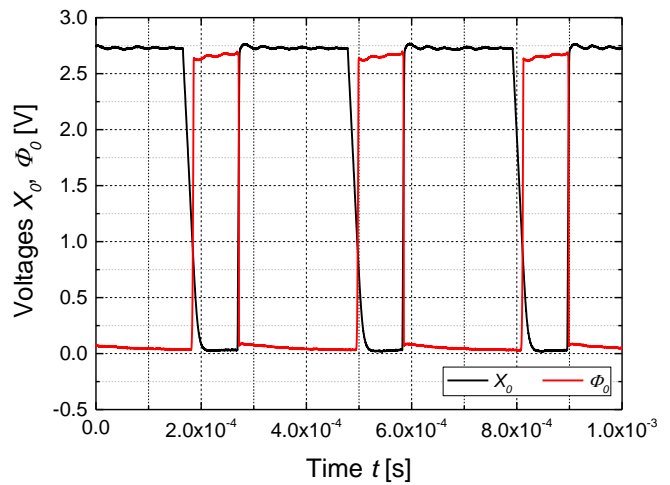
Mjereni odziv u vremenskom domenu napona X_0 na krajevima kondenzatora C_1 i nepreklapajućeg takt impulsa Φ_0 , koji predstavljaju ulazni i izlazni napon CMOS invertora INV_6 , redom, prikazani su na Sl. 6. Jasno se uočava razlika u nagibima opadajuće karakteristike napona X_0 i rastuće karakteristike nepreklapajućeg takt-impulsa Φ_0 , kao i približna identičnost u nagibima rastuće karakteristike napona X_0 i opadajuće karakteristike nepreklapajućeg takt-impulsa Φ_0 .

Dakle, izmjereni vremenski odzivi karakterističnih signala prikazani na Sl. 4-6 potvrđuju predviđanja analize iz poglavlja II, odnosno pokazuju suštinsku podudarnost sa vremenskim dijagramima prikazanim na Sl. 2.

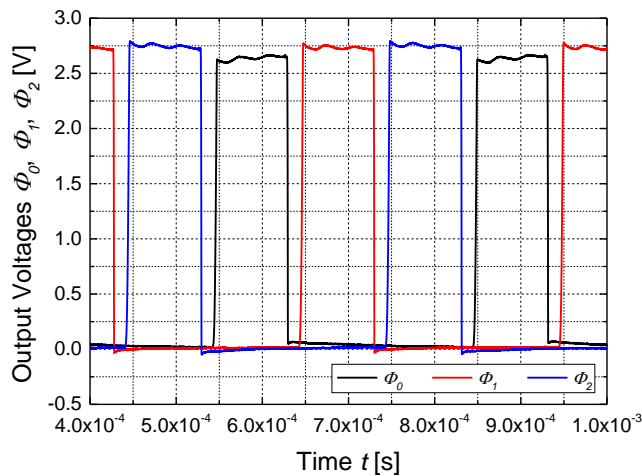
Konačno, mjereni odziv u vremenskom domenu nepreklapajućeg takt-impulsa Φ_0 sa jasno vidljivim rastućim i opadajućim nagibom prikazan je na Sl. 7. Uočljiva je razlika između vremenu porasta $t_r \approx 2.6$ μ s i vremenu pada $t_f \approx 0.6$ μ s ovog signala. Značajno duže vrijeme porasta t_r u odnosu na vrijeme pada t_f uzrokovano je sporom tranzicijom signala X_0 od logičke jedinice prema logičkoj nuli na ulazu CMOS invertora INV_6 , što uzrokuje sporiju promjenu signala Φ_0 od logičke nule prema logičkoj jedinici na izlazu CMOS invertora INV_6 , odnosno, brzom tranzicijom signala X_0 od logičke nule prema logičkoj jedinici na ulazu CMOS



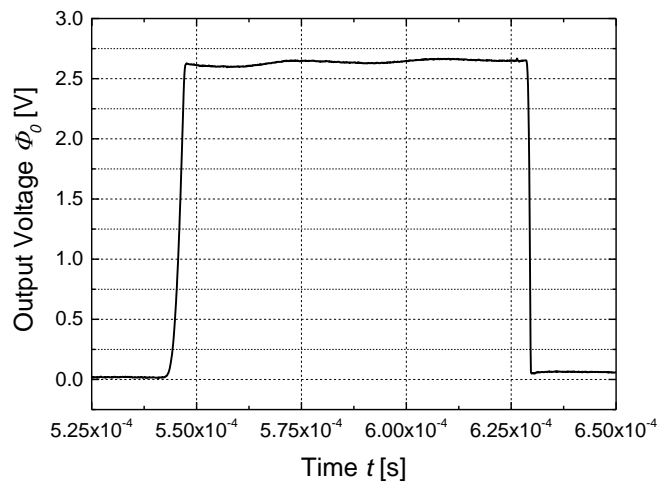
Slika 4. Mjereni odziv u vremenskom domenu napona X_0 , X_1 i X_2 na krajevima kondenzatora C_1 , C_2 i C_3 .



Slika 6. Mjereni odziv u vremenskom domenu napona X_0 i Φ_0 .



Slika 5. Mjereni odziv u vremenskom domenu nepreklapajućih takt-impulsa Φ_1 , Φ_2 i Φ_3 .



Slika 7. Mjereni odziv u vremenskom domenu takt-impulsa Φ_0 .

invertora INV_6 , što uzrokuje brzu promjenu signala Φ_0 od logičke jedinice prema logičkoj nuli na izlazu CMOS invertora INV_6 . Identična pojava prisutna je i kod preostala dva nepreklapajuća takt-impulsa Φ_1 i Φ_2 .

Elektronska kola sa dinamičkom digitalnom i analognom obradom signala za čije su funkcionisanje neophodni nepreklapajući takt-impulsi [1] - [3] uglavnom se realizuju u integrisanim tehnologijama. Kada je dinamičku obradu signala potrebno realizovati u diskretnoj tehnici, rješenja postojećih generatora n nepreklapajućih takt-impulsa, gdje je $n > 2$, zahtjevaju upotrebu značajnog broja diskretnih komponenti. U poređenju sa generatorom 3 nepreklapajuća takt-impulsa [2] za čiju je realizaciju u diskretnoj tehnici potrebno 6 standardnih integrisanih kola, predloženo rješenje generatora 3 nepreklapajuća takt-impulsa zahtjeva samo 3 standardna integrisana kola (+ 3 *pnp* bipolarna tranzistora, 3 otpornika i 3 kondenzatora).

IV. ZAKLJUČAK

Predloženo rješenje generatora n nepreklapajućih takt-impulsa, $2 \leq n \leq 10$, omogućava realizaciju sistema sa dinamičkom obradom signala u diskretnoj tehnici. Eksperimentalno valorizovan prototip za $n = 3$ realizovan korišćenjem diskretnih aktivnih i pasivnih komponenti na štampanoj ploči potvrđuje predviđanja analize kola. Pokazuje se da je za predloženo rješenje generatora 3 nepreklapajuća takt-impulsa potrebno značajno manje diskretnih komponenti od postojećih rješenja koja se mogu naći u literaturi.

LITERATURA

- [1] T. C. Carusone, D. A. Jones, and K. W. Martin, *Analog Integrated Circuit Design*, 2nd ed., Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, 2012.
- [2] R. J. Baker, *CMOS – Circuit Design, Layout, and Simulation*, 3rd ed., Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, 2010.
- [3] R. Wu, J. H. Huijsing and K. A. A. Makinwa, *Precision Instrumentation Amplifiers and Read-Out Integrated Circuits*, New York, USA: Springer, 2013.
- [4] Texas Instruments, Dallas, TX, USA. (1998/2019). *CMOS hex inverter*. Accessed: January 5th, 2020. [Online]. Available: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/cd4069ub.pdf>
- [5] Texas Instruments, Dallas, TX, USA. (2004). *CMOS Counter/Dividers*. Accessed: January 5th, 2020. [Online]. Available: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/cd4017b.pdf>

Analiza pokazatelja razvoja Interneta u Srbiji i Crnoj Gori

Jelena Šuh, Telekom Srbija

Sadržaj—Razvoj informaciono-komunikacionih tehnologija i Interneta i njihova primena u svim aspektima života doveli su do značajnih promena u društvu. Kako bi se ove promene mogle razumeti i pratiti, neophodno je izvršiti analizu odgovarajućih pokazatelja razvoja Interneta. U ovom radu je izvršena analiza određenih pokazatelja razvoja Interneta u Srbiji i Crnoj Gori. Prikazani su parametri koji pokazuju trend razvoja Interneta, kao i iskorišćenost Internet resursa. Analiza je izvršena korišćenjem javno dostupnih podataka, a prvenstveno podataka kojima raspolaže regionalni registar RIPE NCC.

Ključne reči — Internet, performanse, IPv4, IPv6, RIPE NCC

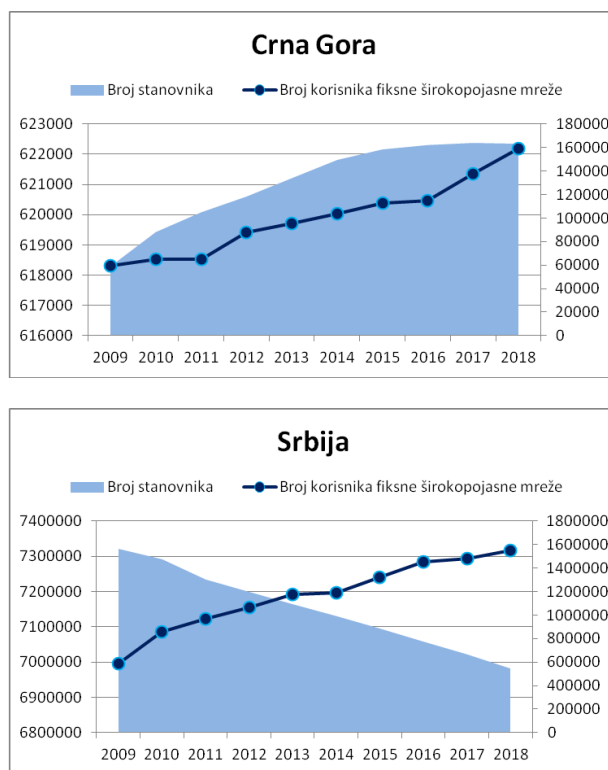
I. UVOD

Primena informaciono-komunikacionih tehnologija i Interneta uticala je na sve aspekte modernog društva. Na ovaj način omogućena je jednostavna, brza, efikasna i jeftina razmena informacija [1]. Imajući na umu uticaj Interneta na svakodnevni život, jasno je da je neophodno razmotriti preduslove za njegov dalji razvoj. Za početak, potrebno je razumeti trenutnu situaciju, odnosno pratiti odgovarajuće pokazatelje razvoja Interneta. Prvi korak u analizi jeste prikupljanje podataka o određenim parametrima performanse i Internet resursima. U cilju prikupljanja ovih podataka potrebno je primeniti sinergičan pristup i osloniti se na različite izvore podataka, s obzirom da je Internet globalna mreža i da ne postoji jedinstveni centar za praćenje performansi. Veliki značaj u ovom procesu imaju javno dostupni podaci (eng. *open data*), kao besplatni izvor informacija koji je svima dostupan [2].

Posmatrano na globalnom nivou, postoji značajan porast broja Internet korisnika u poslednjih nekoliko godina. Prema podacima ITU, na kraju 2019. godine 53,6% ukupne svetske populacije ili 4,1 milijarde ljudi je koristilo Internet [3], što predstavlja povećanje od oko 2% u odnosu na prethodnu godinu.

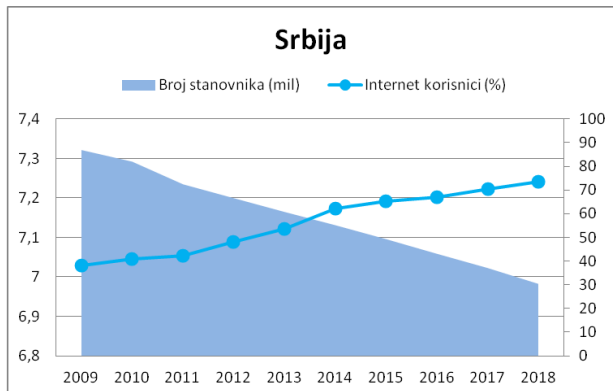
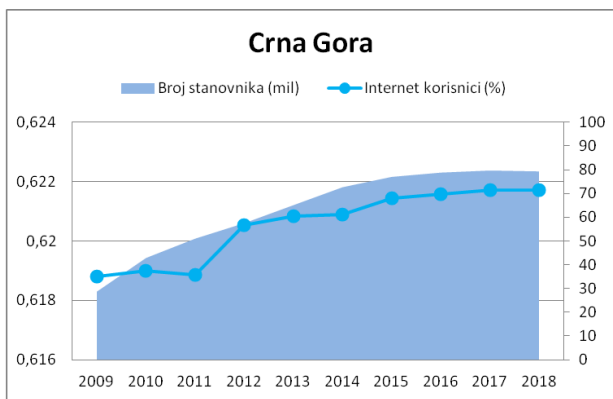
Na razvoj Interneta utiče veliki broj faktora, a jedan od osnovnih preduslova za dalji razvoj je postojanje adekvatne mrežne infrastrukture koja treba da omogući povezivanja korisnika na Internet i njihovu komunikaciju. Širokopoljani pristup je svakako jedan od najznačajnijih načina povezivanja korisnika na Internet, a to je ujedno i jedan od osnovnih pokazatelja razvijenosti upotrebe informaciono-

komunikacionih tehnologije u Evropskoj uniji [4]. Na Sl. 1 je prikazan trend porasta broja korisnika širokopoljane fiksne mreže, kao i trend porasta/smanjenja broja stanovnika u Srbiji i Crnoj Gori. Podaci o korisnicima su zasnovani na podacima ITU [3], dok su podaci o broju stanovnika zasnovani na podacima Svetske Banke [5]. Podaci su dostupni za period do 2018. godine i može se uočiti da procenat korisnika širokopoljane fiksne mreže iznosi oko 22% u Srbiji i oko 25% u Crnoj Gori.



Slika 1. Trend porasta broja korisnika širokopoljane fiksne mreže i porasta/smanjenja ukupne populacije

Pored širokopoljanskog pristupa postoje i drugi, kao što je npr. mobilni pristup, pa je na Sl. 2 prikazan trend porasta Internet korisnika u Srbiji i Crnoj Gori. Procenat Internet korisnika iznosi oko 73% u Srbiji i oko 71% u Crnoj Gori, a broj Internet korisnika se povećava za 2% do 3% na godišnjem nivou.



Slika 2. Trend porasta broja Internet korisnika i porasta/smanjenja ukupne populacije

II. INTERNET RESURSI

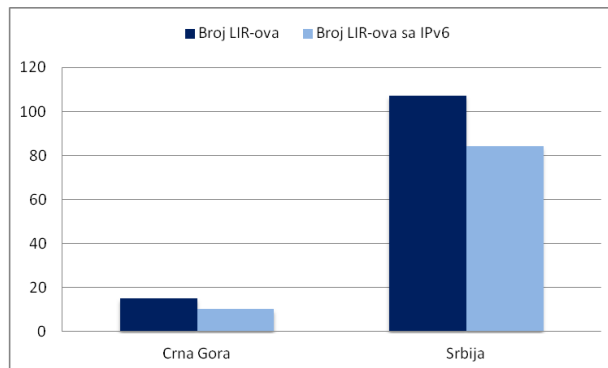
A. LIR

Regionalni Internet registri (eng. *Regional Internet Registries – RIR*) su zaduženi za alokaciju Internet resursa, koji su neophodni za funkcionisanje Interneta. To su pre svega IP adrese (IPv4 i IPv6), kao i brojevi autonomnih sistema (AS). RIPE NCC je regionalni registar koji je nadležan za područje Evrope, Bliskog Istoka i delova centralne Azije. Distribucija i registracija Internet resursa se vrši po hijerarhijskom principu, pa tako RIR-ovi dodeljuju određene skupove resursa lokalnim registrima (eng. *Local Internet Registry - LIR*), a oni ih dalje dodeljuju korisnicima. Uglavnom su LIR-ovi telekom operatori i servis provajderi, a u manjoj meri i organizacije iz različitih oblasti poslovanja (biznis korisnici), državna uprava i akademske institucije. Trenutno, broj LIR-ova registrovanih kod RIPE NCC je prešao broj od 25000, što predstavlja povećanje od oko 5000 u odnosu na prošlu godinu [6]. Broj LIR-ova predstavlja jedan od pokazatelja razvoja Interneta u nekoj državi, pa je na Sl. 3 prikazan broj LIR-ova u Srbiji i Crnoj Gori, pri čemu su posebno izdvojeni LIR-ovi koji imaju IPv6 adrese.

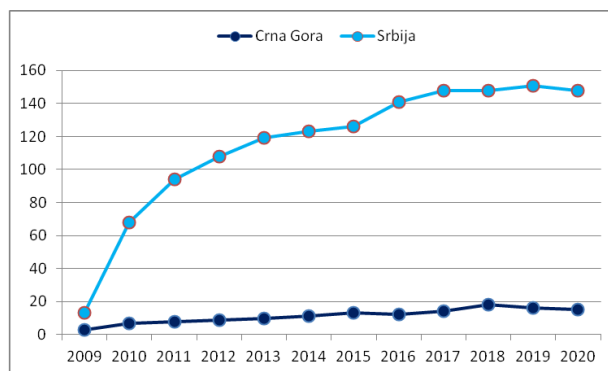
B. Autonomni sistem

Autonomni sistem (AS) se može definisati kao posebna mreža na Internetu, a porast broja autonomnih sistema se može shvatiti kao jedan od pokazatelja razvoja Interneta. Na Sl. 4 je prikazan trend porasta broja AS-ova u Srbiji i Crnoj Gori i može se uočiti da postoji stalan rast, koji prati opšti razvoj Interneta.

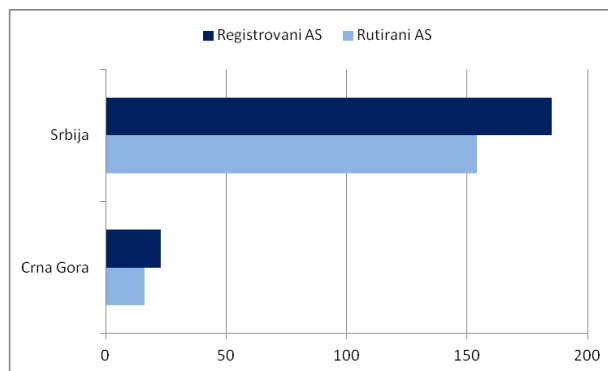
Dodela AS brojeva je u nadležnosti LIR-ova, međutim njihov broj, koji se realno koristi, se ipak razlikuje od broja registrovanih AS-ova. Zato je na Sl. 5 dat uporedni prikaz broja registrovanih i rutiranih (vidljivih u globalnoj tabeli rutiranja) AS-ova na osnovu podataka dostupnih u RIPEstat [7]. Procenat rutiranih AS-ova iznosi oko 69% u Crnoj Gori i oko 83% u Srbiji.



Slika 3. Broj LIR-ova



Slika 4. Trend porasta broja AS-ova u globalnoj tabeli rutiranja

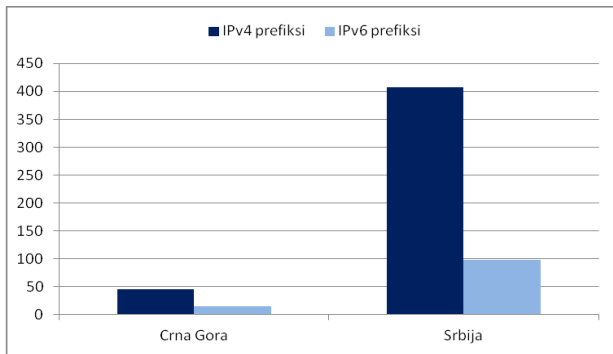


Slika 5. Uporedni prikaz broja registrovanih i rutiranih AS-ova

C. IP adrese

Jedan od osnovnih resursa neophodnih za funkcionisanje Interneta su IP adrese, kao jedinstveni identifikatori učesnika u komunikaciji. Imajući na umu da je RIPE NCC u novembru 2019. godine dodelio poslednji IPv4 prefiks iz raspoloživog opsega, jasno je da je pitanje primene IPv6 protokola dobilo na značaju. Na Sl. 6 su prikazani registrovani IPv4 i IPv6 prefiksi u Srbiji i Crnoj Gori na

osnovu podataka dostupnih u RIPEstat [7] i može se uočiti da je broj IPv6 prefiksa znatno manji od IPv4 prefiksa.



Slika 6. Registrovani IPv4 i IPv6 prefiksi

Posmatranjem podataka dostupnih na APNIC (eng. *Asia Pacific Network Information Centre*) lab platformi [8], kao i podataka koje objavljuje Facebook [9], može se uočiti da procenat Internet konekcija koje podržavaju IPv6 protokol teži nuli (Srbija 0,02%, Crna Gora 0%).

Treba naglasiti da rezultati značajno odstupaju od onih u ostalim delovima sveta, prvenstveno u Severnoj Americi i zapadnoj Evropi, gde procenat Internet konekcija koje podržavaju IPv6 iznosi u proseku od 40% do preko 50%. Posmatranjem mape na Sl. 7 uočava se da je procenat primene IPv6 protokola u regionu južne Evrope veoma nizak i teži nuli, sa izuzetkom Portugalije (oko 31% i Grčke oko 45%).



Slika 7. Primena IPv6 protokola u južnoj Evropi [8]

III. PERFORMANSE INTERNETA

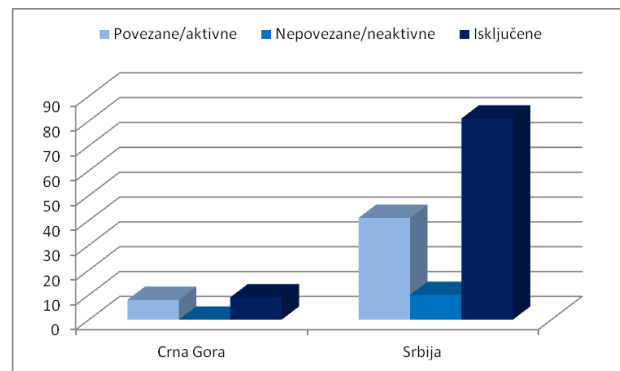
U cilju razumevanja trenutne situacije na Internetu, kao i planiranja budućeg razvoja, potrebno je obezbediti praćenje parametara performansi Interneta. U ovom slučaju veoma značajnu ulogu imaju različite platforme za prikupljanje parametara performansi Interneta. MLAB je konzorcijum istraživača, industrije i drugih partnera, koji su okupljeni sa ciljem da obezbede javno dostupnu platformu za merenje performansi Interneta [10]. U pitanju je dragocen izvor informacija, s obzirom da poseduje najveći javno dostupan skup podataka o performansama Interneta. Parametri koji se najčešće prate su brzina u *download* i *upload* smeru, kao i RTT (eng. *Round Trip Time*), pa su u tabeli 1 prikazani ovi parametri sumarno za Srbiju i Crnu Goru za 2019. godinu. Broj testova je znatno povećan u odnosu na 2018. godinu, što doprinosi tačnosti podataka. Takođe, uočljiv je i značajan pozitivan pomak u odnosu na 2018. godinu u pogledu

povećanja brzine (oko 200% u Crnoj Gori i oko 140% u Srbiji u *download* smeru i oko 160% u Crnoj Gori i oko 220% u Srbiji u *upload* smeru), kao i smanjenje RTT vremena (oko 50% u Crnoj Gori i oko 3% u Srbiji).

TABELA I
PERFORMANSE INTERNETA [10]

Država	Download (Mb/s)		Upload (Mb/s)		RTT (ms)
	Medijana	Srednja vrednost	Medijana	Srednja vrednost	Srednja vrednost
Crna Gora	11	16,9	2,2	3,1	78,22
Srbija	10,3	20,3	2,5	4,6	91,66

Drugi veoma značajan izvor informacija o performansama Interneta je RIPE Atlas [11]. Ova platforma prikuplja podatke sa velikog broja proba (preko 10000) koje se nalaze u mrežama servis provajdera, biznis i rezidencijalnih korisnika širom sveta. Svake sekunde se prikupi preko 9000 rezultata merenja, pa je jasno da je postojanje ovakve platforme od izuzetnog značaja. Preduslov za funkcionisanje platforme jeste postavljanje proba u što veći broj mreža i to na distribuiran način, kako bi rezultati merenja što bolje predstavili realno stanje. Ukupan broj RIPE Atlas proba u Srbiji iznosi 132, a u Crnoj Gori 17. Na Sl. 8 je dat detaljniji prikaz stanja proba, a poređenjem broja aktivnih proba i broja mreža (AS-ova) koji se nalaze u globalnoj tabeli rutiranja, može se uočiti da je broj aktivnih proba znatno manji od broja mreža koje postoje. Ovo samo znači da je potrebno ukazati korisnicima na značaj postojanja platforme za praćenja performansi Interneta i postaviti probe u što veći broj mreža, kako bi proces nadzora i otklanjanja problema u radu, ali i planiranja budućeg razvoja Interneta bio unapređen.

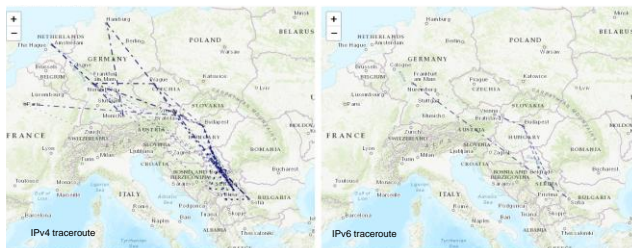


Slika 8. RIPE Atlas probe

IV. RUTIRANJE SAOBRAĆAJA

Pitanje efikasnosti procesa rutiranja saobraćaja je od velike važnosti imajući na umu da u globalnoj tabeli rutiranja postoji preko 800000 oglašanih ruta [12]. Zato je važno uraditi analizu i utvrditi koliko saobraćaja ostaje na lokalnom nivou, a koliko se rutira na globalnom nivou. *IXP Country Jedi* alat daje mogućnost uvida u ove podatke, tako što prikazuje putanju između različitih tačaka u mreži, odnosno različitih RIPE Atlas proba [13]. Na Sl. 9 i Sl. 10 su

prikazani rezultati *traceroute* merjenja između svih mreža u Srbiji i Crnoj Gori u kojima postoje RIPE Atlas probe. U slučaju Crne Gore ne postoje IPv6 merjenja, pa su prikazani rezultati samo za IPv4 mreže. Može se uočiti da značajna količina saobraćaja napušta lokalne granice, što može biti posledica grešaka u konfiguraciji ili poslovnih odluka, što je u skladu sa činjenicom da se najveći IXP-ovi (eng. *Internet Exchange Point*) nalaze u zapadnoj Evropi (npr. Amsterdam, Pariz, Frankfurt itd.). U slučaju IPv6 saobraćaja situacija je bolja, odnosno u većoj meri ostaje u lokalnom okruženju, a objašnjenje za ovo može biti manji broj mreža sa IPv6 protokolom, a samim tim i manji broj dostupnih podataka.

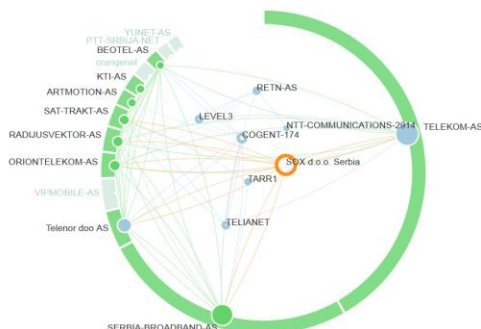


Slika 9. IXP Country Jedi prikaz za Srbiju



Slika 10. IXP Country Jedi prikaz za Crnu Goru

Korišćenjem podataka koje prikupljaju RIPE Atlas probe može se dobiti informacija o načinu povezivanja krajnjih korisnika. Na Sl. 11 je prikazana distribucija korisnika, mreže koje se nalaze između korisnika i pozicija mreža (na teritoriji ili van države) u Srbiji. Može se uočiti da postoji više lokalnih mreža (kompanija) koje imaju krajnje korisnike, kao i dva tranzitna provajdera. Pored toga, deo saobraćaja ide preko jednog IXP-a, a deo saobraćaja se prosleđuje preko tranzitnih mreža (kompanija) van teritorije Srbije (u središtu kružnice). Otvoreni deo kružnice predstavlja skup svih AS-ova koji obezbeđuju konektivnost za manje od 1% krajnjih korisnika u državi. U slučaju Crne Gore ne postoji ovaj prikaz zbog nepostojanja podataka.



Slika 11. Komunikacija između krajnjih korisnika u Srbiji [14]

V. ZAKLJUČAK

Pošto je Internet prisutan u gotovo svim aspektima svakodnevnog života, jasno je da pitanju analize i daljeg razvoja Interneta treba dati visok prioritet. U radu su predstavljeni najznačajniji resursi, odnosno parametri performanse, koji prikazuju trenutnu poziciju Srbije i Crne Gore u pogledu razvoja Interneta. Cilj ovog rada je da ukaže na značaj analize pokazatelja razvoja Interneta korišćenjem javno dostupnih podataka.

U cilju boljeg sagledavanja pozicije Srbije i Crne Gore potrebno je nastaviti analizu vršenjem uporedne analize u širem kontekstu (na nivou jugoistočne Evrope i Evrope u celini), a posebnu pažnju treba posvetiti analizi procesa implementacije IPv6 protokola i pitanju bezbednosti na Internetu, pa će budući pravci istraživanja biti usmereni na navedena pitanja.

LITERATURA

- [1] V. Mitrović and I. Mitrović, "ICT and digital democracy establishing", *Socioeconomica- The Scientific Journal for Theory and Practice of Socioeconomic Development*, 3(5), pp. 157-172, 2014.
- [2] S. Auer, C. Bizer, G. Kobilarov, J. Lehmann, R. Cyganiak and Z. Ives, "DBpedia: A nucleus for a web of open data", in *The Semantic Web. ISWC 2007, ASWC 2007, Lecture Notes in Computer Science*, K. Aberer et al. (eds), vol 4825, Springer, Berlin, Heidelberg, 2007.
- [3] ITU Statistics, [Online], Available: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/stat/default.aspx>.
- [4] N. Tasić, G. Tepić, B. Bogojević, U. Marjanović and B. Lalić, "Trend upotrebe IKT u Republici Srbiji", *XXV Skup TRENDOVI RAZVOJA: KVALITET VISOKOG OBRAZOVANJA*, Kopaonik, 11-14. februar 2019.
- [5] World Bank Population Data, [Online], Available: <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL>.
- [6] RIPE NCC, [Online], Available: <https://www.ripe.net>.
- [7] RIPEstat, [Online], Available: <https://stat.ripe.net/>.
- [8] APNIC LAB IPv6, [Online], Available: <https://stats.labs.apnic.net/ipv6>.
- [9] Facebook IPv6, [Online], Available: https://www.facebook.com/ipv6/?tab=ipv6_country.
- [10] MLAB, [Online], Available: <https://www.measurementlab.net/>.
- [11] RIPE Atlas, [Online], Available: <https://atlas.ripe.net/>.
- [12] APNIC LAB, [Online], Available: <https://labs.apnic.net/>.
- [13] IXP Country Jedi, [Online], Available: <https://labs.ripe.net/tools/ixp-country-jedi>.
- [14] RIPE Peer-to-Peer Fabric of a Country, [Online], Available: <https://sg-pub.ripe.net/ixp-country-jedi/rs/2019/04/01>.

ABSTRACT

The development of information and communication technologies and the Internet and their application in all aspects of life have led to significant changes in the society. In order for these changes to be understood and followed, it is necessary to analyze the relevant indicators of Internet development. This paper analyzes certain indicators of Internet development in Serbia and Montenegro. Presented parameters show the trend of Internet development, as well as the utilization of Internet resources. The analysis was performed using publicly available data, primarily data held by RIPE NCC regional registry.

ANALYSIS OF INTERNET DEVELOPMENT INDICATORS IN SERBIA AND MONTENEGRO

Primjer bežičnog povezivanja PLC-a pomoću GSM-a

Asanović Pavle, *Elektrotehnički fakultet u Podgorici, Univerzitet Crne Gore, Džordža Vašingtona bb, 81000 Podgorica, Crna Gora*

Sadržaj—U ovom radu prikazan je način bežičnog povezivanja programabilnog logičkog kontrolera (PLC) pomoću GSM (Global System for Mobile Telecommunications) tehnologije. PLC je specijalni mikroprocesorski uređaj, popularno nazvan industrijski računar, koji ostvaruje funkcije različitih tipova i nivoa složenosti u procesima upravljanja sistemima. Mogućnost povezivanja PLC-a pomoću savremene GSM tehnologije, koja je osnov mobilne telefonije, je predmet ovog rada. Mogućnosti primjene ovakvih rješenja su mnogostruke u procesu upravljanja i konstrukcije savremenih Internet of things (IoT) sistema.

Ključne riječi — PLC, GSM, Računarska mreža, Monitoring sistema, IoT sistemi.

I. UVOD

Programabilni logički kontroler (PLC) može se lako programirati i ugraditi u postojeći industrijski sistem. PLC nadzire ulaze, donosi odluke na bazi ugrađenog programa i kontroliše izlaze, a preko njih neki proces ili mašinu [1].

Glavna primjena PLC-a je u industriji gdje se koristi kao upravljačka jedinica za automatsko upravljanje procesima. Napravljeni su krajem 60-ih godina da zamijene releje. Program PLC-a izvršava se ciklično, pamti se u internoj memoriji i sastoji se od tri faze: čitanje ulaznih promjenljivih, izvršavanje programskog koda i ispisivanja rezultata logičkih operacija. Programiranje se može raditi pomoću funkcionalnih blok dijagrama ili pomoću ladder dijagrama [1].

PLC-ovi se mogu koristiti u različitim aplikacijama, počevši od jednostavnih i ponavljajućih zadataka, do sofisticirane proizvodnje i kontrole procesa. Najviše se koriste u oblastima procesne industrije, termotehnike, hidroeenergetike, za kontrolu elektromotornih pogona, a u posljednje vrijeme se sve više koriste u kućnoj automatiki, popularna IoT rješenja (*smart home*) gdje upravljaju rasvjetom, grijanjem i hlađenjem, kućnim aparatima, itd. U većini slučajeva PLC-ovi se kombinuju sa SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) sistemima. SCADA se sastoji od hardvera za izlazne signale, PLC-a, Human machine interface-a (HMI), baze podataka, komunikacije i servera [2], [8].

U jednom integrisanom sistemu javlja se potreba razmjene podataka između računarskih komponenti, pa PLC-ovi

moraju biti u stanju da komuniciraju sa računarima, robotima, drugim PLC-ovima i ostalim digitalnim uređajima. Razlikuju se dva tipa komunikacionih modula: *host-link* i *peer-to-peer*. *Host link* se koristi za komunikaciju PLC-a sa glavnim računarom. *Host* može biti računar ili drugi PLC. Za *host-link* komunikaciju najčešće se koristi RS-232, RS-422, RS-485 ili *Ethernet* komunikacija [3].

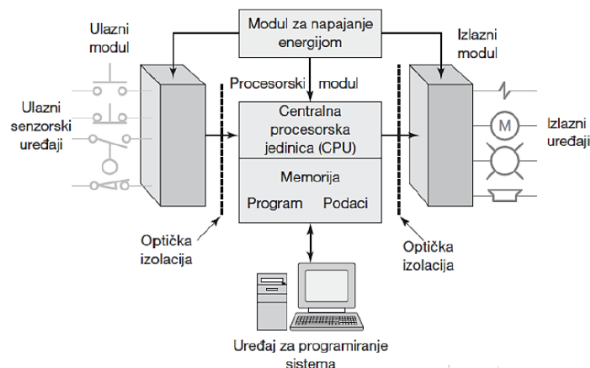
Peer-to-peer se koristi za komunikaciju između PLC kontrolera istog tipa, gdje je svakom PLC-u dodijeljena jedinstvena IP adresa [3].

Bežične mreže korisniku nude usluge prenosa govora, podataka, slika, itd. Dijele se na: personalne bežične mreže (WPAN), bežične lokalne računarske mreže (WLAN), bežične mreže za velika područja (WAN). U sklopu WAN mreža, spada GSM tehnologija [4].

Povezivanje PLC-ova pomoću GSM tehnologije omogućava komunikaciju sa mobilnim telefonom i SMTP serverom za prikupljanje podataka. Rad je organizovan tako da je, nakon uvoda, dat pregled PLC-a i GSM tehnologije, a zatim primjer i način povezivanja PLC-a i mobilnog telefona preko GSM-a. Na kraju je dat zaključak i spisak literature.

II. PLC I POVEZIVANJE POMOĆU GSM-A

PLC se sastoji od centralne procesorske jedinice, ulazno/izlazne komponente, napajanja i uređaja za programiranje, kao što je prikazano na Sl.1. [5]. Kao što se može vidjeti, PLC ima sve osnovne komponente računarskog sistema, prilagođene ulazne i izlazne module za industrijske uslove i signale.



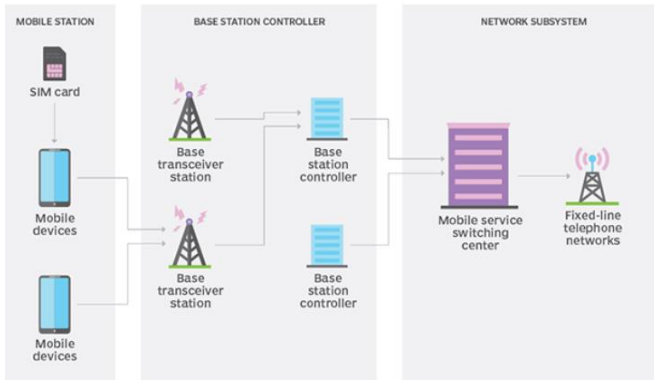
Sl.1. Hardverska arhitektura PLC-a

Neki od najpoznatijih proizvođača PLC-ova su: Siemens, Allen Bradley, Omron, Schneider, itd. Za uspostavljanje komunikacije sa GSM-om u ovom radu, korišćen je Siemensov PLC serije S7 1200, koji je prikazan na Sl.2.



Sl.2. PLC SIEMENS S7 1200

GSM je digitalna mobilna mreža koja je široko rasprostranjena kod nas, u Evropi, a i u čitavom svijetu. GSM mreža ima četiri odvojena dijela koja funkcionišu zajedno kao cjelina: mobilni uređaj, podsistem bazne stanice, podsistem mreže i podsistem za upravljanje i podršku. Mobilni telefon povezan je na mrežu preko hardvera. SIM kartica pruža mreži identifikacione informacije o mobilnom korisniku. Na Sl.3. prikazan je mogućí tok podataka putem GSM-a [6].



Sl.3. Šema funkcionisanja GSM-a

Da bi se uspostavila veza između PLC-a i uređaja za komunikaciju (u ovom slučaju mobilnog telefona) potreban je GSM modul. Kako je za PLC izabran Siemensov PLC iz serije S7 1200, tako je za GSM modul neophodno uzeti Siemensov CP 1243-7 Long-Term Evolution (LTE) modul. LTE je standard za 4G bežičnu tehnologiju koja korisnicima nudi povećan kapacitet i brzinu mreže. CP 1243-7 LTE je komunikacijski procesor koji služi za povezivanje S7-1200 PLC-a na mobilnu bežičnu mrežu standardnog GSM/GPRS (2G)/UMTS(3G)/LTE i za povezivanja sa kontrolnim centrima pomoću TeleControl Basic-a, Firewall-a, VPN-a. GPRS je paketna usluga bežične komunikacije koja omogućava brzinu prenosa podataka od 56 do 114 kilobita po sekundi (Kbps) i neprekidnu vezu sa internetom za

korisnike mobilnih telefona i računara. UMTS predstavlja treću generaciju bežične komunikacije koja omogućava prenos podataka brzinom do 2 megabita po sekundi (Mbps)

Na Sl.4. prikazan je CP 1243-7 LTE GSM modul, povezan sa S7-1200 PLC-om [7].



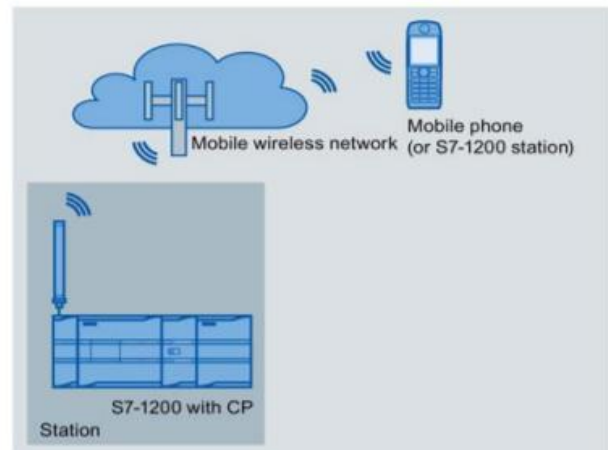
Sl.4. GSM modul

III. KONFIGURACIJA GSM-A NA PLC

Izabrani CPS 1243-7 LTE-EU GSM modul podržava sledeće mobilne bežične standarde:

- LTE 800 (B20)/1800 (B3)/2600 (B7),
- UMTS 900 (B8)/2100 (B1) i
- GSM 850/900, DCS 1800, PCS 1900

Ako uspostavljanje veze putem bežične mreže sa LTE standardom ne uspije, GSM modul pokušava da se javi na sledeću dostupnu mrežu. GSM moduli se često koriste kada je potrebno udaljeno upravljanje u procesima ili monitoring procesa. Primjer udaljenog upravljanja su „pametne kuće“ (*smart home*), gdje se upravo pomoću mobilnog telefona može dati naredba za aktiviranje željenih uređaja. Na Sl.5. prikazan je princip komunikacije PLC-a sa mobilnim telefonom preko bežične mobilne mreže [6].



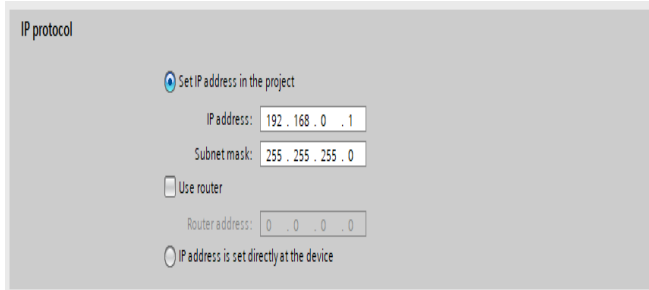
Sl.5. Komunikacija PLC-a sa mobilnim telefonom

GSM modul šalje poruke na mobilni telefon ili konfigurisanu S7-1200 stanicu. Poruke se obično generišu i šalju kao rezultat događaja. Broj telefona koji pristupa GSM modulu za konfiguraciju parametara se može odabrati i specificirati u samom CPS 1243-7 LTE-EU GSM modulu.

Specificiranje se vrši u programu Tia Portal. Za potpunu konfiguraciju GSM modula, neophodno je definisati APN korisničko ime, APN šifru, broj čvora matične stanice SMS kada se koristi SMS i pin kod SIM kartice.

Prije nego što se ubaci SIM kartica u PLC, mora se ukloniti pin kod, u suprotnom PLC neće prepoznati SIM karticu [7].

IP adresu je potrebno definisati samo PLC-u dok GSM modul automatski nakon hardverskog povezivanja uspostavlja komunikaciju sa procesorom SI.6. [7].

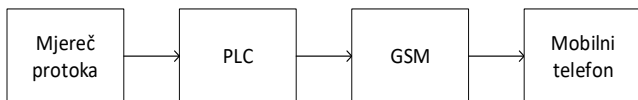


SI.6 Dodjeljivanje IP adrese PLC-u

Kao što se vidi sa SI.6. IP adresa PLC-u je dodijeljena IP adresa 192.168.0.1, koja pripada privatnim IP adresama iz klase C.

IV. PRIMJER PROGRAMIRANJA KODA ZA SLANJE I PRIMANJE PODATAKA KOD MJERAČA PROTOKA

Kao primjer povezivanja PLC-a i mobilnog telefona prikazan je PLC koji se koristi za upravljanje protokom. U te svrhe napravljen je program za mjerače protoka. Na SI.7. prikazana je konceptualna blok šema za mjerenje protoka.



SI.7. Konceptualna blok šema

Na osnovu SI.7. može se vidjeti kako funkcioniše princip mjerenja protoka vode i kako PLC šalje informacije o protoku mobilnom telefonu. Mjerač protoka mjeri protok vode kroz cijev i generiše impuls ka PLC-u na svaki metar kubni (m³) vode koji protekne kroz istu. Zatim, informacije o protoku šalje PLC-u, koji računa ukupan protok vode. PLC je povezan sa GSM modulom uz čiju pomoć šalje podatke na telefonski broj. Mobilni telefon prima podatke preko GSM-a i korisnik ima podatak o ukupnom protoku vode. U navedenom primjeru, ostvarena je jednosmjerna komunikacija koja korisniku omogućava monitoring. Osim jednosmjerne komunikacije, moguće je ostvariti i dvosmjernu komunikaciju. U tom slučaju, prije svega je neophodno definisati broj telefona sa kojeg se može pristupiti konfiguraciji GSM modula. Ovakav način pored monitoringa, omogućava i upravljanje samim procesom pomoću mobilnog telefona.

Prije formiranja funkcijskih blokova u Siemensovom programu Tia Portal, neophodno je definisati tagove, tip i vrstu signala. Na SI.8. prikazani su tagovi koji su korišćeni u programu.

Analogni_signali Properties					
General					
Name	Analogni_signali	Number	1	Type	FC
Language	LAD	Numbering	Automatic		
Information					
Title		Author		Comment	
Version	0.1	User-defined ID			
Analogni_signali					
Name	Data type	Default value	Supervision	Comment	
Input					
Output					
InOut					
Temp					
Pritisak_temp	Real				
Trenutan_protok_temp	Real				
temperatura_temp	Real				
Reset_CT_P1	Bool				
Reset_CT_P2	Bool				
Constant					
Return					
Analogni_signali	Void				

SI.8. Formiranje tagova za izvršenje programa

Program je napravljen da mjeri ukupan protok vode u dva smjera i sastoji se od devet linija za izvršenje programa (rungova). Prva tri runga služe za skaliranje pritiska, protoka i temperatura. Četvrti, peti i šesti rung služe za mjerenje ukupnog protoka u jednom smjeru, dok sedmi, osmi i deveti rung definišu mjerenje ukupnog protoka u drugom smjeru.

U sklopu Tia portala postoji i sama konfiguracija GSM modula za komunikaciju sa PLC-om. Za slanje poruka koristi se funkcijski blok TCON_Phone. Da bi se uspješno poslala poruka ka mobilnom telefonu, potrebno je formirati funkcijske blokove: TSEND_C+TCON_Phone. Za prijem poruke od mobilnog telefona, formiraju se i konfiguriraju funkcijski blokovi: TRCV_C+TCON_P [7].

Ako je opcija „Enable identifier for processing“ omogućena u editoru poruka, na GSM modulu se prikazuje status koji pruža informacije o statusu poslate poruke. Status se upisuje u PLC tag, tipa DWORD, i zapisuju se u heksadecimalnom obliku. Status 0000 znači da je prenos podataka izvršen bez greške, dok status 0001 predstavlja grešku prilikom transfera podataka. Uzroci pojave greške u prenosu su:

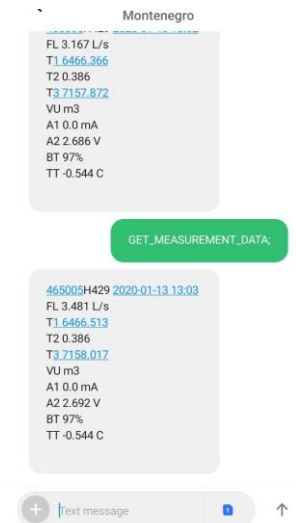
- Sim kartica nije validna
- Pogrešan određeni broj
- Nema mreže [7].

Na SI.9. prikazani su tipovi podataka koje GSM modul šalje mobilnom telefonu.

Data points						
	Name	PLC tag	Data point type	Type of transmission	Data point index	Partner of the data p...
1	Flow	SCADA.Flow	Analog input	Transfer after call...	0	Telecontrol server
2	Pressure	SCADA.Pressure	Analog input	Transfer after call (cla...	1	Telecontrol server
3	Temperature	SCADA.Temperature	Analog input	Transfer after call (cla...	2	Telecontrol server
4	Totalizer1	SCADA.Totalizer1	Analog input	Transfer after call (cla...	3	Telecontrol server
5	Totalizer2	SCADA.Totalizer2	Analog input	Transfer after call (cla...	4	Telecontrol server

SI.9. Tipovi podataka koje GSM šalje mobilnom telefonu

Na SI.10. prikazana je poruka koju GSM modul šalje mobilnom telefonu.



Sl.10. Izgled SMS poruke koju PLC šalje mobilnom telefonu

Sa Sl.10. može se vidjeti komunikacija između mobilnog telefona i PLC-a preko GSM modula.

Kada korisnik pošalje poruku ka PLC-u, u ovom slučaju GET_MEASUREMENT_DATA, PLC će poslati podatke koji su izmjereni u tom trenutku. Oznake u poruci predstavljaju:

- 465005H429-tip mjerača protoka,
- FL-protok,
- T1-T3-količina vode do tog trenutka,
- VU-jedinica za protok,
- A1- miliamperski ulaz,
- A2-naponski ulaz,
- BT-procent baterije i
- TT-temperatura

Takođe programom je podešeno da PLC, šalje E-mailove sa traženim podacima na svakih osam sati.

Za podešavanje E-mail/SMTP protokola, potrebno je konfigurirati sledeće parametre:

- P14-ime domena ili IP adresa SMTP,
- P42-broj porta SMTP,
- P15-korisničko ime za provjeru identiteta SMTP,
- P16-šifra za SMTP,
- P17-E-mail adresu za GSM modul,
- P18-prvu E-mail adresu za prijem podataka,
- P19-drugu E-mail adresu za prijem podataka,
- P20-treću E-mail adresu za prijem podataka,

Konfiguracije parametara za SMTP prikazan je u Tabeli 1.

Tabela 1.
Konfiguracija parametara za SMTP

Ime domena	send.one.com
Broj porta	25
Korisničko ime	Pavle
Šifra	Xxxx
E-mail adresa	pavleasanovic@yahoo.com

Kada se izvrši parametarizacija za SMTP, u programu je potrebno definisati u kom vremenskom trenutku će PLC slati poruke na određenu E-mail adresu. Programom je definisano da se E-mailovi šalju na svakih osam sati. U slučaju da dođe do nestanka napajanja ili PLC ne uspije da pošalje poruku nakon isteka osmog sata, onda će tu istu poruku čuvati u memoriji i poslati je u sledećem ciklusu.

V. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazan je način povezivanja PLC-a sa okruženjem pomoću GSM bežične tehnologije. Prikazan je primjer mjerača protoka koji se upravljaju PLC-om, a PLC je povezan GSM modulom sa mobilnim telefonom i definisanom E-mail adresom. Primjena ovakvog rješenja je velika, ali treba biti oprezan sa sigurnošću ovakvih rješenja zbog karaktera bežične komunikacije i mogućnosti kompromitacije sistema baziranog na ovom rješenju.

VI. LITERATURA

- [1] Hugh Jack, „Automaating Manufacturing Systems with PLCs“
- [2] Sagar B Patel, Ami Lad “Review of Programmable Logic Controller and Scada in Industrial Automation”
- [3] <http://es.elfak.ni.ac.rs/mps/materijal/5-PLC.pdf>
- [4] https://etf.unibl.org/attachments/article/650/Predavanja_1_4.pdf
- [5] https://en.wikipedia.org/wiki/Programmable_logic_controller
- [6] <http://www.mobilecomms-technology.com/projects/gsm/>
- [7] https://cache.industry.siemens.com/dl/files/704/109476704/att_952331/v1/BA_CP-1243-7-LTE_76.pdf
- [8] V. Šimun, B. Krstajić, “IoT rješenje za monitoring sistema HE „Piva““, 18th International Symposium INFOTEH-JAHORINA, pp. 377-381, ISBN 978-99976-710-2-8 2019.

JEDAN PRIMJER PRIMJENE MIKROKONTROLERA U MJERENJIMA NAPONA, STRUJE I SNAGE

Aleksandar Dedić, *Elektrotehnički fakultet u Podgorici*

Sadržaj—U ovom radu dat je opis jednog uređaja za mjerenje efektivnih vrijednosti naizmjeničnih napona, struje i snage, kao i faznih stavova napona i struje frekvencije 50 Hz koji se bazira na mikrokontroleru. Za pretvaranje analognih vrijednosti napona i struje u digitalne, koriste se naponski i strujni mjerni pretvarači kojima upravlja mikrokontroler. Pored navedenog, mikrokontroler preuzima podatke iz mjernih pretvarača i vrši njihovu obradu. Dobijeni rezultati prikazuju se u obliku vektorskog dijagrama i digitalnom obliku na grafičkom displeju.

I. UVOD

Uređaj za mjerenje naizmjeničnog napona, struje i snage, čiji je opis dat u ovom radu, originalno je dizajniran i izrađen za potrebe laboratorije Elektrotehničkog fakulteta i to prvenstveno za izvođenje laboratorijskih vježbi. Prilikom njegovog dizajniranja bio je postavljen cilj da sve poslove obavlja mikrokontroler bez dodavanja spoljašnje memorije, a da od hardverskih dodataka budu samo sklopovi na nivou analogne elektronike.

U ovom radu je dat opis druge verzije ovog uređaja. Prethodna verzija je opisana u dva ranije objavljena rada. U prvom radu [1] opisan je način kako mikrokontroler formira sliku na LCD displeju. Tada se nije vršilo nikakvo mjerenje već samo simulacija rada analogno – digitalnih konvertora. U drugom radu [2] dat je opis rada naponskog i strujnog mjernog pretvarača kao i opis kompletnog uređaja.

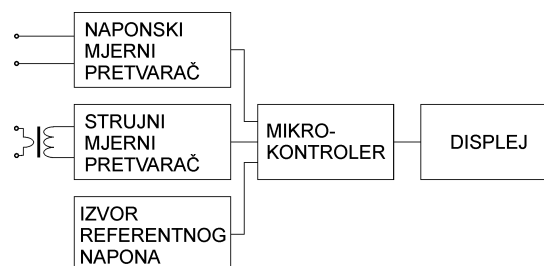
Razlika između prve i druge verzije uređaja je što su 12 – bitni analogno – digitalni konvertori zamijenjeni 14 – bitnim, umjesto mjerenja srednjih apsolutnih vrijednosti vrši se mjerenje efektivnih vrijednosti napona i struje, a dodato je i mjerenje snage. Takođe, urađene su i značajne izmjene u programu mikrokontrolera.

Za prvu verziju karakteristično je da nije bilo nekih većih hardverskih zahtjeva pa se mogao koristiti bilo koji 16 – bitni mikrokontroler. Kod druge verzije došlo je do značajnog usloznavanja programa pa se morao koristiti mikrokontroler sa implementiranim DSC (Digital Signal Controller) hardverom.

Aleksandar Dedić, Elektrotehnički fakultet u Podgorici, Univerzitet Crne Gore, Džordža Vašingtona bb, 81000 Podgorica, Crna Gora (e-mail: dedic@ac.me).

II. OSNOVNI SKLOPOVI

Blok šema mjernog uređaja data je na slici 1. On se sastoji od osnovnih sklopova: naponskog mjernog pretvarača, strujnog mjernog pretvarača, izvora referentnog napona, mikrokontrolera i displeja.



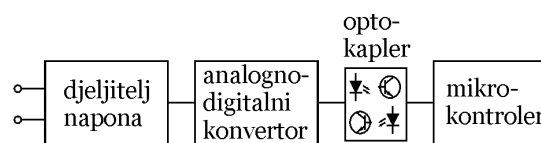
Slika 1. Osnovni sklopovi uređaja

Sklopovi koji su ovdje navedeni originalno su dizajnirani za praktičnu realizaciju mjernog uređaja. Detaljniji opis naponskog i strujnog mjernog pretvarača kao i izvora referentnog napona dat je u [2]. Ovdje su navedeni samo podaci koji su bitni za ovaj rad.

III. NAPONSKI MJERNI PRETVARAČ

Naponski mjerni pretvarač služi da napon na ulazu mjernog instrumenta svede na vrijednost koja se može dovoditi na ulaz analogno – digitalnog konvertora. Kako je, u ovom slučaju, analogno – digitalni konvertor podešen na maksimalnu vrijednost 1.5 V, amplituda napona na njegovom ulazu ne smije premašiti tu vrijednost pa se veće vrijednosti moraju smanjiti korišćenjem djelitelja napona.

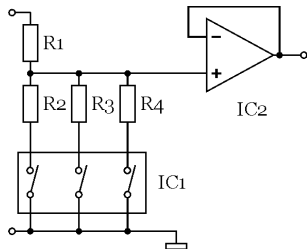
Kao što je prikazano na slici 2, ovaj pretvarač se sastoji iz 2 dijela: djelitelja napona i analogno – digitalnog konvertora. Podaci se iz konvertora u mikrokontroler prenose preko optokaplera. Ovo je urađeno iz sigurnosnih razloga.



Slika 2. Naponski mjerni pretvarač

Kako se analogno – digitalni konvertor nalazi u sastavu mjernog pretvarača, optokapleri služe samo za prenos digitalnih podataka i ne unose greške pri mjerenju.

Mjerni uređaj je predviđen za mjerenje napona 0 – 800 V. Da bi se poboljšala tačnost mjerenja, ovaj opseg se dijeli na 4 mjerna opsega: 0 - 0.9999 V, 1 – 9.999 V, 10 – 99.99 V i 100 – 800 V. Promjena opsega vrši se promjenom odnosa dijeljenja djelitelja napona.

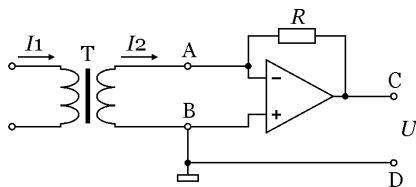


Slika 3. Djelitelj napona

Uprošćena šema djelitelja data je na slici 3. Odnos dijeljenja ovog djelitelja bira se spajanjem jednog od otpornika R1, R2 ili R3 na masu. Kao prekidač IC1, ovdje se koristi integralno kolo ADG 712 [3]. Upravljanje analognim prekidačem vrši mikrokontroler. Operacioni pojačavač IC2 služi kao bafer za prilagođenje visoke impedanse djelitelja na nisku impedansu analogno – digitalnog konvertora. Sa ovog bafera napon se dovodi na ulaz analogno – digitalnog konvertora LTC 2312 – 14 [4].

IV. STRUJNI MJERNI PRETVARAČ

Da bi se mogla izmjeriti vrijednost struje, koristi se strujni mjerni pretvarač. Ovaj pretvarač konvertuje vrijednost struje u napon koji se dovodi na ulaz analogno – digitalnog konvertora. U ovom slučaju se za konverziju koristi strujni mjerni transformator. Da bi se smanjila greška koju unosi transformator, on se kombinuje sa operacionim pojačavačem kao što je prikazano na slici 4. Ovakva kombinacija se često naziva “aktivni strujni mjerni transformator”. Kod ovakvog pretvarača napon na izlazu operacionog pojačavača je proporcionalan je struji kroz primar transformatora.



Slika 4. Strujni mjerni transformator

Mjerni uređaj je predviđen za mjerenje struje 0 – 30 A. U njegovoj realizaciji koriste se dva strujna mjerna pretvarača i to jedan za struje manje od 1 A a drugi za veće struje. Primari transformatora ovih pretvarača vezani su redno a u slučaju mjerenja struja većih od 1 A, ulaz pretvarača za manje struje kratko se spaja kontaktom relea. Detaljniji opis kao i električna šema pretvarača data je u [2]. Radi veće tačnosti

mjerni opseg svakog od ova dva transformatora dijeli se na dva opsega dodavanjem otporničkih djelitelja na izlazima operacionih pojačavača. Ovim se dobija da prvi pretvarač ima opsege 0 – 99.99 mA i 0.1 – 0.9999 A, a drugi 1 – 9.999 A i 10 – 30 A. Odabir opsega vrši se analognim prekidačem CD 4052. Kontrolu rada djelitelja vrši mikrokontroler.

V. REFERENTNI NAPON

Fazni stavovi napona i struje određuju se u odnosu na naizmjenični referentni napon. Kako frekvencija referentnog napona mora biti ista kao i frekvencije veličina koje se mjere, kao referentni, koristi se napon električne mreže 230 V u kojoj se mjerenje vrši. Opciono, referentni napon se može dovoditi i iz nekog drugog izvora koji nije vezan za električnu mrežu i frekvenciju 50 Hz, na primjer kod mjerenja na sinhronom generatoru promjenljive brzine.

Za izračunavanje faznih stavova koriste se podaci o prolazu električnih veličina kroz nulu. Za određivanje trenutka prolaza kroz nulu referentnog napona koristi se komparator koji je implementiran u mikrokontroleru. Trenutke kada napon i struja prolaze kroz nulu određuje softver, analizom podataka iz analogno – digitalnih konvertora.

VI. MIKROKONTROLER

Mikrokontroler vrši upravljanje mjernim pretvaračima, analogno-digitalnim konvertorima, preuzima podatke iz konvertora, obrađuje dobijene podatke i vrši generisanje slike koja se prikazuje na displeju.

Ovaj mjerni uređaj se bazira na mikrokontroleru dsPIC33EP128GP502 [5] i to iz razloga što on ima frekvenciju sistemskog takta 70 MHz i implementiran DSC hardver koji omogućava jednostavniju obradu podataka. U ovom slučaju se od DSC hardvera koriste dva 40-bitna akumulatora i aritmetička jedinica koja omogućava množenje dva 16-bitna broja i dodavanje rezultata postojećoj vrijednosti u akumulatoru i to u toku samo jednog sistemskog takta.

VII. PROGRAM

Za prvu verziju mjernog uređaja urađen je potpuno originalan program. Taj program nije bio vezan za određenu arhitekturu pa se za njegovo izvršavanje mogao koristiti bilo koji 16 – bitni mikrokontroler koji bi imao frekvenciju sistemskog takta 40 MHz i radnu memoriju 16 kB. On je poslužio kao osnova za izradu druge verzije pri čemu je u njemu izvršeno više značajnih izmjena.

Prva razlika između ove 2 verzije je što se u ovoj verziji uređaja koriste 14 – bitni analogno – digitalni konvertori pri čemu su oba spoljašnji, dok su se kod prethodne verzije koristili 12 – bitni od kojih je jedan bio spoljašnji a drugi implementiran u mikrokontroleru.

Druga razlika je što su se u prvoj verziji izračunavale

srednje apsolutne vrijednosti napona i struje a u ovoj verziji izračunavaju efektivne (RMS) vrijednosti. Takođe, dodato je izračunavanje aktivne snage. Za potrebe izračunavanja efektivnih vrijednosti urađen je originalni program za izračunavanje kvadratnog korijena, ali taj program se bazira na korišćenju DSC naredbi tako da on nije pogodan za druge mikrokontrolere.

Značajna razlika je i što se brojevi prikazuju sa pomičnom tačkom. Ovo je urađeno da se izbjegne prikazivanje nula na početku broja čak i kad se radi o nuli sa tačkom. U ovom slučaju brojevi se prikazuju sa 4 cifre a na kraju brojeva se, po potrebi, dodaju oznake k, m ili μ . Izuzetak je prikazivanje faznog stava jer se tamo tačka nalazi uvijek ispred posljednje cifre. Algoritam za prikazivanje brojeva sa pomičnom tačkom u potpunosti je originalan.

Značajne izmjene su napravljene i kod programa za prikazivanje slike na displeju.

Program je napisan u programskom jeziku assembler jer je dopušteno vrijeme izvršavanja veoma kratko pa se u toku rada često moraju izvršavati po dva procesa paralelno. Tako na primjer, tokom prenosa podataka iz analogno – digitalnih konvertora, istovremeno se vrši preuzimanje podataka i obrada već preuzetih podataka. Ovo se postiže tako što se poslije naredbe za start konverzije i start prenosa podataka umeću naredbe za izvođenje aritmetičkih operacija. Kod ovakvog načina rada nije moguće koristiti tajmer jer su vremenski razmaci između pojedinih preuzimanja veoma kratki, pa se naredbe za obradu podataka moraju uklapati tako da njihov broj odgovara vremenima kašnjenja kako kod pojedinačnih preuzimanja tako i kod čitavog ciklusa.

Na sličan način, slika koju treba prikazati ne formira se u konačnom obliku u memoriji nego se samo izračunavaju koordinate tačaka pojedinačnih objekata. Zbog toga su između naredbi za prenos podataka u displej umetnute naredbe koje izračunavaju tekuće koordinate piksela, upoređuju ih sa koordinatama tačaka objekata koje treba prikazati i na osnovu toga odlučuju koje piksele treba osvjetliti.

Ova verzija programa sadrži oko 8000 naredbi.

VIII. OBRADA PODATAKA

Uređaj vrši mjerenje trenutnih vrijednosti napona i struje pa se iz tih podataka izračunavaju efektivne vrijednosti i aktivna snaga. Po definiciji, efektivne vrijednosti se izračunavaju integraljenjem kvadratne funkcije. Međutim mikrokontroler nema mogućnost rada sa funkcijama u analitičkom obliku, pa se efektivne vrijednosti izračunavaju prema relaciji:

$$U = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N u_n^2} \quad (1)$$

gdje je U - efektivna vrijednost napona, N – broj obiraka i u_n – trenutna vrijednost napona.

Izračunavanje efektivnih vrijednosti vrši se tako što se vrijednosti odbiraka množe sami sa sobom a rezultat dodaje

već postojećim vrijednostima u akumulatoru. Ove operacije se obavljaju istovremeno sa preuzimanjem trenutnih vrijednosti odbiraka. Istovremeno se vrši i brojanje odbiraka. Po završenom ciklusu mjerenja, rezultat se dijeli brojem odbiraka i izračunava kvadratni korijen.

Relacija (1) odnosi se na izračunavanje napona. Vrijednost struje izračunava se na identičan način.

Vrijednost aktivne snage izračunava se prema relaciji:

$$P = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N u_n i_n \quad (2)$$

gdje je P – vrijednost aktivne snage, N – broj odbiraka, u_n – trenutna vrijednost napona i i_n – trenutna vrijednost struje.

Kod izračunavanja snage, sve aritmetičke operacije se vrše sa predznakom.

Uzimanje odbiraka se vrši u toku 4 pune periode poslije čega se vrši obrada podataka. Ovo se radi da bi se smanjila mogućnost greške u slučaju nestabilnosti frekvencije. Ovim se istovremeno vrši i usrednjavanje podataka. Konverzija podataka vrši se brzinom 180 kS/s. Međutim, za mjerenje napona i struje ovakva brzina nije potrebna, pa se uzima svaki drugi odbirak tako da brzina odabiranja iznosi 90 kS/s. Greška koja se ovim pojavljuje je zanemarljivo mala.

Podaci sa analogno – digitalnih konvertora dobijaju se u jedinicama konverzije. Obrada svih podataka vrši se u ovim jedinicama a tek konačan rezultat, prije formiranja slike, pretvara u jedinice napona, struje i snage. Pretvaranje se vrši množenjem konstantom koja, u ovom slučaju, iznosi 1,648086548 za napon i struju, a 2,71618927 za snagu. Vrijednosti konstanti dobijene su kalibracijom. Na displeju se prikazuju samo 4 najznačajnije cifre ovog proizvoda a decimalna tačka postavlja se u zavisnosti od aktiviranih mjernih opsjea i rezultata množenja konstantom.

Mjerenje faznih pomjeraja vrši se tako što se broje odbirci od trenutka kad referentni napon prođe kroz nulu do trenutka kad kroz nulu prođu mjerene veličine. Kao prolaz kroz nulu uzima se trenutak kad električna veličina mijenja vrijednost sa negativne na pozitivnu. Prolazi kroz nulu napona i struje određuju se softverski. Pri tom se ne registruju nulte vrijednosti nego posljedni odbirak koji ima negativnu i prvi koji ima pozitivnu vrijednost i iz ta dva podatka izračunava trenutak prolaza kroz nulu. Fazni pomjeraj u stepenima izračunava se prema relaciji:

$$\varphi = \frac{3600 M}{N} n_p \quad (3)$$

gdje φ – fazni pomjeraj, M – broj punih perioda mjernog ciklusa, N – broj odbiraka mjernog ciklusa i n_p – broj odbiraka od prolaza kroz nulu referentnog napona do prolaza kroz nulu veličine koja se mjeri. Relacijom (3) dobija se vrijednost koja je 10 puta veća od stvarne. Ovo se radi da se da se izbjegniju računске operacije sa decimalnim brojevima. Stvarna vrijednost se dobija postavljanjem decimalne tačke ispred posljednje cifre. Fazni pomjeraj koji se dobija relacijom (3) nije vezan za frekvenciju 50 Hz jer se on računa kao odnos broja odbiraka. Međutim, povećanje frekvencije

povlači za sobom smanjenje rezolucije. Kako brzina odabiranja iznosi 180 kS/s, pri frekvenciji 50 Hz fazni pomjeraj se dobija sa rezolucijom 0,1°.

IV. PRIKAZIVANJE REZULTATA

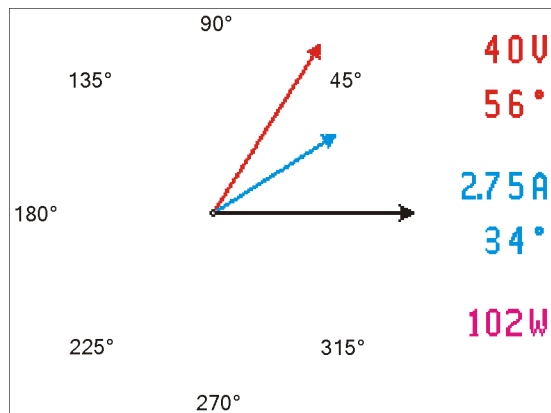
Rezultati mjerenja prikazuju se u obliku vektorskog dijagrama i digitalnom obliku. Na lijevoj strani displeja prikazuje se vektorski dijagram. On se sastoji od fazne ose koja je nepokretna i dva vektora koji se mogu obrtati oko zajedničke tačke. Vektor napona se prikazuje u crvenoj a vektor struje u plavoj boji. Dužina vektora proporcionalna je efektivnoj vrijednosti napona i struje a ugao odgovara faznom stavu u odnosu na referentni napon. Kako je određivanje vrijednosti sa vektorskog dijagrama neprecizno, na desnoj strani displeja prikazuju se vrijednosti u digitalnom obliku.

Algoritam za formiranje slike je originalan a urađen je specijalno za ovaj uređaj pa se za drugu primjenu može koristiti samo uz veće modifikacije. Za formiranje slike koristi se kombinacija vektorske i bitmapirane grafike pri čemu je prostor u radnoj memoriji podijeljen u dva dijela i to jedan za smještaj objekata u vektorskom, a drugi u bitmapiranom obliku. Strelice, koje predstavljaju vektore, formiraju se kao vektorski objekti izračunavanjem koordinata tačaka linija. Vrhovi strelica smješteni su u fleš memoriji u obliku bitmapiranih objekata sa relativnim koordinatama tačaka u odnosu na referentnu tačku. Referentna tačka je ona u kojoj se dodiruje linija sa vrhom. Prije početka prenosa podataka u displej, relativne koordinate se pretvaraju u apsolutne i na taj način dobija objekat u vektorskom obliku. Cifre koje se nalaze sa desne strane smještene su u bitmapiranom obliku u fleš memoriji i u radnu memoriju smještaju onim redosledom kojim će biti prikazane. Za objekte u bitmapiranom prostoru memorije ne izračunavaju se koordinate tačaka nego svaki piksel displeja ima odgovarajući bit u odgovarajućoj memorijskoj lokaciji. Ovakvim načinom formiranja slike omogućeno je da je za sliku veličine 320x240 piksela dovoljno imati 12 kB prostora u radnoj memoriji.

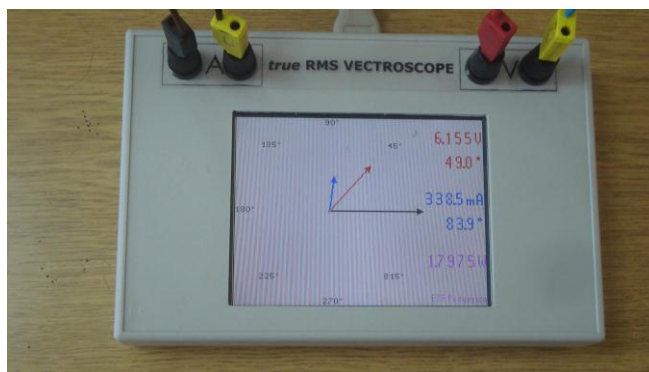
Primjer prikazivanja rezultata mjerenja dat je na slici 5.

Za prikazivanje slike koristi se TFT-LCD displej VGG322403-7ULFWA [6]. Ovaj displej je namijenjen za rad u minijaturnim televizorima pa program mora vršiti prenos podataka po TV standardu sa generisanjem vertikalnih i horizontalnih sinhroimpulsa. Ovaj dio programa u potpunosti je originalan.

Izgled mjernog uređaja prikazan je na slici 6.



Slika 5. Primjer prikazivanja rezultata mjerenja



Slika 6. Izgled mjernog uređaja

LITERATURA

- [1] Aleksandar Dedić, *Grafičko prikazivanje vektora električnih veličinana na tft-lcd displeju*, Informacione tehnologije, Žabljak 2010 godine
- [2] Aleksandar Dedić, *Jedan metod mjerenja napona i struje baziran na mikrokontroleru*, Informacione tehnologije, Žabljak 2015 godine
- [3] Analog Devices Inc, *CMOS Low Voltage 4 - Quad SPST Switches ADG711 /ADG712 /ADG713*, www.analog.com
- [4] Linear Technology Corporation, *LTC 2312-14 14-Bit, 500ksps Serial Sampling ADC in TSOT*, www.linear.com
- [5] Microchip Technology Inc, *dsPIC33EP PIC24EP Family Reference Manual*, <http://support.microchip.com>
- [6] Vbest Electronics LTD, *VGG322403-7ULFWA(LF)*, <http://www.vbest.com.tw>

Optimizacija parametra BL jezgra u spektralnom domenu

Zoran N. Milivojević, Zoran Veličković, Dijana Kostić

Sadržaj—U prvom delu rada opisana je parametarsko kubno interpolaciono blending (BL) jezgro nastalo mešanjem Keys 1P i oMoms³ interpolacionog jezgra. U drugom delu rada određen je, primenom Furijeove transformacije, analitički izraz amplitudske karakteristike BL jezgra. Nakon toga, izvršena je minimizacija talasavosti amplitudske karakteristike razvojem u Tejlorov red i eliminacijom članova reda koji dominantno doprinose talasavosti. Na kraju je određen optimalan parametar jezgra, odnosno izvršena optimizacija interpolacionog BL jezgra.

I. UVOD

Kod digitalnog procesiranja signala (eng. *Digital Signal Processing*, DSP) intenzivno se primenjuje interpolacija u cilju procene vrednosti signala između regularnih semplova. Tipičan primer su geometrijske transformacije slika (iskrivljenja, rotacije, translacije,...) [1]. Idealno interpolaciono jezgro je oblika $\sin(x)/x$ (u oznaci *sinc*) gde je $-\infty \leq x \leq +\infty$, dok je njegova spektralna karakteristika *box* funkcija. Zbog svojih beskonačnih granica *sinc* jezgro, osim teorijske, nema praktičnu primenu. Da bi se omogućila praktična primena potrebno je izvršiti skraćanje *sinc* jezgra na konačnu dužinu, što se postiže primenom prozorskih funkcija. U stručnoj terminologiji se za skraćanje prozorskom funkcijom koristi termin *vindovizacija* (eng. *windowing*). Posledica skraćanja interpolacionog jezgra je odstupanje amplitudske karakteristike jezgra od idealne *box* funkcije, odnosno, u propusnom i nepropusnom opsegu amplitudska karakteristika ima talasavost, dok u prelaznoj oblasti ima konačnu strminu.

Aktuelan zadatak kod DSP-a je konstruisati interpolaciono jezgro: a) koje će biti definisano na intervalu konačne dužine, b) čija će amplitudska karakteristika biti sa smanjenom talasavošću, i c) koje će biti male numeričke složenosti. U stručnoj literaturi je predložen veliki broj interpolacionih jezgara polinomijalnog tipa: a) nultog stepena - zaokruživanje na najbližu vrednost [2], b) prvog stepena - linearna interpolacija [3], c) drugog stepena - kvadratno

interpolaciono jezgro [2], d) trećeg stepena - kubno interpolaciono jezgro [3], e) petog stepena i f) sedmog stepena [4]. Sa porastom stepena polinoma povećava se preciznost procene ali se povećava i numerička složenost, i samim tim i brzina interpolacije. U velikom broju slučajeva pokazuje se da je optimalan izbor kubno interpolaciono jezgro.

U radu [5] prikazana je parametarizacija jezgra uvođenjem parametra α . U literaturi je ovo jezgro označeno kao Keys 1P. Nakon analize greške interpolacije, razvojem u Tejlorov red, pokazano je da je optimalan izbor $\alpha = -0.5$. Keys 1P jezgro sa parametrom $\alpha = -0.5$ je nazvano Catmull-Rom interpolaciono jezgro i intenzivno se koristi u kompjuterskoj grafici [6]. Dalje aktivnosti išle su ka povećanju broja parametara jezgra, tako da je predstavljeno dvo-parametarsko (Keys 2P [7]) i tro-parametarsko (Keys 3P [8]) jezgro, što je vodilo ka povećanju preciznosti interpolacije.

U cilju bolje aproksimacije idealne amplitudske box karakteristike kreirano je novo interpolaciono r_{BL} jezgro mešanjem (eng. *blend* - mešavina) dva poznata (r_1, r_2) jezgra [9]. Jezgra od kojih je nastalo BL jezgro autori nazivaju jezgra roditelji (eng. *parents* - roditelji) jezgrima. Mešanje se obavlja prema $r_{BL} = r_1 + \omega r_2$, gde je ω faktor mešanja. Opisno je BL jezgro nastalo mešanjem jedno-parametarskog Kejsovog jezgara trećeg reda (Keys 1P, parametar α) [5] i oskulatornog racionalnog jezgra [10]. BL jezgro ima dva parametara (ω, α) kojima je moguće vršiti prilagođenje jezgra konkretnom problemu. BL jezgro je pokazalo dobru aproksimaciju amplitudske karakteristike. Efikasnost jezgra testirana je kod problema uvećanja i umanjenja slika posredstvom objektivnih mera (MSE, PSNR) i očuvanja ivica objekta u slici (vizuelna inspekcija konture). U radu [11] opisano je BL jezgro kreirano od Keys 1P i oMoms (eng. *optimal-maximal-order-minimal-support*) jezgra trećeg reda (oMoms³) [12]. Prikazane su karakteristike BL jezgra u prostornom i spektralnom domenu i rezultati procene fundamentalne frekvencije kod audio signala.

U ovom radu su prikazani rezultati optimizacije BL jezgra prikazanog u [11]. Jezgro je kreirano od Keys 1P i oMoms³ Optimizacija je izvršena u spektralnom domenu. Kao kriterijum optimizacije korišćena je talasavost amplitudske karakteristike u propusnom opsegu. Najpre je jezgro u vremenskom (prostornom) domenu razloženo na komponente, zatim je primenom Furijeove transformacije određena amplitudska karakteristika u spektralnom domenu.

Zoran N. Milivojević, Tehničko-vaspitačka akademija strukovnih studija Niš, Aleksandra Medvedeva 20, 18000 Niš, Srbija (e-mail: zoran.milivojevic@vtsnis.edu.rs).

Zoran Veličković, Tehničko-vaspitačka akademija strukovnih studija Niš, Aleksandra Medvedeva 20, 18000 Niš, Srbija (e-mail: zoran.velickovic@vtsnis.edu.rs).

Dijana Kostić, Geonais Niš, Svetozara Markovića br. 1, 18000 Niš, Srbija (e-mail: koricnac@yahoo.com).

Nakon toga je izvršen razvoj funkcije u Tejlorov red u okolini $f = 0$ i izvršena eliminacija članova reda koji dominantno utiču na talasavost amplitudske karakteristike. Određena je optimalna vrednost parametra jezgra α u zavisnosti od faktora mešanja ω . Grafički su prikazane optimizovane amplitudske karakteristike za faktore mešanja $\omega = 0 - 1$, sa korakom 0.1.

Organizacija rada je sledeća. U sekciji II prikazana je konstrukcija BL jezgra. U sekciji III prikazana optimizacija parametara jezgra. Sekcija IV je zaključak.

II. BL INTERPOLACIONO JEZGRO

A. Konstrukcija BL interpolacionog jezgra

BL interpolaciono jezgro konstruisano je mešanjem Keys 1P i o-Moms³ jezgara [11] prema:

$$r_{BL}(x) = (1-\omega)r_{Keys} + \omega \cdot r_{oMoms^3}(x), \quad (1)$$

gde je $\omega \in (0,1)$ faktor mešanja. Kejsovo 1P jezgro definisano je sa [5]:

$$r_{Keys} = \begin{cases} (\alpha+2)|x|^3 - (\alpha+3)|x|^2 + 1, & 0 \leq x < 1 \\ \alpha|x|^3 - 5\alpha|x|^2 + 8\alpha|x| - 4\alpha, & 1 \leq x < 2 \\ 0, & 2 \leq x \end{cases}, \quad (2)$$

gde je α parametar jezgra. Nakon razlaganja na komponente (2) postaje:

$$r_{Keys}(x) = r_{0_Keys} + \alpha \cdot r_{1_Keys}, \quad (3)$$

gde su komponente jezgra:

$$r_{0_Keys} = \begin{cases} 2|x|^3 - 3|x|^2 + 1, & 0 \leq x < 1 \\ 0, & 1 \leq x < 2 \\ 0, & 2 \leq x \end{cases} \quad (4)$$

i

$$r_{1_Keys} = \begin{cases} |x|^3 - |x|^2, & 0 \leq x < 1 \\ |x|^3 - 5|x|^2 + 8|x| - 4, & 1 \leq x < 2 \\ 0, & 2 \leq x \end{cases}. \quad (5)$$

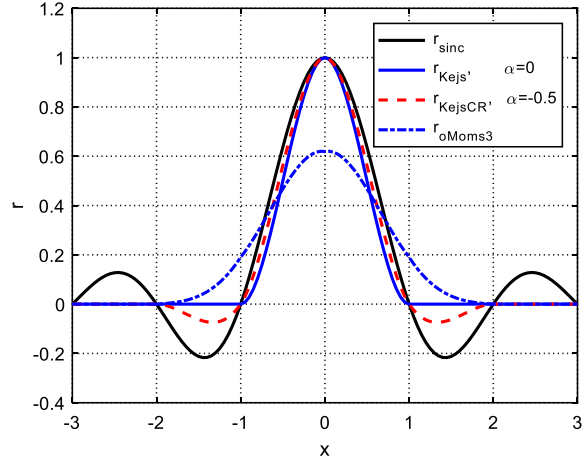
o-Moms³ jezgro definisano je sa [12]:

$$r_{oMoms^3} = \begin{cases} \frac{1}{2}|x|^3 - |x|^2 + \frac{1}{14}|x| + 1, & 0 \leq x < 1 \\ -\frac{1}{6}|x|^3 + |x|^2 - \frac{85}{42}|x| + \frac{29}{21}, & 1 \leq x < 2, \\ 0, & 2 \leq x \end{cases}, \quad (6)$$

Zamenom (4), (5) i (6) u (1) dobija se:

$$r_{BL}(x) = (1-\omega)(r_{0_Keys} + \alpha \cdot r_{1_Keys}) + \omega \cdot r_{oMoms^3}(x). \quad (7)$$

Na sl. 1 prikazana su vremenski (prostorni) oblici nekih interpolacionih jezgara na intervalu $[-3, 3]$: a) idealno jezgro oblika $\text{sinc}(r_{\text{sinc}})$ b) Keys 1P ($\alpha = 0$) (r_{Keys}), c) Keys 1P ($\alpha = -0.5$) u računarskoj grafici poznato kao Catmull-Rom (CR) jezgro (r_{KeysCR}), i d) oMoms³ jezgro (r_{oMoms3}).



Slika 1. Vremenske karakteristike interpolacionih jezgara: a) $\text{sinc}(r_{\text{sinc}})$ b) Keys ($\alpha = 0$), c) Keys ($\alpha = -0.5$) (Catmull-Rom, CR) and c) oMoms³.

B. Spektralna karakteristika BL jezgra

Primenom Furijeove transformacije (FT) nad (7) određuje se spektralna karakteristika BL jezgra:

$$H_{BL}(f) = FT(r_{BL}(x)) = \int_{-\infty}^{\infty} r_{BL}(x) \cdot e^{-2\pi x f i} dx. \quad (8)$$

Furijeova transformacija primenjuje se nad svakom komponentom jezgra:

$$\begin{aligned} H_{0_Keys}(f) &= FT(r_{0_Keys}(x)) \\ H_{1_Keys}(f) &= FT(r_{1_Keys}(x)) \\ H_{oMoms^3}(f) &= FT(r_{oMoms^3}(x)) \end{aligned} \quad (9)$$

nakon čega se dobijaju spektralne komponente BL jezgra:

$$\begin{aligned} H_{0_Keys} &= -\frac{3 \cdot \cos(2\pi f) + 3\pi k \sin(2\pi f) - 3}{2f^4 \pi^4}, \\ &= \frac{3}{f^2 \pi^2} [\text{sinc}^2(f) - \text{sinc}(2f)] \end{aligned}, \quad (10)$$

$$H_{1_Keys} = -\frac{2\pi k \sin(2\pi f) \cdot \cos(2\pi f)}{2f^4 \pi^4} + \frac{4\pi k \sin(2\pi f) - 3 + 3 \cdot \cos(2\pi f)^2}{2f^4 \pi^4} =, \quad (11)$$

$$\frac{2}{f^2 \pi^2} \left[\begin{array}{l} 3 \cdot \text{sinc}^2(2f) - \\ 2 \cdot \text{sinc}(2f) - \\ \text{sinc}(4f) \end{array} \right]$$

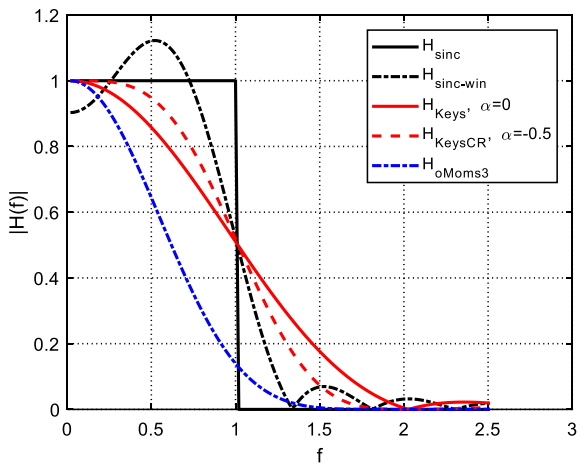
i

$$H_{oMoms^3} = -\frac{\sin(2\pi f)^4 \cdot (2\pi^2 f^2 - 21)}{21f^4 \pi^4}. \quad (12)$$

Spektralna karakteristika jezgra je:

$$H_{BL}(f) = (1-w) \cdot (H_{0_Keys}(f) + \alpha \cdot H_{1_Keys}(f)) + w \cdot H_{oMoms^3}(f). \quad (13)$$

Na sl. 2 prikazane su amplitudske karakteristike nekih interpolacionih jezgara: a) idealno jezgro oblika sinc (H_{sinc}) b) skraćeno (vindowizirano idealno jezgro na intervalu $[-2, 2]$) $H_{\text{sinc_win}}$, c) Keys 1P ($\alpha = 0$) (H_{Keys}), d) Keys 1P ($\alpha = -0.5$) u računarskoj grafici poznato kao Catmull-Rom (CR) jezgro (H_{KeysCR}), i e) $oMoms^3$ jezgro (H_{oMoms^3}). Vidi se da sve amplitudske karakteristike odstupaju od idealne box karakteristike (H_{sinc}). Kod skraćenog sinc jezgra ($H_{\text{sinc_win}}$) uočava se velika talasavost amplitudske karakteristike u propusnom i nepropusnom opsegu. U odnosu na H_{Keys} i H_{KeysCR} karakteristike, koje nemaju izraženu talasavost u propusnom opsegu, $H_{\text{sinc_win}}$ ima veliku strminu u propusnom opsegu.



Slika 2. Amplitudske karakteristike: a) sinc (H_{sinc}), b) skraćeno sinc ($H_{\text{sinc_win}}$), c) Keys 1P ($\alpha = 0$) (H_{Keys}), d) Keys 1P ($\alpha = -0.5$) (H_{KeysCR}), i e) $oMoms^3$ (H_{oMoms^3}) interpolacionih jezgara.

BL jezgro se dobija mešanjem parametarskog Keys 1P i $oMoms^3$ jezgra. Primena BL jezgra određuje faktor mešanja ω . Izborom parametra α utiče se na oblik amplitudske

karakteristike BL jezgra. Izborom parametra α vrši se minimiziranje talasavosti. Algoritam optimizacije prikazan je u daljem delu rada.

III. OPTIMIZACIJA PARAMETARA JEZGRA

Amplitudska karakteristika $|H_{BL}(f)|$ BL interpolacionog jezgra ima talasavost u propusnom opsegu i konačnu strminu u prelaznoj oblasti. Optimizacijom BL jezgra moguće je smanjiti talasavost amplitudske karakteristike. Optimizacija jezgra podrazumeva izbor parametra α za koje je talasavost minimalna. Tako odabrani parametar naziva se optimalni parametar jezgra α_{opt} . Određivanje optimalnog parametra jezgra, uz uslov minimiziranja talasavosti obavljeno, je prema kriterijumu da u $f = 0$ amplitudska karakteristika ne bude konkavna naviše kao ni konkavna naniže [13]. Optimizacija se realizuje u sledećim koracima:

Korak 1: razvoj spektralnih komponenta jezgra ((10), (11) i (12)) u Tejlorov red (TR) u okolini $f = 0$:

$$H_{T0_Keys}(f) = 1 - \frac{4 \cdot (\pi f)^2}{15} + \frac{(\pi f)^4}{35} + \zeta_0(\pi^6 f^6), \quad (14)$$

$$H_{T1_Keys}(f) = -\frac{8 \cdot (\pi f)^2}{15} + \frac{16 \cdot (\pi f)^4}{35} + \zeta_1(\pi^6 f^6), \quad (15)$$

i

$$H_{T_oMoms^3}(f) = 1 - \frac{16 \cdot (\pi f)^2}{21} + \frac{83 \cdot (\pi f)^4}{315} + \zeta_M(\pi^6 f^6). \quad (16)$$

Zamenom (14), (15) i (16) u (13) dobija se razvoj amplitudske karakteristike u Tejlorov red je:

$$H_T(f) = (1-\omega) \cdot (H_{T0_Keys}(f) + \alpha \cdot H_{T1_Keys}(f)) + w \cdot H_{T_oMoms^3}(f), \quad (17)$$

Jednačina (17) može se zapisati u obliku:

$$H_T(f) = T_0 - T_2 \cdot (\pi f)^2 + T_4 \cdot (\pi f)^4 + \zeta(\pi^6 f^6), \quad (18)$$

gde su:

$$T_0 = 1, \quad (19)$$

$$T_2 = -(1-w) \cdot \left(\frac{4}{15} + \alpha \frac{8}{15} \right) - w \frac{16}{21}, \quad (20)$$

$$T_4 = (1-w) \cdot \left(\frac{1}{35} + \alpha \frac{16}{35} \right) + w \frac{83}{315}, \quad (21)$$

i ζ ostatak.

Korak 2: Eliminisanje člana Tejlorovog razvoja koji dominantno doprinosi talasavosti (uz uslov izjednačavanja

konkavnosti navise i naniže u $f = 0$) obavlja se uz uslov:

$$\left. \frac{d^2 H_T(f)}{df^2} \right|_{f=0} = 0, \Rightarrow T_2 = 0, \quad (22)$$

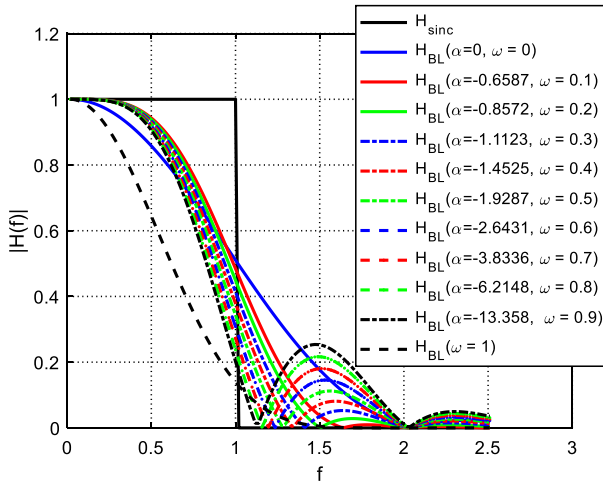
odakle se dobija optimalna vrednost parametra jezgra:

$$\alpha_{opt_BL_T} = -\frac{0.5 + 0.9287w}{1-w}, \quad (23)$$

Za $w = 0$, što označava da oMoms³ jezgro ne učestvuje u smeši, odnosno da u smeši ostaje samo Keys 1P jezgro, dobija se $\alpha_{opt} = -0.5 = \alpha_{opt_Keys_T}$, sto je jednako rezultatu iz [5]. Jednačina (23) nije definisana za $w = 1$, jer je BL jezgro za $w = 1$ ekvivalentno oMoms³ koje nema parametar.

Kao primer, na sl. 3 prikazane su amplitudske karakteristike BL jezgara dobijena mešanjem Keys 1P sa $\alpha = 0$ i $w = 0 : 1$, sa korakom 0.1. Za svaku vrednost faktora mešanja w izračunata je odgovarajuća optimalna vrednost parametra α i zapisana u legendi na grafiku. Uočava se da je kod svih amplitudskih karakteristika eliminisano talasanje u propusnom opsegu. Početna (roditeljska) jezgra imaju velika odstupanja od *box* karakteristike. Optimizovana BL jezgra, pored toga što nemaju talasavost, imaju manju grešku, odnosno odstupanje od *box* karakteristike, i veću strminu u prelaznoj oblasti. U navedenom slučaju optimalan izbor bi bilo BL jezgro sa $\alpha = -0.6587$ i $w = 0.1$.

Dalje aktivnosti oko optimizacije BL jezgra kretaće se u pravcu minimiziranja greške odstupanja amplitudske karakteristike jezgra u odnosu na *box* karakteristiku.



Slika 3. Amplitudske karakteristike: a) *sinc* (H_{sinc}), b) BL jezgara za faktore mešanja $\omega = 0 - 1$ sa korakom 0.1 ($H_{BL}(\alpha, \omega)$) interpolacionih jezgara.

IV. ZAKLJUČAK

U radu je određen analitički izraz za BL jezgro nastalo mešanjem Keys 1P i oMoms³ jezgara. Izvršena je optimizacija uz kriterijum smanjenja talasavosti amplitudske karakteristike. Na osnovu grafičke reprezentacije amplitudske karakteristike zaključuje se da je za bilo koji faktor mešanja moguće odrediti optimalan parametar jezgra i obezbediti amplitudsku karakteristiku jezgra bez talasanja u propusnom opsegu. Dodatni kriterijum kod izbora parametara jezgra je razlika između *box* i amplitudske karakteristike BL jezgra, što se može izraziti, pored ostalog, preko srednje kvadratne greške.

LITERATURA

- [1] E. Bella, A. Barclay, R. Eisner, and R. W. Schafer, "A comparison of rotation-based methods for iterative reconstruction algorithms," *IEEE Trans. Nucl. Sci.*, vol. 43, pp. 3370–3376, Dec. 1996.
- [2] N. Dodgson, "Quadratic Interpolation for Image Resampling," *IEEE Transactions On Image Processing*, vol. 6, no. 9, pp. 1322–1326, Sept. 1997.
- [3] S. Rifman, "Digital rectification of ERTS multispectral imagery," in *Proc. Symp. Significant Results Obtained from ERTS-I (NASA SP-327)*, vol. 1, sec. B, pp. 1131–1142, 1973.
- [4] E. Meijering, W. Niessen, and M. Viergever, "Piecewise Polynomial Kernels For Image Interpolation: A Generalization Of Cubic Convolution", In *IEEE International Conference on Image Processing – ICIP'99, IEEE Computer Society Press*, Los Alamitos, CA, vol. III, 1999, pp. 647–651.
- [5] R. G. Keys, "Cubic convolution interpolation for digital image processing", *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, vol. 29, no. 6, pp. 1153–1160, 1981.
- [6] E. Meijering, M. Unser, "A Note on Cubic Convolution Interpolation", *IEEE Transaction on Image Processing*, vol. 12, no. 4, pp. 447–479, 2003.
- [7] R. Hanssen, R. Bamler, "Evaluation of Interpolation Kernels for SAR Interferometry", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 37, no.1, pp. 318–321, Jan. 1999.
- [8] Z. Milivojević, N. Savić, and D. Brodić, "Three-Parametric Cubic Convolution Kernel For Estimating The Fundamental Frequency Of The Speech Signal", *Computing and Informatics*, vol. 32, 1001–1020, 2014.
- [9] L. Liang, "Image Interpolation by Blending Kernels", *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 15, pp. 805–808, 2008.
- [10] M. Hu, J. Tan, "Adaptive oscillatory rational interpolation for image processing", *Journal of Computational and Applied Mathematics*, vol. 195, pp. 46–53, 2006.
- [11] Z. Milivojević, Z. Velicković, D. Brodić, "Optimizacija parametara BL jezgra kod procene fundamentalne frekvencije audio signala", *Informacione tehnologije*, pp. 64 – 67, Žabljak, Crna Gora, 2018.
- [12] T. Blu, P. Thévenaz, and M. Unser, "MOMS: Maximal-Order Interpolation of Minimal Support", *IEEE Transactions On Image Processing*, vol. 10, no. 7, pp. 1069–1080, July, 2001.
- [13] E. Meijering, K. Zuiderveld, and M. Viergever, "Image Reconstruction by Convolution with Symmetrical Piecewise n th-Order Polynomial Kernels", *IEEE Trans. On Image Processing*, vol. 8, no. 2, pp. 192–201, Febr. 1999.

Robusnost SVD watermarking algoritma kod IS mapiranja u prisustvu eha

Bojan P. Prlinčević, Zoran N. Milivojević

Sadržaj—U ovom radu izvršena je analiza robusnosti SVD algoritma za insertovanje vodenog žiga kod IS mapiranja u prisustvu eha. U prvom delu rada opisan je SVD algoritam za insertovanje i ekstrakciju vodenog žiga u sliku. Nakon toga dat je prikaz konverzije slike sa insertovanim žigom u audio signal i FIR filter za realizaciju eho efekta. U drugom delu rada prikazan je eksperiment u okviru koga je vršeno testiranje robusnosti SVD algoritma kod IS mapiranja u odnosu na uticaj eho efekta. Eho je simuliran sa vremenom kašnjenja signala T i promenom koeficijenta amplitude signala kašnjenja h . Dobijeni rezultati analizirani su primenom objektivnih (MSE i NC) i subjektivnih (vizuelni kvalitet) mera kvaliteta.

I. UVOD

Brzi razvoj savremenih informacionih i komunikacionih tehnologija omogućio je brzu i intenzivnu razmenu multimedijalnih sadržaja. Takođe, intenzivan razvoj softverskih paketa omogućava lako i brzo preuzimanje, uređivanje multimedijalnih sadržaja. Ovakva situacija, međutim, pogoduje i zlonamernim korisnicima, što dovodi do problema koji se odnosi na zaštitu autorskih prava [1]. Da bi se rešio problem zaštite autorskih prava i dokazivanja vlasništva multimedijalnih sadržaja (slike, zvuka, videa...) koristi se princip umetanja skrivenih podataka. Umetanje skrivenih digitalnih podataka u multimedijalni sadržaj naziva se watermarking [2], [3]. Insertovani digitalni vodeni žig može biti vidljiv i nevidljiv. Nevidljivi žig je insertovan u sliku tako da ne narušava vizuelne karakteristike slike i da kasnije može biti izdvojen u cilju dokazivanja autorskih prava [2]. Za insertovanje žiga u sliku razvijen je veliki broj algoritama koji je baziran na DCT transformaciji [4], [5] (**engl. Discrete Cosinuse Transform**), DWT transformaciji [6], (**engl. Discrete Wavelet Transform**), Schur dekompoziciji (**engl. Schur Decomposition**, SD) [7] i SVD dekompoziciji [2], [3], [8], [9] (**engl. Singular Value Decomposition**).

Prilikom digitalnog procesiranja moguće je u cilju vizuelizacije ton prevesti u sliku i obratno, sliku prevesti u ton [10] - [13]. Tehnika pretvaranja slike u ton naziva se image to sound (IS) mapping [14] - [17].

Jedan od problema koji se može javiti prilikom digitalnog procesiranja audio signala i prilikom rada u realnom vremenu jeste pojava eho efekta. Eho efekat se javlja usled refleksije

zvuka koji do primaoca stiže sa određenim vremenskim zakašnjenjem [18], [19]. Kao posledica pojave eho efekta na audio signal dolazi do degradacije signala. Audio signal sa insertovanim vodenim žigom usled pojave eha može biti degradiran u tolikoj meri da se insertovani digitalni vodeni žig ne može uspešno ekstrahovati.

Autori ovog rada došli su na ideju da izvrše testiranje algoritma za insertovanje digitalnog žiga tako što će nakon insertovanja žiga u sliku, slika biti IS mapirana u cilju dobijanja audio signala. Nad dobijenim audio signalom primenjen je eho efekat. Eho efekat je simuliran primenom FIR filtra sa vremenom kašnjenja signala T i promenom koeficijenta amplitude signala h_0 i h_1 . Za insertovanje vodenog žiga u sliku korišćen je algoritam baziran na SVD [20] dekompoziciji. Robusnost SVD algoritma testirana je objektivnim (MSE i NC) i subjektivnim (vizuelno testiranje kvaliteta) merama kvaliteta.

Rad je organizovan na sledeći način: SVD algoritam za insertovanje i ekstrakciju digitalnog vodenog žiga i FIR filter za realizaciju eha prikazani su u sekciji II. U sekciji III je opisan eksperiment i prikazani su rezultati. Zaključak je dat u sekciji IV.

II. ALGORITMI

Algoritam za insertovanje i ekstrakciju digitalnog vodenog žiga baziran na SVD [20] dekompoziciji izvršava u sledećim koracima:

Ulaz: X - slika Lena, W - vodeni žig, α - koeficijent insertovanja žiga.

Izlaz: x_w - audio signal sa insertovanim digitalnim vodenim žigom.

Korak 1: Primena SVD dekompozicije na matricu X :

$$X_{M \times N} = U \times S \times V^T \quad (1)$$

gde je $U_{M \times M}$ -leva ortogonalna matrica, $V_{N \times N}$ -desna ortogonalna matrica i $S_{M \times N}$ -dijagonalna matrica.

Korak 2: Insertovanje digitalnog žiga u dijagonalnu matricu S :

$$S_w = S + \alpha \times W \quad (2)$$

Korak 3: Kreiranje slike sa žigom:

$$X_w = U \times S_w \times V^T \quad (3)$$

Korak 4: Kreiranje audio watermarked signala transformisanjem matrice X_w u jednodimenzionalni audio

Bojan P. Prlinčević (autor za kontakte), Visoka tehnička škola strukovnih studija Zvečan, Nušićeva 6, 38227 Zvečan, Srbija (e-mail: b.prlincevic@vts-zvecan.edu.rs).

Zoran N. Milivojević, Akademija tehničko-vaspitačkih studija Niš, A. Medvedeva 20, 18000 Niš, Srbija (e-mail: zoran.milivojevic@vtsnis.edu.rs).

signal, x_w .

Algoritam za ekstrakciju žiga iz audio signala se izvršava u sledećim koracima:

Ulaz: x_w - audio signal sa insertovanim digitalnim vodenim žigom, α - koeficijent insertovanja žiga, U i V - ortogonalne matrice.

Izlaz: W_e - ekstrahovan digitalni vodeni žig.

Korak 1: Transformacija audio signala, x_w , u dvodimenzionalnu matricu X_w^* .

Korak 2: Primena SVD dekompozicije na matricu X_w^* :

$$X_w^* = U_w^* \times S_w^* \times V_w^{*T} \quad (4)$$

Korak 3: Matrica koja sadrži žig dobijena je primenom jednačine:

$$D^* = U_w \times S_w^* \times V_w^T \quad (5)$$

Korak 4: Izdvojeni digitalni vodeni žig dobijen je primenom jednačine:

$$W_e = (D^* - S) / \alpha \quad (6)$$

Efekat eha je realizovan primenom FIR filtra prikazanog na sl. 1. [14].

III. EKSPERIMENTALNI REZULTATI I ANALIZA

A. Eksperiment

Za potrebe testiranja uticaja eha na robusnost ekstrahovanog digitalnog vodenog žiga iz audio signala realizovan je sledeći eksperiment:

Ulaz: X - slika Lena, W - digitalni vodeni žig, α - koeficijent insertovanja žiga.

Izlaz: W_e - ekstrahovan digitalni vodeni žig.

Korak 1: Primenom SVD algoritma insertovan je digitalni vodeni žig u sliku.

Korak 2: Slika sa žigom transformisana je u audio signal.

Korak 3: Primenjen je FIR filter za simulaciju eha na audio signal sa insertovanim vodenim žigom x_w , sa vremenom kašnjenja T_{echo} ($T_{echo} = KL$) i promenom amplitude h_1 , dobijen je signal x_{wecho} .

Korak 4: Iz signala, nad kojim je realizovan eho efekat, x_{wecho} , primenom algoritma prikazanog u sekciji II audio signal je transformisan u sliku X_{wecho} .

Korak 5: Iz slike X_{wecho} ekstrahovan je digitalni vodeni žig.

Korak 6: Izvršena je komparativna analiza ekstrahovanog digitalnog vodenog žiga W_{echo} sa originalnim žigom W primenom objektivnih mera kvaliteta.

Za objektivnu ocenu kvaliteta primenjena je srednja kvadratna greška:

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (W(i, j) - W_{eh}(i, j))^2}{M \times N}, \quad (7)$$

i normalizovani korelacioni koeficijent:

$$NC = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (W(i, j) \cdot W_{eh}(i, j))}{\sqrt{\sum_{j=1}^N (W(i, j))^2} \cdot \sqrt{\sum_{j=1}^N (W_{eh}(i, j))^2}}. \quad (8)$$

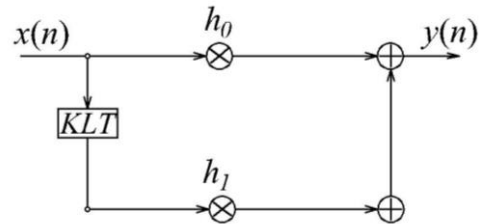
FIR filter za realizaciju eha opisan je diferencnom jednačinom:

$$y(n) = h_0 \cdot x(n) + h_1 \cdot x(n - K \cdot L) \quad (9)$$

gde je h_0 predstavlja pojačanje amplitude originalnog signala, h_1 predstavlja pojačanje amplitude eho signala, $x(n)$ predstavlja audio signal sa insertovanim žigom, KL ($K = 512$, a $L = \{0, 50, 100, 150\}$) predstavlja vreme kašnjenja signala, čija je Z transformacija:

$$H(z) = h_0 + h_1 \cdot z^{-K \cdot L} \quad (10)$$

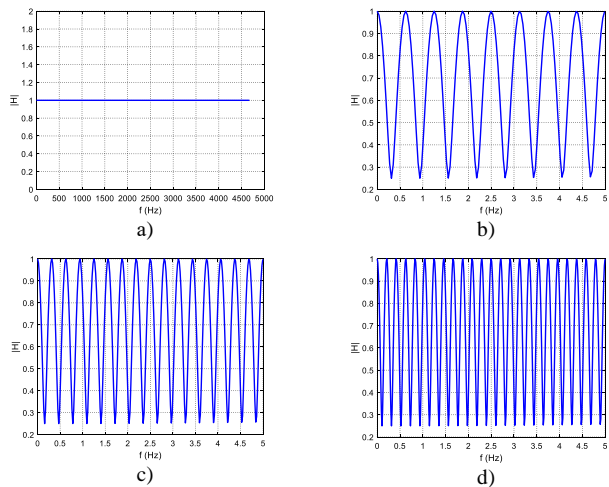
Amplitudska karakteristika $|H|$ računa se u z -ravni na kružnici $r = 1$.



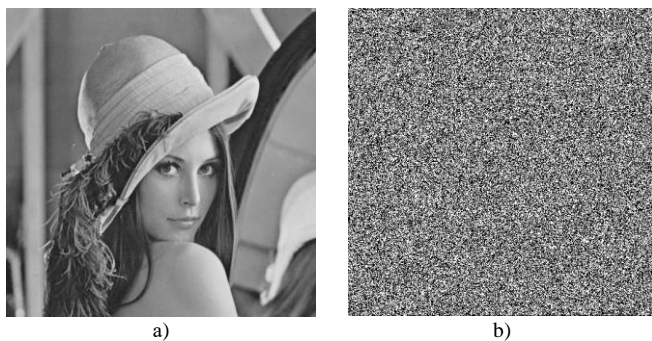
Slika 1. FIR filter za simuliranje eha.

Amplitudske (češljaste) karakteristike FIR filtra prikazane su na slikama: a) sl.2a ($L = 0$, $T_{echo} = 0$ s), b) sl.2b ($L = 50$, $T_{echo} = 1.6$ s), c) sl.2c ($L = 100$, $T_{echo} = 3.2$ s), d) sl.2d ($L = 150$, $T_{echo} = 4.8$ s).

U eksperimentu je korišćena slika Lena (Slika 3.a) u koju je insertovan digitalni vodeni žig dimenzija 512×512 , specijano generisan za potrebe eksperimenta (Slika 3.b). Žig je generisan tako što je metodom slučajnog uzorka generisano 50% crnih i 50% belih piksela. Slika je prevedena u ton. Frekvencijom semplovanja dobijenog audio signala je $F_s = 16$ kHz. Eho efekat je realizovan primenom FIR filtra sa vremenom kašnjenja signala $T_{echo} = \{0, 1.6, 3.2, 4.8\}$ s i koeficijentima promene amplitude signala $h_0 = 1$ i $h_1 = \{0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1\}$. Žig je insertovan primenom SVD algoritma za insertovanje i ekstrakciju digitalnog vodenog žiga, sa koeficijentom insertovanja $\alpha = 0.01$.



Slika 2. Amplitudske (češljaste) karakteristike FIR filtra za: a) $L = 0$ ($T_{echo} = 0$ s), b) $L = 50$ ($T_{echo} = 1.6$ s), c) $L = 100$ ($T_{echo} = 3.2$ s) i d) $L = 150$ ($T_{echo} = 4.8$ s).



Slika 3. Slike korišćene u radu: a) Lena, i b) Žig.

Realizacijom eksperimenta dobijeni su rezultati:

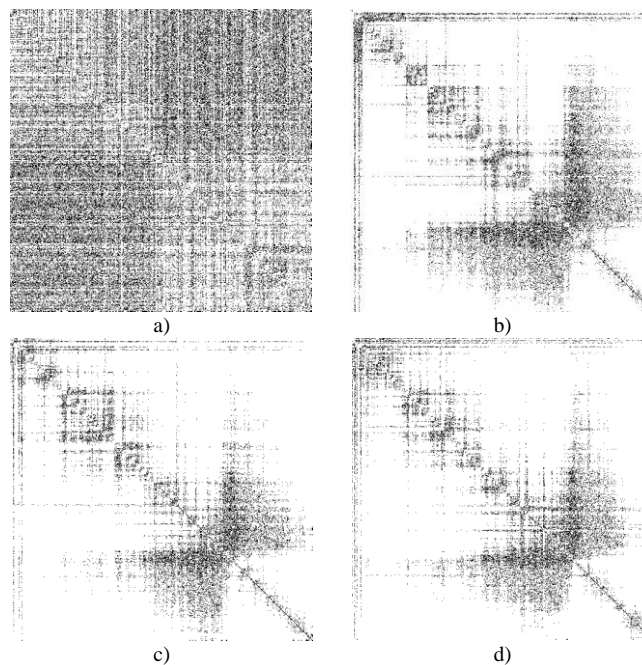
a) na sl. 4. prikazan je izgled slike dobijene iz signala nad kojim je realizovan eho efekat, sa koeficijentom amplitude $h_0 = 1$ $h_1 = 0.6$ i vremenom kašnjenja signala a) $T_{echo} = 0$ s, b) $T_{echo} = 1.6$ s, c) $T_{echo} = 3.2$ s, i d) $T_{echo} = 4.8$ s.

b) na sl. 5. prikazan je izgled ekstrakovanog žiga iz signala nad kojim je realizovan eho efekat, sa koeficijentom amplitude $h_0 = 1$ $h_1 = 0.6$ i vremenom kašnjenja signala a) $T_{echo} = 0$ s, b) $T_{echo} = 1.6$ s, c) $T_{echo} = 3.2$ s, i d) $T_{echo} = 4.8$ s.

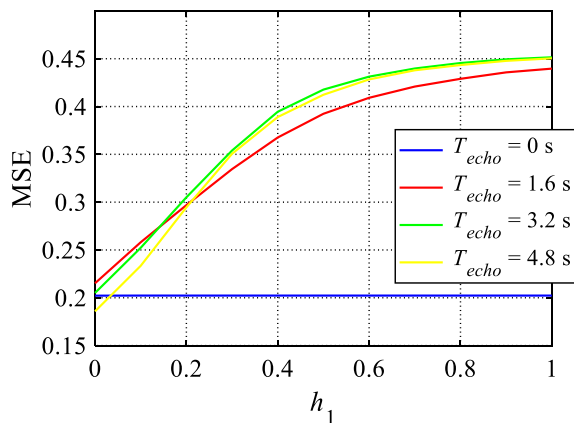
c) na sl. 6. i sl.7. prikazani su dijagrami za MSE i NC za ekstrakovani vodeni žig iz signala nad kojim je realizovan eho efekat.



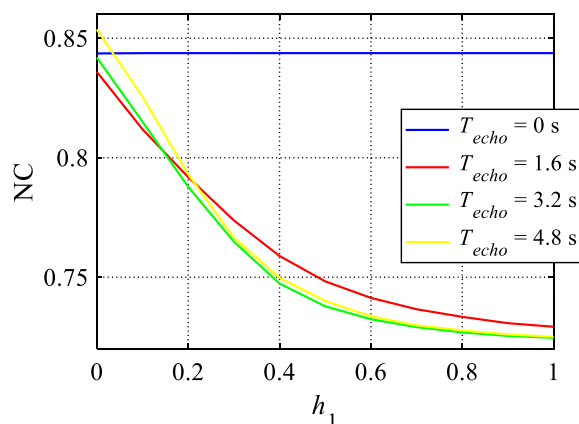
Slika 4. Vizuelni izgled slike nakon primene eho efekta ($h_0 = 1$ i $h_1 = 0.6$) pri: a) $T_{echo} = 0$ s, b) $T_{echo} = 1.6$ s, c) $T_{echo} = 3.2$ s, i d) $T_{echo} = 4.8$ s.



Slika 5. Vizuelni izgled ekstrakovanog žiga ($\alpha = 0.01$) nakon eho efekta ($h_0 = 1$ i $h_1 = 0.6$) pri: a) $T_{echo} = 0$ s, b) $T_{echo} = 1.6$ s, c) $T_{echo} = 3.2$ s, i d) $T_{echo} = 4.8$ s.



Slika 6. Dijagram MSE ekstrakovanog žiga ($\alpha = 0.01$).



Slika 7. Dijagram NC ekstrakovanog žiga ($\alpha = 0.01$).

B. Analiza rezultata

Subjektivnom komparativnom analizom vizuelnog kvaliteta ekstrakovanog žiga prikazanog na slici 5. (koeficijent insertovanja $\alpha = 0.01$) može se zaključiti da primena eho efekta na watermarked audio signal dovodi do značajnih vidljivih degradacija žiga, koje zavise od vremena kašnjenja signala T_{echo} i od promene koeficijenta amplitude signala kašnjenja h_1 . Sa povećanjem vremena i koeficijenta amplitude signala kašnjenja vizuelni kvalitet ekstrakovanog žiga opada.

Objektivna analiza sprovedena je na osnovu rezultata MSE prikazanih na sl.6. i NC prikazanih na sl.7. Komparativnom analizom rezultata zaključuje se da nakon primene eho efekta sa povećanjem vremena kašnjenja signala T_{echo} MSE raste, kvalitet ekstrakovanog žiga opada. Takođe, sa porastom koeficijenta amplitude signala kašnjenja h_1 kvalitet ekstrakovanog žiga opada, MSE raste. Na osnovu rezultata (NC) prikazanih na sl.7. može se zaključiti da nakon primene eho efekta sa povećanjem vremena kašnjenja signala T_{echo} NC opada, kvalitet ekstrakovanog žiga opada. Takođe, sa porastom koeficijenta amplitude signala kašnjenja h_1 , NC opada, kvalitet ekstrakovanog žiga opada.

IV. ZAKLJUČAK

U ovom radu analizirana je robusnost SVD algoritma za insertovanje digitalnog vodenog žiga kod IS mapiranja u prisustvu eha. Eho efekat je realizovan primenom FIR filtra sa vremenom kašnjenja signala $T_{echo} = \{0, 1.6, 3.2, 4.8\}$ s i promenom amplitude kašnjenja signala $h_0 = 1$ i $h_1 = \{0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1\}$. Žig je insertovan primenom SVD algoritma, sa koeficijentom insertovanja $\alpha = 0.01$. Nakon detaljne objektivne (MSE i NC) i subjektivne (vizuelni kvalitet) analize ekstrakovanog

vodenog žiga, utvrđeno je da kvalitet ekstrakovanog žiga direktno zavisi od vremena kašnjenja signala T_{echo} i od promene koeficijenta amplitude eho signala h_1 .

LITERATURA

- [1] X. Qi, T. Gao, "Invisible and robust watermarking algorithm based on an image block", *J. Image Graph.* Vol.22 (6), pp. 719–730, 2017.
- [2] R. Liu, T. Tan, "A SVD based watermarking scheme for protecting rightful ownership", *IEEE Trans. Multimedia* 4 (1) pp. 121–128, 2002.
- [3] W. Al-Nuaimy, M. A.M. El-Bendary et al., "An SVD audio watermarking approach using chaotic encrypted images" *Digital Signal Processing* No 21, p.p 76–779, 2011.
- [4] W. Chu, "DCT-based image watermarking using subsampling", *IEEE Trans. Multimedia* 5 (1), pp. 34–38, 2003.
- [5] A. Reddy, B. Chatterji, "A new wavelet based log-watermarking scheme", *Pattern Recognition Lett.* 26(may 2005) 1019–1027.
- [6] P. Kumsawat, K. Attakitmongkol, A. Srikaew, "Multi wavelet-based image watermarking using genetic algorithm", *Proceedings of the IEEE TENCON Conference*, november 2004, pp.275–278.
- [7] Q. Su, Y. Niu, X. Liu, Y. Zhu, "Embedding color watermarks in color images based on Schur decomposition", *Optics Communications*, 285 p.p. 1792–1802, 2012.
- [8] L. De Lathauwer, B. De Moor, J. Vandewalle, "A Multilinear Singular Value Decomposition", *SIAM J. on Matrix Analysis and Applications*, vol. 21, no. 4, pp. 1253–1278, 2000.
- [9] R. Sun, H. Sun, T. Yao, "A SVD and quantization based semi-fragile watermarking technique for image authentication", *Int. Conf. on Signal processing*, vol. 2, pp. 1592–1595, 2002.
- [10] H. Tachibana, N. Ono, S. Sagayama, "Singing voice enhancement in monaural music signals based on two-stage harmonic/percussive sound separation on multiple resolution spectrograms". *IEEE Trans Audio Speech Lang Process* 2014;22(1):228–37.
- [11] Z. Goh, K.-C. Tan, B.T.G. Tan. "Postprocessing method for suppressing musical noise generated by spectral subtraction". *IEEE Trans Speech Audio Process* 1998;6 (3):287–92.
- [12] J. Dennis, HDZ. Tran, ES. Chng "Analysis of spectrogram image methods for sound event classification". In: *Proc of INTERSPEECH* 2014. p. 2533–7.
- [13] K. Arata, "On sound signal processing in image to sound mapping technique", *Applied Acoustic*, Vol. 117, pp. 1–11, 2017.
- [14] M. Slaney "Auditory model inversion for sound separation". In: *Proc of ICASSP* 1994. p. 77–80.
- [15] M. Slaney "Auditory model inversion for sound separation". In: *Proc of ICASSP* 1994. p. 77–80.
- [16] PBL. Meijer "An experimental system for auditory image representations". *IEEE Trans Biomed Eng* 1992;39(2):112–21
- [17] A. Haigh, DJ. Brown, P. Meijer, MJ. Proulx. "How well do you see what you hear? The acuity of visual-to-audio sensory substitution". *Front Psychol* 2013;4:1–13.
- [18] W. Shuping, T. Jiancheng, Q. Xiaojun, CH. Jiachun, " Effects of periodically corrugated surfaces on sound scattering", *Journal of Sound and Vibration* Vol. 436 pp. 1–14, 2018.
- [19] V. Michael, E. Mommertz, "Definition and measurement of random-incidence scattering coefficients", *Applied Acoustics* Vol. 60, pp. 187–199, 2000.
- [20] B. Prlinčević, Z. Milivojević, S. Panić, Z. Veličković, „Performance of the SVDU Watermarking Algorithm”, 7th ICIST Kopaonik 2017, Vol. 1. pp. 266–270, 2017.

Komparativna analiza algoritama za korekciju kontrasta slika u boji

Nataša Savić, Zoran Milivojević

Sadržaj—U prvom delu rada opisani su algoritmi za korekciju kontrasta slike u boji. U drugom delu rada opisan je eksperiment u kojem je vršeno testiranje efikasnosti algoritama za promenu kontrasta kod test slika u boji. Rezultati su prikazani pomoću slika i tabelarno. Izvršena je komparativna analiza rezultata i pokazano je da THE algoritam generše slike sa najvećim kontrastom.

I. UVOD

Poboljšanje kontrasta (engl. *contrast enhancement*) ima važnu ulogu u popravci vizuelnog kvaliteta slike i digitalnom procesiranju slika. Nepovoljni uslovi snimanja, kao i neadekvatni uređaji za snimanje, mogu dovesti do smanjenog kontrasta što utiče na vizuelni izgled digitalne slike [1]. Metode poboljšanja kontrasta mogu se podeliti u dve grupe: a) direktne [2] i b) indirektno [3]. Kod direktnih metoda se pomoću mera kontrasta procenjuje intenzitet kontrasta, i nakon toga vrši korekcija kontrasta. Međutim, kod slika sa složenom kontrastnom strukturom teško je odrediti meru kontrasta i, samim tim, izvršiti adekvatnu korekciju kontrasta. Kod indirektnih metoda korekcija se bazira na modifikaciji histograma [4].

U ovom radu prikazani su eksperimentalni rezultati primene algoritama za korekciju kontrasta modifikacijom histograma, i to: a) TGC (engl. *Transform-based Gamma Corection*), b) THE (engl. *Traditional Histogram Equalization*) i c) AGC (engl. *Adaptive Gamma Correction*) [5]. Formirana je baza test slika u boji od standardnih test slika. Korekcija kontrasta slike u boji vršena je u HSV (engl. *Hue-Saturation-Value*) prostoru boja promenom vrednosti V komponente koja nosi podatke o luminansi. Efekat dejstva algoritama meren je pomoću: a) objektivnih mera MSE (engl. *Mean-Square Error*), PSNR (engl. *Peak Signal-to-Noise Ratio*), AMBE (engl. *Absolute Mean Brightness Error*) SSIM (engl. *Structural SIMilarity*), i RMS (engl. *Root Mean Square*), b) mera za procenu kontrasta: EME (engl. *Measure of Enhancement*), entropija Ek i EBCM (engl. *Edge-Based Contrast Measur*) i c) vizuelne kontrole slike. Izvršena je komparativna analiza rezultata i ukazano na algoritam sa najvećim dejstvom na promenu kontrasta.

Organizacija rada je sledeća: U sekciji II opisani su algoritmi promene kontrasta. U sekciji III opisan je

eksperiment i izvršena analiza rezultata.

II. ALGORITMI ZA PROMENU KONTRASTA

A. TGC algoritam

TGC algoritam [5] zasniva se na primeni γ -transformacije nad svakim pikselom slike. Intenzitet l svakog piksela modifikuje se sa:

$$T(l) = l_{\max} \left(\frac{l}{l_{\max}} \right)^{\gamma}, \quad (1)$$

gde je l_{\max} , maksimalna vrednost luminanse ulazne slike, a γ parametar transformacije.

B. THE algoritam

THE algoritam [5] bazira se na primeni kumulativne distribucije. Transformacija intenziteta l svakog piksela primenom THE algoritma, realizuje se sa:

$$T(l) = cdf(l) \cdot l_{\max}. \quad (2)$$

Kumulativna distribucija $cdf(l)$ luminanse l , definisana je sa:

$$cdf(l) = \sum_{k=0}^l pdf(k), \quad (3)$$

gde je pdf funkcija gustine verovatnoće:

$$pdf(l) = n_l / (M \cdot N). \quad (4)$$

Dimenzije slike su $M \cdot N$, a n_l je broj piksela sa intenzitetom l .

C. AGC algoritam

AGC algoritmom [5], [6] vrši se prilagođavanje korekcionog parametra γ za konkretnu sliku, analizom funkcije kumulativne distribucije gustine verovatnoće raspodele luminanse l i, nakon toga, primenom γ -transformacije. Transformacija intenziteta piksela realizuje se sa:

$$T(l) = l_{\max} \left(\frac{l}{l_{\max}} \right)^{\gamma} = l_{\max} \left(\frac{l}{l_{\max}} \right)^{1-cdf(l)}. \quad (5)$$

III. EKSPERIMENTALNI REZULTATI I ANALIZA

A. Eksperiment

U cilju testiranja efikasnosti opisanih algoritama za

Nataša Savić, Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija, Aleksandra Medvedeva 20, Niš, Srbija, (natasa.savic@vtsnis.edu.rs)

Zoran Milivojević, Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija, Aleksandra Medvedeva 20, Niš, Srbija, (zoran.milivojevic@vtsnis.edu.rs)

korekciju kontrasta slika u boji realizovan je eksperiment. Najpre je formirana baza test slika u boji od standardnih test slika. Nakon toga, izvršena je konverzija RGB sistema u HSV sistem (prostor) boja. Korekcija kontrasta vršena je nad V komponentom slike, koja predstavlja luminansu slike. Korekcija kontrasta vršena je: a) TGC ($\gamma = 0.75$), b) THE i c) AGC algoritmima. Efekat dejstva algoritama određen je upoređivanjem originalnih i transformisanih V komponenta slika pomoću objektivnih mera MSE, PSNR, AMBE, SSIM i RMS. Pomoću mera EME, Ek i EBCM izračunata je mera kontrasta originalnih i transformisanih slika. Komparativnom analizom određen je algoritam sa najboljim efektom na promenu kontrasta slike u boji.

B. Baza slika

Bazu slika čine standardne test slike u boji: *Peppers*, *Fruits*, *Tulips*, *Pills*, *Sails*, *Cat*, *Baboon*, *Girl*, *Watch*.

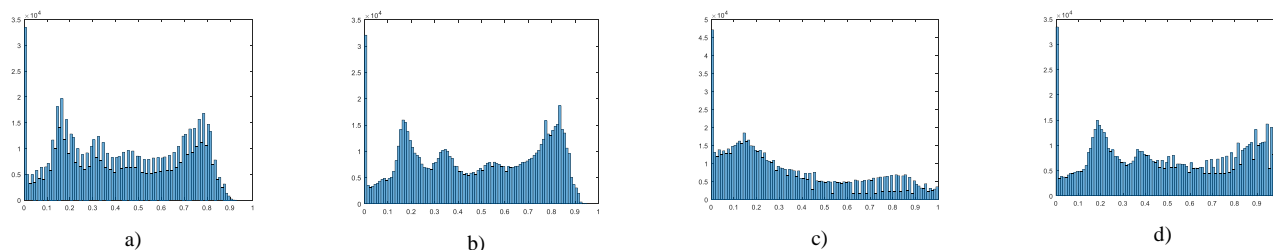
C. Rezultati

Na Sl. 1 prikazane su test slika Peppers (Sl. 1.a) i slike

nakon transformacije: a) TGC (Sl. 1.b), b) THE (Sl. 1.c) i c) AGC (Sl. 1.d) algoritmima. Na Sl. 2. prikazani su histogrami V komponente test slike Peppers (Sl. 2.a) i V komponente slike nakon transformacije: a) TGC (Sl. 2.b), b) THE (Sl. 2.c) i c) AGC (Sl. 2.d) algoritmima. Funkcije transformacije za: a) linearnu funkciju (ID - identičnost), kod koje nema promene nakon transformacije, b) TGC sa $\gamma = 0.75$ i $\gamma = 4/3$, v) THE i g) AGC algoritam prikazane su na Sl. 3. U tabeli I prikazane su vrednosti objektivnih mera kvaliteta (MSE, PSNR, AMBE, SSIM i RMS) transformisanih V komponenta u odnosu na originalne V komponente. U tabeli II prikazane su vrednosti kontrasta V komponenti pre i nakon primene algoritama transformacije izražene pomoću mera kontrasta EME, Ek i EBCM. U tabeli III su prikazane srednje vrednosti objektivnih mera kvaliteta za sve transformisane slike. U tabeli IV prikazane su srednje vrednosti mera kontrasta za sve transformisane slike.



Slika 1. Test slika: a) Peppers i slike nakon korekcije b) TGC, c) THE i d) AGC algoritmima.



Slika 2. Histogrami a) test slike Peppers i slike nakon korekcije b) TGC, c) THE i d) AGC algoritmima.

TABELA I
OBJEKTIVNE MERE KVALITETA TRANSFORMISANIH V KOMPONENTI U ODNOSU NA ORIGINALNU V KOMPONENTU

		MSE	PSNR	AMBE	SSIM	RMS
S_1 Peppers	$S_{1,TGC}$	0.0050	23.0186	0.0671	0.9816	0.0706
	$S_{1,THE}$	0.0410	13.8695	0.1462	0.6617	0.2025
	$S_{1,AGC}$	0.0147	18.3252	0.1128	0.9678	0.1213
S_2 Fruits	$S_{2,TGC}$	0.0038	24.2095	0.0535	0.9872	0.0616
	$S_{2,THE}$	0.0691	11.6064	0.2267	0.6858	0.2628
	$S_{2,AGC}$	0.0075	21.2223	0.0739	0.9472	0.0869
S_3 Tulips	$S_{3,TGC}$	0.0059	22.2939	0.0700	0.9546	0.0768
	$S_{3,THE}$	0.0021	26.7901	0.0193	0.8682	0.0458
	$S_{3,AGC}$	0.0172	17.6397	0.1158	0.9199	0.1312

S_4 Pills	$S_{4,TGC}$	0.0057	22.4488	0.0706	0.9765	0.0754
	$S_{4,THE}$	0.0164	17.8541	0.0977	0.8466	0.1280
	$S_{4,AGC}$	0.0153	18.1499	0.1154	0.9631	0.1237
S_5 Sails	$S_{5,TGC}$	0.0076	21.1751	0.0847	0.9784	0.0873
	$S_{5,THE}$	0.0211	16.7563	0.0388	0.7197	0.1453
	$S_{5,AGC}$	0.0301	15.2124	0.1566	0.8297	0.1735
S_6 Cat	$S_{6,TGC}$	0.0050	23.0330	0.0626	0.9754	0.0705
	$S_{6,THE}$	0.0249	16.0338	0.1425	0.8560	0.1579
	$S_{6,AGC}$	0.0103	19.8673	0.0917	0.9494	0.1015
S_7 Baboon	$S_{7,TGC}$	0.0059	22.2734	0.0704	0.9774	0.0770
	$S_{7,THE}$	0.0192	17.1689	0.1150	0.8682	0.1385
	$S_{7,AGC}$	0.0149	18.2583	0.1099	0.9022	0.1222
S_8 Girl	$S_{8,TGC}$	0.0063	21.9956	0.0692	0.9558	0.0795
	$S_{8,THE}$	0.0038	24.2459	0.0023	0.9254	0.0613
	$S_{8,AGC}$	0.0195	17.0961	0.1104	0.9126	0.1397
S_9 Watch	$S_{9,TGC}$	0.0089	20.5298	0.0930	0.9376	0.0941
	$S_{9,THE}$	0.0540	12.6732	0.1963	0.8290	0.2325
	$S_{9,AGC}$	0.0703	11.5318	0.2251	0.8119	0.2651

TABELA II
MERE KONTRASTA TEST SLIKA I TRANSFORMISANIH SLIKA

		EME	Ek	EBCM
S_1 Peppers	S_1	26.8485	7.2142	0.0227
	$S_{1,TGC}$	19.6304	6.8993	0.0170
	$S_{1,THE}$	36.6300	7.0046	0.0599
	$S_{1,AGC}$	22.9134	7.0387	0.0243
S_2 Fruits	S_2	16.0776	7.0055	0.0174
	$S_{2,TGC}$	10.9508	6.6923	0.0131
	$S_{2,THE}$	32.5375	6.7729	0.0516
	$S_{2,AGC}$	14.4136	6.4780	0.0181
S_3 Tulips	S_3	28.9622	7.5209	0.0296
	$S_{3,TGC}$	29.1421	7.3159	0.0220
	$S_{3,THE}$	29.1721	7.2857	0.0452
	$S_{3,AGC}$	26.2189	7.1419	0.0287
S_4 Pills	S_4	32.2362	7.5914	0.0200
	$S_{4,TGC}$	27.8037	7.3219	0.0148
	$S_{4,THE}$	35.3159	7.4098	0.0406
	$S_{4,AGC}$	27.9620	7.2468	0.0203
S_5 Sails	S_5	70.6816	7.1108	0.0370
	$S_{5,TGC}$	60.1131	6.8912	0.0277
	$S_{5,THE}$	70.1419	6.9752	0.1252
	$S_{5,AGC}$	66.2593	6.7615	0.0478
S_6 Cat	S_6	43.2227	7.7722	0.0322
	$S_{6,TGC}$	36.6356	7.4741	0.0238
	$S_{6,THE}$	43.8035	7.5923	0.0598
	$S_{6,AGC}$	38.0957	7.1724	0.0325
S_7 Baboon	S_7	60.2666	7.6798	0.0591
	$S_{7,TGC}$	51.2208	7.3954	0.0446
	$S_{7,THE}$	62.0288	7.5456	0.1335
	$S_{7,AGC}$	53.8053	7.1126	0.0631
S_8 Girl	S_8	21.5118	7.3332	0.0294
	$S_{8,TGC}$	23.2507	7.1902	0.0220
	$S_{8,THE}$	23.0109	7.1010	0.0403
	$S_{8,AGC}$	20.1776	6.9015	0.0295
S_9 Watch	S_9	14.4811	7.1187	0.0337
	$S_{9,TGC}$	27.4107	7.0334	0.0259
	$S_{9,THE}$	30.6412	6.9995	0.0431
	$S_{9,AGC}$	29.9741	6.9862	0.0403

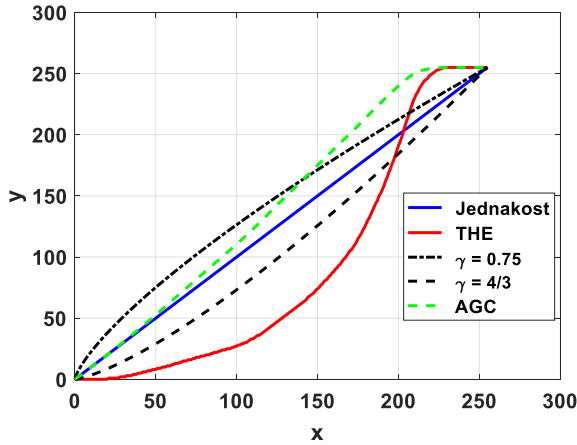
TABELA III

SREDNJE VREDNOSTI OBJEKTIVNIH MERA KVALITETA TRANSFORMISANIH V KOMPONENTI TEST SLIKA U ODNOSU NA ORIGINALNU V KOMPONENTU

	Srednje vrednosti objektivnih mera				
	MSE	PSNR	AMBE	SSIM	RMS
TGC	0.0060	22.3309	0.0712	0.9694	0.0770
THE	0.0280	17.4442	0.1094	0.8067	0.1527
AGC	0.0222	17.4781	0.1235	0.9115	0.1406

TABELA IV
SREDNJE VREDNOSTI MERA KONTRASTA V KOMPONENTI

	Srednje vrednosti mera kontrasta		
	EME	Ek	EBCM
S	34.9209	7.3719	0.0312
TGC	31.7953	7.1349	0.0234
THE	40.3646	7.1874	0.0666
AGC	33.3133	6.9822	0.0338



Slika 3. Funkcije transformacije kod slike Peppers za a) ID (identičnost), b) TGC za $\gamma = 0.75$ i $\gamma = 4/3$, c) THE i d) AGC algoritam.

D. Analiza rezultata

Na osnovu rezultata prikazanih u tabelama I - IV zaključuje se da su najveće promene transformisanih slika dobijene primenom THE algoritma. Objektivne mere kod slika dobijenih THE algoritmom u odnosu na TGC i AGC algoritam su:

a) $MSE_{THE} / MSE_{TGC} = 0.0280 / 0.0060 = 4.67$ i $MSE_{THE} / MSE_{AGC} = 0.0280 / 0.0222 = 1.26$ puta veće,

b) $PSNR_{THE} / PSNR_{TGC} = 17.4442 / 22.3309 = 0.78$ i $PSNR_{THE} / PSNR_{AGC} = 17.4442 / 17.4781 = 0.0001$ puta manje,

c) $AMBE_{THE} / AMBE_{TGC} = 0.1094 / 0.0712 = 1.54$ puta veće, $AMBE_{THE} / AMBE_{AGC} = 0.1094 / 0.1235 = 0.89$ puta manje,

d) $SSIM_{THE} / SSIM_{TGC} = 0.8067 / 0.9694 = 0.83$ i $SSIM_{THE} / SSIM_{AGC} = 0.8067 / 0.9115 = 0.89$ puta manje

e) $RMS_{THE} / RMS_{TGC} = 0.1527 / 0.077 = 1.98$ i $RMS_{THE} / RMS_{AGC} = 0.1527 / 0.1406 = 1.09$ puta veće.

Mere kontrasta kod slika dobijenih THE algoritmom u odnosu na TGC i AGC algoritam su:

a) $EME_{THE} / EME_{TGC} = 40.3646 / 31.7953 = 1.27$ i $EME_{THE} / EME_{AGC} = 40.3646 / 33.313 = 1.21$ puta veće,

b) $Ek_{THE} / Ek_{TGC} = 7.1874 / 7.1349 = 1.01$ i $Ek_{THE} / Ek_{AGC} = 7.1874 / 6.9822 = 1.03$ puta veće,

c) $EBCM_{THE} / EBCM_{TGC} = 0.0666 / 0.0234 = 2.84$ i, $EBCM_{THE} / EBCM_{AGC} = 0.0666 / 0.0338 = 1.97$ puta veće.

Vizuelnim pregledom originalne i transformisane slike (Sl. 1) uočava se da se primenom algoritma THE postiže najveća promena kontrasta, što se zaključuje i na osnovu odgovarajućeg histograma (Sl. 2.c) gde je veća ravnomernost raspodele intenziteta piksela u odnosu na raspodelu kod originalne slike (Sl. 2.a).

Na osnovu prethodne analize zaključuje se da je popravka kontrasta kod slika u boji najveća kod primene THE algoritma.

LITERATURA

- [1] T. Arici, S. Dikbas, and Y. Altunbasak, "A histogram modification framework and its application for image contrast enhancement," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 18, no. 9, pp. 1921-1935, Sep. 2009.
- [2] J. Tang, X. Liu, and Q. Sun, "A direct image contrast enhancement algorithm in the wavelet domain for screening mammograms," *IEEE J. Sel. Topics Signal Process.*, vol. 3, no. 1, pp. 74-80, 2009.
- [3] R. Sherrier and G. Johnson, "Regionally adaptive histogram equalization of the chest," *IEEE Trans. Med. Imag.*, vol. MI-6, no. 1, pp. 1-7, Jan. 1987.
- [4] Y.-S. Chiu, F.-C. Cheng, and S.-C. Huang, "Efficient contrast enhancement using adaptive gamma correction and cumulative intensity distribution," in *Proc. IEEE Conf. Syst. Man Cybern.*, Oct. 2011, pp. 2946-2950.
- [5] S.-C. Huang, F.-C. Cheng, and Y.-S. Chiu, "Efficient contrast enhancement using adaptive gamma correction with weighting distribution," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 22, no. 3, pp. 1032-1041, March. 2013.
- [6] N. Savić, Z. Milivojević, "Komparativna analiza algoritama za povećanje kontrasta slika," *Međunarodna konferencija Upravljanje znanjem i informatika*, Januar 2020.

Softverski sistem za predikciju sekvence brojeva zasnovan na UN modelu predviđanja

Siniša Vlajić, Tatjana Stojanović, Miloš Milić, Vojislav Stanojević
 Fakultet organizacionih nauka, Beograd, Srbija

Sadržaj — U ovom radu je opisan sopstveni softverski sistem za predviđanja sekvence brojeva, koji je zasnovan na modelu predviđanja koji se trenira Uređenim Nizovima (UN model predviđanja). U našem modelu uređeni nizovi su aritmetički, geometrijski i harmonijski niz. UN model predviđanja na osnovu ulazne sekvence brojeva (niz brojeva) generiše algebarsku formulu, na osnovu koje se predviđa buduća sekvenca brojeva. U prvom delu rada je opisan UN model predviđanja sekvence brojeva. U drugom delu rada data je struktura softverskog sistema za predikciju sekvence brojeva. U trećem delu je detaljno objašnjen proces generisanja formule na osnovu ulazne sekvence brojeva. U četvrtom delu je dat studijski primer generisanja formule na osnovu ulazne sekvence brojeva. U petom delu su dati rezultati testiranja UN modela predviđanja.

Gljučne reči — Predikcija sekvence brojeva, UN model predviđanja

I. UVOD

Predikcija sekvence se primenjuje u različitim domenima kao što su predviđanja kretanja akcija na berzi, prognoza vremenskih prilika, praćenje trendova kod potražnje potrošača za određenim proizvodima [1,2,3]. Pod predikcijom sekvence se podrazumeva predviđanje elemenata sekvence na osnovu predhodnih elemenata [4]. Kada se razvija sistem za predikciju sekvenci potrebno je napraviti odgovarajući model predikcije. Model predikcije se trenira sa skupom trening sekvenci, kako bi mogao da se koristi u predviđanju budućih sekvenci. Postoje brojni modeli predikcije kao što su predikcija pomoću parcijalnog uparivanja [5], Markovljev model predviđanja [1], model grafova zavisnosti [2], model acikličnih grafova usmerenih tranzicijom [6] i mnogi drugi.

Pored toga postoje i algoritmi mašinskog učenja koji se koriste za predviđanje sekvenci [7,3]. U ovom radu je opisan sopstveni softverski sistem za predviđanja sekvence brojeva, koji je zasnovan na modelu predviđanja koji se trenira Uređenim Nizovima (UN model predviđanja), kao što su npr. aritmetički niz, geometrijski niz i harmonijski niz. Preciznije rečeno, UN model predviđanja se trenira sa bilo kojim uređenim nizom koji se može opisati algebarskom formulom. UN model predviđanja na osnovu ulazne sekvence brojeva (niz brojeva) generiše algebarsku formulu, na osnovu koje se predviđa buduća sekvenca brojeva.

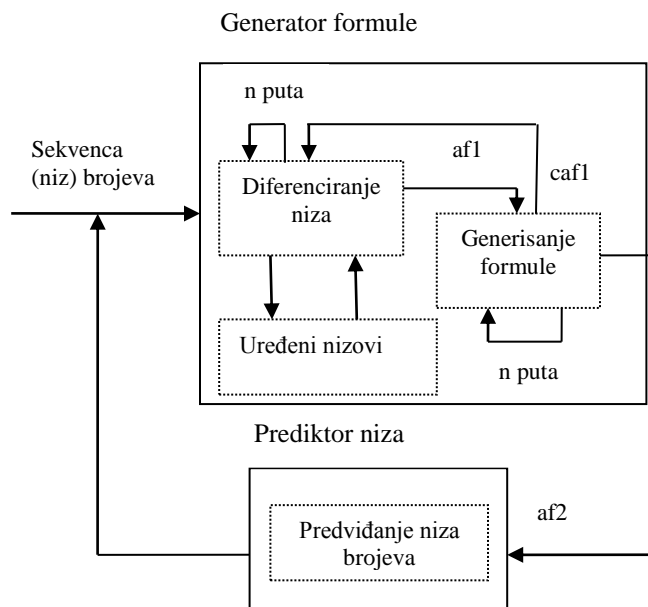
II. UN MODEL PREDVIĐANJA

UN model predviđanja se može predstaviti preko slike 1. UN model predviđanja sekvence (niza) brojeva sastoji se iz dve komponente, generatora formule i prediktora sekvence brojeva. Generator formule, na osnovu ulazne

sekvence brojeva, generiše formulu. Prediktor sekvence brojeva, pomoću formule, predviđa novu sekvencu brojeva.

Generisanje formule je proces kojim se vrši diferencijacija ulazne sekvence brojeva, dok se ne generiše sekvenca koja je uređena. To znači da se diferencijacija sekvence brojeva može uraditi jednom ili više puta (n), dok se ne generiše uređena sekvenca. Sekvenca je uređena, ukoliko se može opisati preko algebarske formule ($af1$) koja reprezentuje aritmetički, geometrijski ili harmonijski niz.

Nakon toga se vrši generisanje algebarske formule $af2$ na osnovu $af1$, odnosno vrši se, n puta, integraljenje $af1$ i generisanje algebarske formule konstante ($caf1$) integracije $af1$ (rekurzivni proces).



Slika 1. UN model predviđanja

III. STRUKTURA SOFTVERSKOG SISTEMA ZA PREDIKCIJU SEKVENCE BROJEVA

Struktura softverskog sistema za predikciju sekvence brojeva (niza brojeva) zasnovana na UN modelu predviđanja data je na slici 2. Struktura softverskog sistema za predikciju sekvence brojeva sastoji se iz dve glavne klase: *GeneratoraFormule* i *PrediktorNiza*.

Klasa *GeneratorFormule* sadrži metodu *procesGenerisanjaFormule()*, koja generiše formulu ($af2$) na osnovu ulaznog niza brojeva (niz). Pre generisanja formule određuje se uređeni niz na kome će biti zasnovan proces generisanja formule.

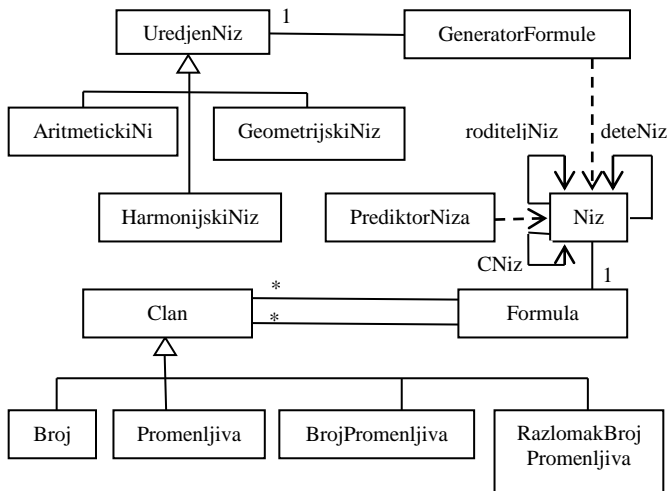
```
public class GeneratorFormule {
    static UredjenNiz un;
    static String procesGenerisanjaFormule(Niz niz) {...}}

```

Klasa *PrediktorNiza* sadrži metodu *procesPredikcijeNiza()*, koja upoređuje vrednosti dobijene iz formule koja je generisana na osnovu ulaznog niza brojeva (*niz*) i očekivane vrednosti niza brojeva.

```
public class PrediktorNiza {
    static String procesPredikcijeNiza(Niz niz, double ocekivNiz[]) {...}}

```



Slika 2. Struktura softverskog sistema za predikciju sekvence brojeva

Klasa *Niz* sadrži niz vrednosti elemenata niza (*niz*) kao i hijerarhijsku strukturu preko koje je *Niz* povezan sa dete nizom i roditelj nizom. Preko navedene hijerarhijske strukture je omogućen proces generisanja formule u više iteracija, prolaskom kroz hijerarhiju od njegovog dna (*niz* koji je uređen) do vrha hijerarhije (početni niz). Pored toga klasa *Niz* sadrži formulu (*formula*) koja se generiše za date vrednosti elemenata niza (*niz*) i niz konstante integraljenja (*CNiz*).

```
public class Niz
{ double niz[]; // Vrednosti elemenata niza
  Niz deteNiz; // Dete niz
  Niz roditeljNiz; // Roditelj niz
  Niz CNiz; // Niz konstante integraljenja
  Formula formula;
  ... }

```

Apstraktna klasa *UredjenNiz* sadrži metode preko kojih se:

- proverava da li je niz uredjen,
- generiše formulu na osnovu ulaznog niza i
- generiše novi niz diferenciranjem ulaznog niza.

Iz navedene apstraktne klase su izvedene klase *AritmetickiNiz*, *GeometrijskiNiz* i *HarmonijskiNiz*. Za svaku od izvedenih klase je dat potpis metode i opis šta metoda radi.

```
abstract class UredjenNiz
{ ...
  abstract boolean daLiJeNizUredjen(Niz n);
  abstract Formula generisiFormulu(Niz niz);
  // Generiše se novi niz od razlike susednih članova niza
  // (diferenciranje).
  Niz generisiNoviNiz(Niz n){... }
}

```

```
class AritmetickiNiz extends UredjenNiz
{ // Provera da li je razlika susednih članova niza ista.
  boolean daLiJeNizUredjen(Niz n) {...}
  // Generiše se formula u obliku: Niz[x]=a+b*x, gde su a,b ∈
  // double, x je promenljiva.
  Formula generisiFormulu(Niz niz){...}
}

```

```
class GeometrijskiNiz extends UredjenNiz
{ // Provera da li je količnik susednih članova niza isti.
  boolean daLiJeNizUredjen(Niz n) {...}
  // Generiše se formula u obliku: Niz[x]=a* b^x, gde su a,b ∈ double,
  // x je promenljiva.
  Formula generisiFormulu(Niz niz){...}
}

```

```
class HarmonijskiNiz extends UredjenNiz
{ // Provera da li je vrednost imenioca srednjeg člana jednaka
  //srednjoj vrednosti imenioca susednih članova.
  boolean daLiJeNizUredjen(Niz n) {...}
  // Generiše se formula u obliku: Niz[x]=1/(p+x*p1), gde su p,p1 ∈
  // double, x je promenljiva.
  Formula generisiFormulu(Niz niz){...}
}

```

Klasa *Formula* sastoji se iz formula koje su u dužem i skraćenom obliku. Svaka od formula se sastoji od skupa članova (*Clan*).

```
public class Formula
{
  List<Clan> formulaDuziOblik = new ArrayList<Clan>();
  List<Clan> formulaKraciOblik = new ArrayList<Clan>();
}

```

Apstraktna klasa *Clan* sadrži zajedničke atribute (*imenilac*, *brojilac* i *stepen*) i apstraktne metode koje nasleđuju izvedene klase *Broj*, *promenljiva*, *BrojPromenljiva* i *RazlomakBrojPromenljiva*.

```
abstract class Clan
{ double a; // brojilac
  double b; // imenilac
  double s; // stepen
  abstract Clan kreiraj(Clan c);
  abstract Clan Integral();
  abstract boolean saberi(Clan cl);
  abstract void prikaziClan();
  abstract double vratiVrednost(int i);
}

```

IV. PRIMER GENERISANJA FORMULE

Algebarska formula za dati niz (*Niz*): 3,6,13,25,43,68, u čijoj osnovi je aritmetički niz, se generiše na sledeći način.

a) Proverava se da li je niz aritmetički. Niz je aritmetički ukoliko je razlika između bilo koja dva susedna člana ista. Razlika susednih članova (diferenciranje) niza je: 3,7,12,18,25. Niz nije aritmetički. Na osnovu datog niza obrazuje se novi niz (*Niz1*): 3,7,12,18,25.

b) Proverava se da li je *Niz1* aritmetički. Razlika susednih članova niza je: 4,5,6,7. *Niz1* nije aritmetički. Na osnovu datog niza obrazuje se novi niz (*Niz2*): 4,5,6,7.

c) Proverava se da li je *Niz2* aritmetički. Razlika susednih članova niza je: 1,1,1. *Niz2* je aritmetički i njegova algebarska formula je: **Niz2[x] = 4 + x** (af1)

d) Generiše se formula za *Niz1*:

$$Niz1[x] = Niz1[0] + \int(4+x)dx$$

$$Niz1[x]=3+4x+0.5x^2 + CNiz1[x] \quad (1)$$

e) Generiše se formula za *CNiz1*. Određuju se vrednosti niza *CNiz1*:0,-0.5,-1,-1.5,-2.

f) Proverava se da li je $CNiz1$ aritmetički. Razlika susednih članova niza je: $-0.5, -0.5, -0.5$. $CNiz1$ je aritmetički niz čija je formula: $CNiz1[x] = -0.5x$ (2)

g) Formula (1) niza $Niz1$ se dopunjuje sa formulom (2):

$$Niz1[x] = 3 + 4x + 0.5x^2 - 0.5x \quad (3)$$

h) Generiše se formula za Niz :

$$Niz[x] = Niz[0] + \int (+3 + 4x + 0.5x^2 - 0.5x) dx$$

$$Niz[x] = 3 + 3x + 2x^2 + 0.1667x^3 - 0.25x^2 + CNiz[x] \quad (4)$$

i) Generiše se formula za $CNiz$.

$$CNiz[x] = -1.9167x - 0.25x^2 + 0.25x \quad (5)$$

j) Formula (4) niza Niz se dopunjuje sa formulom (5):

$$Niz[x] = 3 + 3x + 2x^2 + 0.1667x^3 - 0.25x^2 - 1.9167x - 0.25x^2 + 0.25x$$

$$Niz[x] = 0.1667x^3 + 1.5x^2 + 1.3333x + 3 \quad (af)$$

V. REZULTATI TESTIRANJA UN MODELA PREDVIĐANJA

Izvršeno je testiranje UN modela predviđenja, tako što su napravljeni primeri koji su kategorizovani po tipovima nizova. Primeri u tabeli I (od $Niz1$ do $Niz10$), testiraju nizove koji su zasnovani na aritmetičkom nizu.

TABELA I
TESTIRANJE SEKVENCE BROJEVA ZASNOVANE NA ARITMETIČKOM NIZU

Šifra niza	Ulazni niz brojeva (Niz)	Generisana formula
Niz1	1 2 3 4 5	$Niz[x] = +1x + 1$
Niz2	3 8 13 18 23	$Niz[x] = +5x + 3$
Niz3	4 7 10 13 16	$Niz[x] = +3x + 4$
Niz4	3 9 16 25	$Niz[x] = +0.1667x^3 + 5.8333x + 3$
Niz5	13 24 48 98 192	$Niz[x] = +0.2083x^4 + 0.9167x^3 + 2.2917x^2 + 7.5833x + 13$
Niz6	5 7 11 17 25	$Niz[x] = +1x^2 + 1x + 5$
Niz7	3 7 12 18 25 33	$Niz[x] = +0.5x^2 + 3.5x + 3$
Niz8	7 11 19 32 51 77	$Niz[x] = +0.1667x^3 + 1.5x^2 + 2.3333x + 7$
Niz9	3 8 13 18 23 3 8 13 18 23	$Niz[x] = +5 \text{mod}(1.0x, 5.0) + 3 \text{mod}(1.0x, 5.0)$
Niz10	4 5 7 10 4 5 7 10	$Niz[x] = +0.5 \text{mod}(1.0x, 4.0)^2 + 0.5 \text{mod}(1.0x, 4.0) + 4$
Šifra niza	Generisana sekvenca brojeva	
Niz1	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ...	
Niz2	3 8 13 18 23 28 33 38 43 48 ...	
Niz3	4 7 10 13 16 19 22 25 28 31 ...	
Niz4	3 9 16 25 37 53 74 101 135 177 ..	
Niz5	13 24 48 98 192 353 609 993 1543 ...	
Niz6	5 7 11 17 25 35 47 61 77 95 115 ...	
Niz7	3 7 12 18 25 33 42 52 63 75 ...	
Niz8	7 11 19 32 51 77 111 154 207 271 ...	
Niz9	3 8 13 18 23 3 8 13 18 23 3 8 13 18 23 3 8 13 18 23	
Niz10	4 5 7 10 4 5 7 10 4 5 7 10 4 5 7 10 ...	

Na osnovu navedenog testa, možemo zaključiti da UN model predviđanja prepoznaje ulazni niz brojeva zasnovan na aritmetičkom nizu, pomoću generisane formule. Ukoliko posmatramo primer $Niz1$ intuitivno je jasno da je niz aritmetički i da je formula niza: $Niz[x] = x + 1$. Niz je aritmetički ukoliko je razlika između bilo koja dva susedna člana ista (u našem primeru razlika je 1).

Sličan zaključak možemo izvesti i za primere $Niz2$ i $Niz3$, jer se i kod njih na I nivou diferenciranja može konstatovati da je u pitanju aritmetički niz. Primeri od $Niz4$ do $Niz8$ su složeniji, jer se kod njih na višim nivoima diferenciranja (višim od I nivoa diferenciranja) može konstatovati da je u pitanju aritmetički niz. Recimo, kod primera $Niz5$ se na četvrtom nivou diferenciranja zaključuje da je u pitanju aritmetički niz (Tabela II).

TABELA II
ULAZNI NIZ I NIVOI DIFERENCIRANJA (PRIMER NIZ5)

Ulazni niz	I nivo diferenc.	II nivo diferenc.	III nivo diferenc. (aritmetički niz)	IV nivo diferenc.
3	4	2	3	5
7	6	5	8	5
13	11	13	13	5
24	24	26	18	5
48	50	44	23	5
98	94	67	28	5
192	161	95	33	5
353	256	128	38	5
609	384	166	43	5

U primerima $Niz9$ i $Niz10$ smo pokazali da UN model predviđanja prepoznaje ponavljajuće nizove ulaznih brojeva, ukoliko su oni zasnovani na aritmetičkom nizu. Primeri u tabeli III (od $Niz11$ do $Niz20$), testiraju nizove koji su zasnovani na geometrijskom nizu.

TABELA III
TESTIRANJE SEKVENCE BROJEVA ZASNOVANE NA GEOMETRIJSKOM NIZU

Šifra niza	Ulazni niz brojeva (Niz)	Generisana formula
Niz11	2 4 8 16 32	$Niz[x] = +2(2)^x$
Niz12	2 6 18 54	$Niz[x] = +2(3)^x$
Niz13	1 4 16 64	$Niz[x] = +1(4)^x$
Niz14	5 8 13 22 39	$Niz[x] = +2.0(2)^x + 1.0x + 3.0$
Niz15	1 3 7 15 31	$Niz[x] = +2.0(2)^x - 1.0$
Niz16	7 11 17 27 45	$Niz[x] = +2.0(2)^x + 2.0x + 5.0$
Niz17	12 20 33 55 94 166	$Niz[x] = +4.0(2)^x + 0.5x^2 + 3.5x + 8.0$
Niz18	7 9 15 33	$Niz[x] = +1.0(3)^x + 6.0$
Niz19	2 4 8 16 32 2 4 8 16 32	$Niz[x] = +2(2)^x \text{mod}(1.0x, 5.0)$
Niz20	1 -1 1 -1 1 -1	$Niz[x] = +1(-1)^x \text{mod}(1.0x, 2.0)$
Šifra niza	Generisana sekvenca brojeva	
Niz11	2 4 8 16 32 64 128 256 ...	
Niz12	2 6 18 54 162 486 1458 ...	
Niz13	1 4 16 64 256 1024 ...	
Niz14	5 8 13 22 39 72 137 266 523 ...	
Niz15	1 3 7 15 31 63 127 ...	
Niz16	7 11 17 27 45 79 145 275 533 ...	
Niz17	12 20 33 55 94 166 303 569 1092 ...	
Niz18	7 9 15 33 87 249 735 2193 ...	
Niz19	2 4 8 16 32 2 4 8 16 32 2 4 8 16 32 2 4 8 16 32 ...	
Niz20	1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 ...	

UN model predviđanja prepoznaje ulazni niz brojeva zasnovan na geometrijskom nizu, pomoću generisane formule.

Prva tri primera ($Niz11$ do $Niz13$) su jednostavna i lako se može zaključiti da su nizovi iz tih primera geometrijski. Na I

nivou diferenciranja se može konstatovati da je u pitanju geometrijski niz. Niz je geometrijski ukoliko je količnik između bilo koja dva susedna člana ista. Primeri od Niz14 do Niz 18 su složeniji, jer se kod njih na višim nivoima diferenciranja (višim od I nivoa diferenciranja) može konstatovati da je u pitanju geometrijski niz. Recimo, kod primera Niz17 se na četvrtom nivou diferenciranja zaključuje da je u pitanju geometrijski niz.

TABELA IV
ULAZNI NIZ I NIVOI DIFERENCIRANJA (PRIMER NIZ17)

Ulazni niz	I nivo diferenc.	II nivo diferenc.	III nivo diferenc. (geometrijski niz)	IV nivo diferenciranja
7	5	3	2	2
12	8	5	4	2
20	13	9	8	2
33	22	17	16	2
55	39	33	32	2
94	72	65	64	2
166	137	129	128	2
303	266	257	256	2

U primerima Niz9 i Niz10 smo pokazali da UN model predviđanja prepoznaje ponavljajuće nizove ulaznih brojeva, ukoliko su oni zasnovani na geometrijskom nizu.

Na osnovu navedenog testiranja možemo za UN model predviđanja definisati sledeću hipotezu: *UN model predviđanja može da prepozna bilo koji ulazni niz brojeva ukoliko je on zasnovan na aritmetičkom ili geometrijskom nizu, nezavisno od nivoa diferenciranja na kome se nalazi aritmetički ili geometrijski niz.* Navedena hipoteza će biti predmet našeg daljeg istraživanja.

Primeri u tabeli 3 (od Niz21 do Niz25), testiraju nizove koji su zasnovani na harmonijskom nizu.

TABELA V
TESTIRANJE SEKVENCE BROJEVA ZASNOVANE NA HARMONIJSKOM NIZU

Šifra niza	Ulazni niz brojeva (Niz)	Generisana formula
Niz21	12 6 4 3	$Niz[x]=+(1/(0.0833+(0.0833x)))$
Niz22	1 0.5 0.333 0.25	$Niz[x]=+(1/(1+(1x)))$
Niz23	30 -30 -10 -6	$Niz[x]=+(1/(0.0333+(-0.0667x)))$
Niz24	10 30 -30 -10	$Niz[x]=+(1/(0.1+(-0.0667x)))$
Niz25	12 6 4 3 12 6 4 3	$Niz[x]=+(1/(0.0833+(0.0833\text{mod}(1x,4))))$
Šifra niza	Generisana sekvenca brojeva	
Niz21	12 6 4 3 2.4 2 1.71429 1.5 ...	
Niz22	1 0.5 0.333 0.25 0.2 0.16667 0.14286 ...	
Niz23	30 -30 -10 -6 -4.28571 -3.333 -2.72727 ...	
Niz24	10 30 -30 -10 -6 -4.28571 -3.333 -2.72727 ...	
Niz25	12 6 4 3 12 6 4 3 12 6 4 3 ...	

U primerima od Niz21 do Niz24 smo pokazali da UN model predviđanja prepoznaje ulazni niz brojeva zasnovan na harmonijskom nizu, pomoću generisane formule. Harmonijski nizovi su prepoznati na I nivou diferenciranja. Trenutno, UN model predviđanja ne prepoznaje harmonijske nizove na višim nivoima od I nivoa diferenciranja. U primeru Niz25 smo pokazali da UN model

predviđanja prepoznaje ponavljajuće nizove ulaznih brojeva, ukoliko su oni zasnovani na harmonijskom nizu.

VI. ZAKLJUČAK

U ovom radu je opisan sopstveni softverski sistem za predviđanja sekvence brojeva, koji je zasnovan na modelu predviđanja koji se trenira Uređenim Nizovima (UN model predviđanja). Trenutno sistem prepoznaje ulazne sekvence brojeva koji su zasnovani na aritmetičkom, geometrijskom i harmonijskom nizu. U završnoj je fazi ugradnja Fibonačijevog niza u naš sistem. U planu je da u sistem, uskoro, ugradimo nizove koji su zasnovani na trigonometrijskim i eksponencijalnoj funkciji. Nakon toga ćemo UN model predviđanja testirati na različitim realnim sistemima, kao što su sistemi prodaje robe i berzanski sistemi.

LITERATURA

- [1] Begleiter, R., El-yaniv, R., Yona, G., On prediction using variable order markov models. *Journal of Artificial Intelligence Research* 22, 385–421 (2004).
- [2] Padmanabhan, V.N., Mogul, J.C.: Using Prefetching to Improve World Wide Web Latency. *Computer Communications* 16, 358–368 (1998)
- [3] Sun, R., Giles, C.L.: Sequence Learning: From Recognition and Prediction to Sequential Decision Making. *IEEE Intelligent Systems* 16(4), 67–70 (2001)
- [4] R. Sun and C. L. Giles, "Sequence learning: from recognition and prediction to sequential decision making," *IEEE Intelligent Systems*, vol. 16, no.4, pp. 67-70, 2001.
- [5] Cleary, J., Witten, I.: Data compression using adaptive coding and partial string matching. *IEEE Trans. on Inform. Theory* 24(4), 413–421 (1984).
- [6] Laird, P., Saul, R.: Discrete sequence prediction and its applications. *Machine Learning* 15(1), 43–68 (1994)
- [7] Fournier-Viger, P., Gueniche, T., Tseng, V.S.: Using partially-ordered sequential rules to generate more accurate sequence prediction. In: Zhou, S., Zhang, S., Karypis, G. (eds.) *ADMA 2012. LNCS*, vol. 7713, pp. 431–442. Springer, Heidelberg (2012)

Упоредни преглед ISO/IEC 25000, ISO/IEC 12207 и MISRA-C стандарда квалитета

Милош Милић, Војислав Станојевић, Татјана Стојановић, Саша Лазаревић, Сениша Влајић,
Универзитет у Београду – Факултет организационих наука

Садржај—Савремени софтверски системи требају да задовоље различите функционалне и нефункционалне захтеве који се односе на квалитет. Предмет истраживања овог рада су ISO/IEC 25000, ISO/IEC 12207 и MISRA-C међународни стандарди који се могу користити за евалуацију квалитета. Они на свеобухватан начин посматрају квалитет софтвера. Стандард ISO/IEC 25000 дефинише различите моделе и поступке евалуације квалитета, док је стандард ISO/IEC 12207 усмерен на животни циклус софтвера и дефинише правила за успешан развој, одржавање и унапређивање софтверских система. С друге стране, развој индустријске производње наметнуо потребу за успостављањем специфичних стандарда квалитета који се користе у индустрији. У складу с тиме, долази до развоја међународних стандарда који се примењују у оквиру специфичних индустријских грана па се квалитет софтвера може посматрати и кроз индустријске стандарде. Због тога је у раду приказан и MISRA-C индустријски стандард квалитета.

I. УВОД

Софтверско инжењерство представља дисциплину која разматра све аспекте процеса развоја софтвера [1]. Ови аспекти усмерени су ка креирању софтвера који доноси вредности свим заинтересованим странама. Узимајући у обзир његову комплексност (нпр. у смислу величине, примењених радних оквира, библиотека), потребно је његово стално одржавање и измена како би били сагласни са софтверским захтевима.

Управљање развојем софтвера подразумева сагледавање различитих квалитативних и квантитативних аспеката процеса у циљу доношења одговарајућих одлука. У ту сврху могуће је применити стандарде квалитета софтвера. Овај рад усмерен је на упоредни преглед међународних стандарда који се могу

користити за евалуацију квалитета. Рад је организован у четири поглавља. Након дефинисања проблема истраживања у првом поглављу, друго поглавље разматра кључне дефиниције и концепте који се односе на квалитет софтверских система. У трећем поглављу дат је преглед ISO/IEC 25000, ISO/IEC 12207 и MISRA-C међународних стандарда квалитета. У том смислу приказани су различити модели и фазе евалуације квалитета. У четвртном поглављу дата су завршна разматрања и дефинисани правци даљег истраживања.

II. КВАЛИТЕТ СОФТВЕРА

Узимајући у обзир важност софтверских система за данашње пословање, управљање квалитетом и контрола квалитета представљају важне елементе процеса развоја софтвера [2]. Квалитет софтвера се може дефинисати као „способност софтверског производа да задовољи захтеване и подразумеване потребе у одређеним условима“ [3], односно као „ефикасан софтверски процес чији је резултат користан софтверски производ који пружа мерљиве вредности онима који га производе и онима који га користе“ [4]. Стога се може рећи да је процес развоја усмерен ка креирању софтвера који доноси вредности свим заинтересованим странама, као и да се те вредности могу измерити. Ове вредности се могу посматрати из угла различитих заинтересованих страна (нпр. софтверских инжењера, крајњих корисника). У том смислу је могуће остварити развој софтвера чије карактеристике могу бити преносивост, робусност, скалабилност, отпорност на отказе итд. Ово су само неке карактеристике које се односе на нефункционалне захтеве. Нефункционалним захтевима се описују атрибути квалитета. Стога се може рећи да је квалитет софтвера у великој мери детерминисан нефункционалним захтевима [5].

III. СТАНДАРДИ КВАЛИТЕТА

Квалитет софтвера се може проверити применом стандарда квалитета. У процесу развоја могу се применити различити стандарди квалитета. Неки стандарди се могу користити за евалуацију различитих софтверских система, без обзира на сврху и намену софтвера. С друге стране, важно је напоменути да постоје и специјализовани стандарди квалитета софтвера који се примењују у одређеним индустријским гранама

Милош Милић (аутор за контакте), Универзитет у Београду – Факултет организационих наука, Јове Илића 154, 11000 Београд, Република Србија (е пошта: mmilic@fon.bg.ac.rs).

Војислав Станојевић, Универзитет у Београду – Факултет организационих наука, Јове Илића 154, 11000 Београд, Република Србија (е пошта: vojislav.stanojevic@fon.bg.ac.rs).

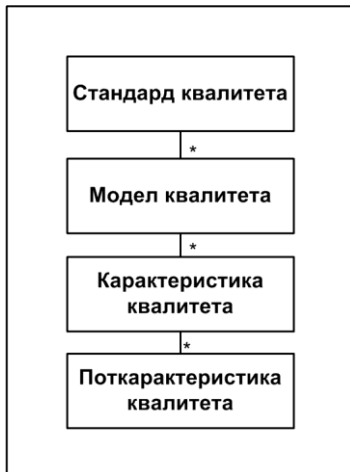
Татјана Стојановић, Универзитет у Београду – Факултет организационих наука, Јове Илића 154, 11000 Београд, Република Србија (е пошта: tatjana.stojanovic@fon.bg.ac.rs).

Саша Лазаревић, Универзитет у Београду – Факултет организационих наука, Јове Илића 154, 11000 Београд, Република Србија (е пошта: sasa.lazarevic@fon.bg.ac.rs).

Сениша Влајић, Универзитет у Београду – Факултет организационих наука, Јове Илића 154, 11000 Београд, Република Србија (е пошта: sinisa.vljacic@fon.bg.ac.rs).

(нпр. у аутомобилској индустрији, авио индустрији, индустрији телекомуникација).

Саставни део стандарда квалитета софтвера је спецификација модела квалитета. Моделом квалитета даје се преглед карактеристика и поткарактеристика квалитета. На тај начин се идентификују кључни атрибути квалитета софтвера [5]. На слици 1. дат је уопштени приказ модела квалитета софтвера.



Slika 1. Уопштени приказ модела квалитета софтвера

Међутим, модел квалитета не специфицира поступак мерења вредности – он само дефинише карактеристике квалитета и декомпонује их на поткарактеристике [6]. За утврђивање нивоа вредности карактеристика и поткарактеристика квалитета софтвера примењују се софтверске метрике. Софтверска метрика представља квантитативну меру до које систем, компонента или процес поседује посматрани атрибут [7][8]. Оне представљају објективне мере за оцену атрибута квалитета, на основу којих је могуће оценити квалитет читавог система [9]. У наставку рада дат је приказ ISO/IEC 25000, ISO/IEC 12207 и MISRA-C међународних стандарда квалитета софтвера.

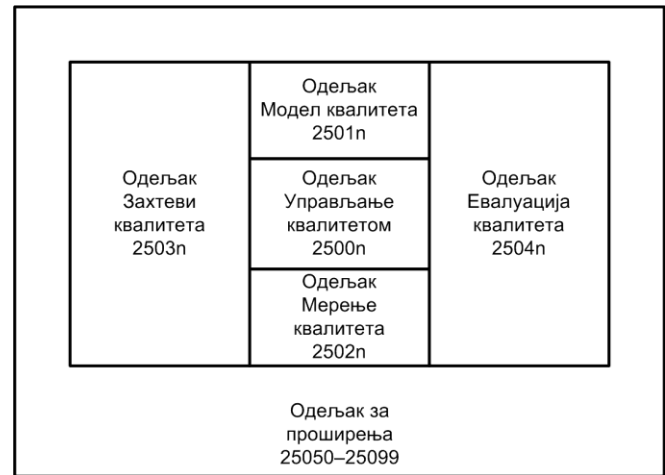
A. ISO/IEC 25000

Међународне организације ISO и IEC најпре су развиле стандарде ISO/IEC 9126 [10] и ISO/IEC 14598 [11]. Први стандард дефинише моделе и софтверске метрике за мерење квалитета, док други дефинише начин на који је потребно извршити поступак евалуације. Ови имају следеће карактеристике [6][12]:

- Стандарди имају заједнички норматив,
- Представљају скуп комплементарних стандарда који се користе у процесу евалуације квалитета,
- Независни животни циклус развоја довео је до њихове неконзистентности.

Због тога су ISO и IEC међународне организације приступиле развоју новог стандарда серије ISO/IEC 25000 који обједињује и замењује стандарде ISO/IEC

9126 и ISO/IEC 14598 [1]. Стандардом се дефинишу захтеви за квалитет и вредновање система и софтвера (енгл. *Systems and software Quality Requirements and Evaluation – SQuaRE*) [6]. На слици 3. приказана је организација ISO/IEC 25000 серије стандарда [12].



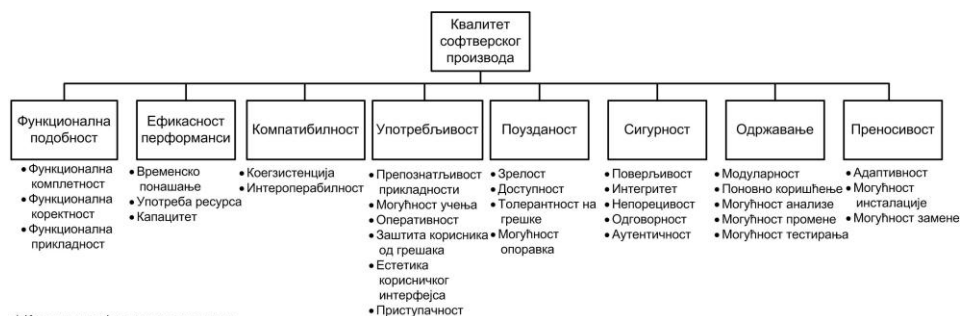
Slika 2. Организација ISO/IEC 25000 серије стандарда

Са слике 2. се уочава да организација у оквиру одељака, при чему сваки одељак садржи већи скуп стандарда. Одељак Управљање квалитетом (ISO/IEC 2500n) представља основу и усмерен је на упутства за примену стандарда. Стандарди ове групе примењују се у оквиру других стандарда. У осталим одељцима дефинишу се стандарди који се односе на модел квалитета, мерење квалитета, захтеве квалитета и евалуацију квалитета. Поред тога, постоји и одељак за проширења (ISO/IEC 25050–25099) који представља резервисани простор за стандарде, додатке и техничке извештаје [12]. Ови извештаји су усмерени на проширења и побољшања ISO/IEC 25000 стандарда и компатибилни су са другим деловима стандарда [1].

Одељак Модел квалитета садржи стандард ISO/IEC 25010 који дефинише два модела. Кроз посматрани стандард дефинисане су карактеристике и поткарактеристике, тј. атрибути квалитета које софтверски систем треба да задовољи. На слици 3. приказани су ISO/IEC 25010 модели квалитета [13].

Са слике 3. се уочавају два модела који су организовани према структури хијерархије. Модел квалитета софтверског производа намењен је за мерење интерних и екстерних особина [13]. Њихово задовољење представља основу за утврђивање употребног квалитета [14].

Одељак за спецификацију мерења (ISO/IEC 2502n) је директно повезан с одељком за спецификацију модела: он садржи стандарде којима се специфицирају метрике за евалуацију.



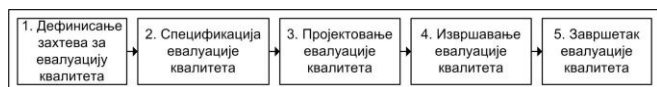
а) Квалитет софтверског производа



б) Употребни квалитет

Слика 3. Модели квалитета ISO/IEC 25010 стандарда

Кроз одељак ISO/IEC 2503п дефинишу се захтеви за квалитетом софтвера, док је кроз ISO/IEC 25040 стандард дефинишу фазе евалуације квалитета софтвера што је и приказано на следећој слици [15].



Слика 4. Фазе евалуације квалитета према ISO/IEC 25040 стандарду

На основу слике 4. примећује се да су фазе сличне као код ISO/IEC 14598 стандарда. Међутим, стандард ISO/IEC 25040 садржи и пету фазу која је усмерена на завршетак евалуације квалитета [6][15]. Она подразумева преглед резултата и израду извештаја о извршеној евалуацији. На крају се врши презентовање резултата спроведене евалуације квалитета, чиме се посматрани процес завршава.

Стандард квалитета ISO/IEC 25000 прошао је кроз неколико ревизија. Препорука је да се приликом развоја софтверских система као основа за дефинисање модела и поступка евалуације квалитета користе верзије стандарда из 2011. године: у претходном периоду је извршена њихова ревизија и они и даље представљају важеће стандарде.

В. ISO/IEC 12207

Стандард ISO/IEC 12207 бави се животним циклусом софтвера [16]. Животни циклус усмерен је на поступак развоја софтвера. У том смислу, формализацијом процеса развоја дефинише се прецизан ток који се примењује како би се успешно развио, одржавао и унапређивао одређени софтверски производ.

У оквиру стандарда дефинишу се различите групе које садрже већи број процеса. Као основни процеси издвајају се процеси успостављања, организационо-пројектни

процеси, процеси управљања и технички процеси [16]. Прве три групе садрже опште процесе, док се процеси који се директно односе на развој софтвера налазе у четвртој групи. Свака од наведених група садржи већи број процеса.

Посматрани стандард се може применити на нивоу организације или на нивоу појединачног пројекта. Стандард пружа подршку свим фазама развоја, од прикупљања и анализе захтева, имплементације, верификације, валидације, интеграције, одржавања, унапређења и повлачења софтвера из употребе. С друге стране, важно је напоменути да се самим стандардом не препоручују конкретни модели, методе и технике развоја софтвера [15]. Другим речима, корисницима стандарда се оставља могућност избора и уграђивања правила дефинисаних стандардом у изабрани модел развоја.

Стандард квалитета ISO/IEC 12207 прошао је кроз неколико ревизија. Последња верзија објављена је 2017. године и њу треба применити у процесу развоја.

С. MISRA-C

Програмски језик С представља језик опште намене који је нашао велику примену у развоју различитих софтверских система. Програмски језик је изузетно брз, стабилан, зрео и користи се од стране великог броја инжењера за развој софтвера (има велику и активну заједницу корисника).

MISRA-C представља стандард квалитета софтвера који се односи на софтверске системе развијене у програмском језику С [17]. Стандард квалитета се са великим успехом примењује у различитим индустријским гранама, нпр. аутомобилској индустрији, авио индустрији, телекомуникацијама, одбрамбеној индустрији, индустрији израде медицинских уређаја и сл. [18]. Стандард се развија од 1998. године у оквиру MISRA конзорцијума. Најновија верзија стандарда MISRA-C:2012 објављена је у току 2013. године и она, уз усаглашавања из 2016. године, представља тренутно актуелну верзију стандарда [17].

MISRA-C стандард квалитета дефинише сопствени модел квалитета софтвера. Он је оперативно усмерен на програмски код па су у том контексту дефинисана правила (енгл. Rules) која се користе у процесу развоја софтвера. Узимајући у обзир функционалности које су дефинисане у оквиру програмски језика C правилима се, практично, одређује „подскуп функционалности“ које треба користити у процесу развоја уграђених софтверских система [17][18]. Ово је веома важно због питања која се односе на безбедност уграђених софтверских система који се имплементирају [18].

Правила су логички груписана у категорије. Сва правила се, у зависности од верзије стандарда квалитета, могу поделити у више класа. Класом се означава степен обавезности примене посматраног правила. Према стандарду MISRA-C:2012 разликују се следеће класе [17]:

- Обавезна правила – представљају правила која се ни у ком случају не смеју нарушити. Не постоји могућност за одступање од обавезних правила.
- Захтевана правила – представљају правила која се морају применити. Сва захтевана правила имају исти ниво важности и треба им приступити с подједнаком пажњом. Међутим, у одређеним ситуацијама су могућа одступања од ових правила.
- Саветодавна правила – представљају правила која се, у највећем броју случајева, требају применити. Међутим, за разлику од претходно приказаних обавезних и захтеваних правила, ова правила се могу изоставити.

Стандард квалитета MISRA-C:2012 дефинише скуп од 143 правила и 16 директива, при чему је усмерен на верзију програмског језика C која је дефинисана C99 стандардом, уз истовремено очување компатибилности са C90 стандардом [17]. Препорука је да се приликом развоја уграђених софтверских система користи најновија MISRA-C:2012 верзија стандарда квалитета софтвера. Стандард се с великим успехом примењује у различитим индустријским гранама.

IV. ЗАКЉУЧАК

Велика комплексност софтверских система захтева добру организацију у процесу развоја. У ту сврху могу се применити стандарди квалитета софтвера. У овом раду приказани су ISO/IEC 25000, ISO/IEC 12207 и MISRA-C стандарди. Стандард серије ISO/IEC 25000 инкорпорира његове стандарде-претходнике и представља актуелни стандард за евалуацију квалитета. С друге стране, стандард ISO/IEC 12207 дефинише различите процесе који се користе у животном циклусу развоја софтвера. Стандард MISRA-C представља индустријски стандард квалитета који се односи на уграђене софтверске системе развијене у програмском језику C. Кроз овај рад је дат

приказ кључних делова стандарда, као и модела квалитета којима се даје спецификација карактеристика и поткарактеристика. Такође, кроз овај рад је дат и приказ кључних фаза процеса евалуације квалитета софтвера.

С обзиром да сви приказани стандарди представљају тренутно активне стандарде који се и даље развијају, даљи правци истраживања би се могли односити на проучавање различитих радних оквира (енгл. *frameworks*) и метода за евалуацију квалитета који као основу користе приказане стандарде. Такође, од значаја би било и истраживање алата за статичку анализу који користе моделе квалитета и софтверске метрике дефинисане стандардима, као и компаративна анализа посматраних алата. Све наведено треба да допринесе развоју софтвера према дефинисаним софтверским захтевима, са високим вредностима атрибута квалитета.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] М. Милић, *Стандарди квалитета софтвера у функцији побољшања софтверских система*, Задужбина Андрејевић, Београд, 2018.
- [2] J. Bansiya, C. G. Davis, "A hierarchical model for object-oriented design quality assessment", *IEEE Transactions on software engineering*, Vol. 28, No. 1, pp. 4-17, 2002.
- [3] ISO/IEC 25010:2011 Systems and software engineering – Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – System and software quality models.
- [4] R. S. Pressman, *Software engineering: a practitioner's approach, Seventh Edition*. McGraw-Hill Higher Education, 2010.
- [5] I. Sommerville, *Software engineering, Ninth Edition*, Addison-Wesley Professional, 2011.
- [6] М. Милић, *Побољшање објектно-оријентисаних софтверских система коришћењем стандарда квалитета софтвера, докторска дисертација*, Универзитет у Београду – Факултет организационих наука, 2017.
- [7] ISO/IEC/IEEE 24765:2017 Systems and software engineering – Vocabulary.
- [8] Y. Suresh, J. Pati, S. K. Rath, "Effectiveness of software metrics for object-oriented system", *Procedia technology*, 6, pp. 420-427, 2012.
- [9] P. Bourque, R. E. Fairley (Eds.), *Guide to the software engineering body of knowledge (SWEBOK (R)): Version 3.0*, IEEE Computer Society Press, 2014.
- [10] ISO/IEC 9126-1:2001 Software engineering – Product quality – Part 1: Quality model.
- [11] ISO/IEC 14598-1:1999 Information technology – Software product evaluation – Part 1: General overview.
- [12] ISO/IEC 25000:2014, Systems and software engineering – Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – Guide to SQuaRE.
- [13] ISO/IEC 25010:2011 Systems and software engineering – Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – System and software quality models.
- [14] T. C. Lethbridge, R. Laganier, *Object-oriented software engineering*, New York: McGraw-Hill, 2005.
- [15] ISO/IEC 25040:2011 Systems and software engineering – Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – Evaluation process.
- [16] ISO/IEC/IEEE 12207:2017 Systems and software engineering – Software life cycle processes.
- [17] MISRA-C:2012, Guidelines for the use of the C language in critical systems, 2012.
- [18] C. Booger, L. Moonen, "Evaluating the relation between coding standard violations and faults within and across software versions", *6th IEEE International Working Conference on Mining Software Repositories*, pp. 41-50, 2009.

Projektovanje Metaregistra državne uprave zasnovano na Observer softverskom paternu

Marijana Gajić, Fakultet organizacionih nauka, Ilija Antović, Fakultet organizacionih nauka, Svetlana Jovanović, Fakultet organizacionih nauka, Ana Miličević, Fakultet organizacionih nauka

Sadržaj — Svrha istraživanja ovog rada je projektovanje generičkog softverskog sistema za upravljanje Metaregistrom državne uprave sa ciljem povećanja efikasnosti rada državnih organa. Uspostavljanje ovakvog softverskog sistema podrazumeva beleženje metapodataka o registrima u vlasništvu različitih organa uprave sa osnovnom funkcijom obaveštavanja o promeni podatka u matičnom registru. Analizom postojećih registara i poslovnih procesa organa uprave dobijena je šira i objektivna slika sistema državne uprave u oblasti prikupljanja, razmene i korišćenja podataka i na osnovu prikupljenih zapazanja biće projektovan softverski sistem. Softverski sistem treba da omogući specifikaciju izvornih i neizvornih podataka registara što je preduslov za projektovanje mehanizma za automatsko obaveštavanje o nastalim promenama u matičnim podacima, koji se koriste kao nematični podaci u drugim registrima. Kao osnov za projektovanje ovakvog sistema uzet je Observer softverski patern projektovanja. Na ovaj način će biti postignuta potpuna međusobna nezavisnost registara koji učestvuju u procesu sinhronizacije podataka što omogućava fleksibilnost u integraciji postojećih sistema pojedinačnih registara, razvijenih korišćenjem različitih implementacionih tehnologija i sa različitim stepenom automatizacije, u jedan integrisani sistem – Metaregistar državne uprave.

I. UVOD

U ovom radu će biti predstavljeni osnovni rezultati istraživanja sprovedenog na Fakultetu organizacionih nauka u Beogradu. Kompletno istraživanje objavljeno je u okviru master rada [1].

Poslovni sistemi u svom radu i razvoju koriste podatke koji predstavljaju neobrađene činjenice koje daljom analizom i povezivanjem dovode do informacija koje čine osnovu za svakodnevno poslovanje i donošenje odluka [2]. Model poslovnog sistema prestavlja informacioni sistem čiju osnovu čine skladišta podataka za prikupljanje i trajno čuvanje svih podataka koji su neophodni za rad, izveštavanje i odlučivanje u poslovnim procesima. Skladišta podataka se koriste od strane različitih softverskih sistema koji obezbeđuju lako prikupljanje, i obradu prikupljenih podataka kako bi se ostvarili ciljevi poslovnog sistema. Međutim, iako se odgovarajućom obradom i korišćenjem svojih podataka mogu ostvariti značajne koristi za poslovanje, najčešće se najveće

koristi ostvaruju kada se sopstveni podaci ukrste sa podacima koji su u vlasništvu nekog drugog poslovnog sistema. Iz tog razloga sinhronizacija skladišta podataka između poslovnih sistema postaje neophodna.

Implementiranje softverskog sistema koji bi omogućio korišćenje uvek ažurnih podataka u svim sistemima koji koriste iste podatke ubrzalo bi poslovne procese, učinilo ih kvalitetnijim i efikasnijim.[1] Uz prave informacije menadžeri i eksperti iz raznih oblasti mogu iskoristiti svoje znanje i iskustvo kako bi doneli povoljne odluke [3].

U skladu sa razvojem elektronske uprave i Zakonom o elektronskoj upravi [4] koji je donet u aprilu 2018. godine predviđeno je razvijanje i povezivanje državnih informacionih sistema kako bi se prevazišli mnogi problemi državne uprave koja ne uspeva da prati korak sa globalnim trendom digitalizacije. Zato je potrebno postaviti čvrste osnove za uspešan razvoj celokupnog sistema elektronske uprave, a kao ključni element je prepoznat razvoj metaregistra - registra koji sadrži metapodatke o svim zvaničnim registrima državne uprave. Pored toga, kao jedno od najvažnijih pitanja postavlja se rešenje problema integracije sistema državnih institucija i način za ostvarivanje interoperabilnosti [4]. Definisana su dva aspekta integracije: integracija informacija i integracija procesa, pri čemu integracija informacija treba da olakša tok informacija tako što će se omogućiti elektronski pristup strukturiranim resursima prevazilazeći postojeća tehnička i organizaciona ograničenja.

II. PROBLEMI CILJ RADA

Ukoliko se javi potreba da jedan poslovni sistem koristi podatke koji se prikupljaju u drugom poslovnom sistemu, podaci se preuzimaju u jednom trenutku, ili se u boljem scenariju preuzimaju redovno u određenim vremenskim intervalima. Na ovaj način je moguće da poslovni sistem u nekom trenutku svog rada koristi podatke koji su u matičnoj evidenciji već jednom ili više puta menjani. Korišćenje neažurnih podataka može prouzrokovati različite probleme i dovesti do prikupljanja poslovnih odluka koje nisu odgovarajuće.

Svaki poslovni sistem za svoje potrebe razvija različita

Marijana Gajić, Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu, Jove Ilića 154, 11000 Beograd, Srbija (e-mail: marijanagajic4@gmail.com)

Ilija Antović, Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu, Jove Ilića 154, 11000 Beograd, Srbija (e-mail: ilija.antovic@fon.bg.ac.rs)

Svetlana Jovanović, Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu, Jove Ilića 154, 11000 Beograd, Srbija (e-mail: svetlana.jovanovic@fon.bg.ac.rs)

Ana Miličević, Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu, Jove Ilića 154, 11000 Beograd, Srbija (e-mail: ana.milicevic@fon.bg.ac.rs)

skladišta podataka koja su često nekompatibilna sa skladištima podataka drugih poslovnih sistema. Modeli podataka i strukture skladišta se mogu razlikovati čak i u situacijama kada skladište slične podatke. Isti podatak u nekoliko baza može biti definisan različitim tipovima podataka (na primer: broj može biti čuvan kao tekst) što otežava mogućnost njihovog povezivanja, integrisanja u druge sisteme i skladišta.

Zbog loše povezanosti poslovnih sistema čiji su poslovni procesi međusobno zavisni, često se isti podaci prikupljaju u svakom od tih sistema čime se isti posao ponavlja. Kako su poslovni sistemi otvoreni prema okruženju, svakodnevno u svom radu postoji potreba za podacima koji se stvaraju u drugim sistemima. Međusobno povezivanje poslovnih sistema koji međusobno razmenjuju podatke bi zahtevao mnogo vremena i resursa, naročito kada se radi o više poslovnih sistema. Kada veliki broj poslovnih sistema učestvuje u poslovnim procesima, a njihova povezanost je slaba tada je za donošenje svake bitne, a pouzdane odluke potrebno prvo zatražiti podatak koji nedostaje. Iz tog razloga, neki procesi su usporeniji jer je, kao na primer u slučaju sprovođenja procedura državne uprave, prvo potrebno poslati zvanični zahtev za dobijanje ažurne informacije koja je potrebna za odlučivanje, a zatim sačekati odgovor od eksternog sistema. Odlaganje donošenja odluke, slično kao i donošenje odluke na osnovu pogrešnih podataka može koštati organizaciju sa više aspekata. Takođe, dostavljeni podatak od eksternog sistema koji iz nekog razloga nije iskorišćen istog dana kada je primljen ponovo postaje nepouzdan i zahteva proveru i ponavljanje procesa.[1]

Kako bi se ovaj problem rešio, potrebno je razviti sistem za automatsko obaveštavanje svih sistema koji koriste neki eksterni podatak o promeni tog podatka u njegovoj matičnoj evidenciji.

Cilj istraživanja je projektovanje generičkog softverskog sistema koji predstavlja evidenciju svih evidencija koje pripadaju različitim organizacijama koje međusobno saraduju, tj. metaregistar sa funkcijom obaveštavanja o nastalim promenama u podacima. Sistem treba da omogući unos i izmenu metapodataka evidencija – registara, kao i dodatnih podataka koji su potrebni za realizaciju mehanizma obaveštavanja. Najčešće korišćena definicija metapodataka navodi da su metapodaci podaci o podacima [6]. Svrha metapodataka je da pruži korisnicima adekvatnu i tačnu informaciju o resursu kojeg opisuje, stvarajući jasnu sliku o sadržaju resursa bez potrebe za pristupanjem datom resursu. Kvalitet metapodataka se može meriti u odnosu na to koliko ispunjava svoju svrhu. Metapodaci služe kao „ogledalo“ resursa, stoga moraju jasno prezentovati resurs bez nejasnih ili dvosmislenih informacija koje izvrću sliku o sadržaju datog resursa [7].

Za svaki podatak određenog registra evidentira se da li se radi o sopstvenom podatku - matični podatak, ili o podatku koji se matično skladišti u drugom registru iz koga ga je potrebno preuzeti – spoljni podatak. Za spoljne podatke mora se definisati koji je njegov matični registar i precizno specificirati način evidentiranja tog podatka u matičnom

registru. Kada dođe do promene podatka u matičnom registru, matični softverski sistem obaveštava sistem metaregistra o nastaloj promeni, nakon čega metaregistar obaveštava sve ostale softverske sisteme, koje preuzimaju taj podatak. Sistemi koji su primili obaveštenje na njega reaguju prema svojim poslovnim pravilima. Metaregistar predstavlja generičko rešenje koje može da zadovolji potrebe bilo kog poslovnog sistema i može se jednostavno implementirati bez dodatnih izmena.

U državnoj upravi svaka institucija prikuplja i skladišti podatke iz svoje nadležnosti, ali gotovo da ne postoji proces koji obavlja u kome se ne koristi barem jedan podatak iz nadležnosti druge institucije. Iako su poslovni procesi različitih institucija međusobno zavisni, njihova softverska integracija je veoma slaba. Jedan od osnovnih principa u projektovanju informacionih sistema je da se veza između različitih procesa uspostavi posredstvom skladišta podataka, ali kako se radi o skladištima koji se nalaze kod različitih institucija, neophodno je obezbediti elektronsku razmenu podataka. Trenutno samo nekoliko državnih organa ima razvijene veb servise stavljene na raspolaganje drugim organima. Raspoloživi veb servisi su često razvijeni za specifične procese, pa ne obezbeđuju sve potrebne podatke i često nisu adekvatni za sprovođenje neke druge procedure ili za obradu u sistemima koji se tek razvijaju. Pored toga, veb servisi se otežano razvijaju usled ograničenih resursa i birokratskih procedura koje usporavaju proces razvoja. Zbog toga je svaka institucija primorana da prikuplja i skladišti podatke koji nisu u njihovoj nadležnosti ili da pismenim putem zahteva dostavljanje potrebnih informacija posebno za svaki pojedinačni slučaj. Na taj način procesi donošenja odluka i izdavanja različitih dokumenata građanima su usporeni ili se mogu zasnivati na nepouzdanim i često netačnim podacima. Kada se čuva podatak koji nije iz nadležnosti određenog organa, jednom prikupljen podatak se najčešće kao takav koristi trajno bez mogućnosti provere da li je on u međuvremenu izmenjen. Na taj način dolazi do velikog broja grešaka i konstantne potrebe za ponavljanjem procesa i izmenom donetih odluka. Tako se efikasnost državnih institucija iz dana u dan smanjuje zbog sve većeg broja procesa koji ne mogu pravovremeno da se završe. U skladu sa procesom digitalizacije državne uprave Republike Srbije rešavanje ovog problema je jedan od osnovnih koraka. Između ostalog, ovaj korak podrazumeva digitalizaciju registara državnih institucija koji se u velikom broju slučajeva i dalje vode samo u papirnom obliku ili u formi Microsoft Excel tabele. Ovakvi registri nisu adekvatni za elektronsku komunikaciju i brzu razmenu podataka između državnih institucija. U skladu sa razvojem elektronske uprave u Srbiji razvija se sve više softverskih sistema različitih namena za unapređenje rada institucija, gde se uočava problem povezivanja sa različitim registrima i dobijanje potrebnih informacija u realnom vremenu. Takođe, ne postoji ni jedinstveno mesto ili registar koji poseduje informacije o svim registrima državnih institucija koji postoje u Srbiji, kao ni koji su podaci koji se u njima čuvaju. Zato je nekada jako teško

pronaći izvor potrebnog podatka za razvoj softverskog sistema. Posredno metaregistar bi rešio i ovaj problem popisa postojeći zvaničnih registara Republike Srbije sa svim neophodnim metapodacima.

Implementiranje softverskog sistema metaregistra u državnoj upravi obezbedilo bi smanjeni broj ili potpuni prekid zahteva za dobijanjem informacija pismenim putem između državnih organa, umanjilo greške u radu i samim tim ponavljanje posla. Sve ovo bi značajno ubrzalo procedure. Pored toga, građani ne bi morali pokretati ponavljajuće procedure pred različitim organima ukoliko dođe do promene njihovih podataka. Na primer prilikom promene prezimena, građanin bi trebalo da obavesti samo nadležnu instituciju o toj promeni. Nakon toga metaregistar bi automatski poslao obaveštenje svim ostalim registrima koji ovaj podatak prikupljaju za obavljanje svojih nadležnosti. Kada registri prime obaveštenje i u skladu sa njim izvrše izmenu, svi sistemi raspoložu sa ažurnim i tačnim podacima. Na ovaj način obezbeđuje se vođenje postupaka sa ispravnim podacima za odlučivanje i mogućnost greške smanjuje se na minimum.

A. Metaregistar

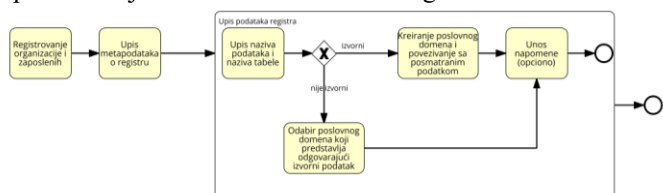
Metaregistar državne uprave treba da omogući povezivanje registara različitih državnih organa. Treba obezbediti unos nove organizacije i zaposlenih u organizaciji koji su ovlašćena lica za rad u metaregistru. Unos i prijavljivanje ovlašćenih lica je preduslov za korišćenje metaregistra, pa je pre svega potrebno obezbediti mogućnost upisa nove organizacije i novog zaposlenog.

Kako bi neki registar mogao da koristi mehanizam metaregistra i dobija obaveštenja o promeni nekog izvornog podataka koji on koristi, a promena tog podatka se dogodila u matičnom registru podatka, najpre je potrebno upisati novi registar u metaregistar. Kada se vrši upis novog registra unose se osnovni metapodaci o registru: naziv registra, naziv organizacije koja je vlasnik registra (upisuje automatski na osnovu organizacije korisnika koji je prijavljen na sistem), datum uspostavljanja registra, URL (eng. Uniform Resource Locator) servisa, frekventnost ažuriranja registra, nadležnost, pravni osnov, rok čuvanja podataka i opciono napomena. URL servisa je adresa servisa koji je potrebno pozvati kada se ovaj registar obaveštava o promeni nekog njegovog podatka koja se desila u matičnom registru. Način na koji je ovaj servis implementiran je u potpunosti odgovornost organizacije i ona je vlasnik servisa. Metaregistar i drugi korisnici ne treba da znaju na koji način će servis interpretirati informacije koje primi. Organizacija odlučuje o logici servisa i kako će on da obradi informaciju o promeni vrednosti podatka u matičnoj evidenciji. Na primer, može odmah nakon primljene informacije ažurirati podatak u svojoj bazi bez čuvanja prethodne vrednosti, može upisati izmenjenu vrednost kao novi zapis u bazi podataka ili na neki drugi način koji odgovara poslovnoj logici zabeležiti primljenu informaciju.[1]

Sledeći korak prilikom unosa registra je opis metapodataka svih podataka (entiteta) koji se vode u tom registru. Za opis podatka registra tj. za definisanje domena vrednosti kojim se opisuje vrednost podatka korišćen je standard Core

Components Data Type Catalogue [8] razvijen od strane Centra za olakšavanje trgovine i elektronsko poslovanje Ujedinjenih nacija. Standard je korišćen po uzoru na rad Kancelarije za informacione tehnologije i elektronsku upravu koja je definisala domene po uzoru na ovaj standard sa ciljem projektovanja budućeg metaregistra Republike Srbije. Vodeći se ovim standardom definisani su semantički domeni. Semantički domeni su komponente koje su opisane pomoću obaveznog atributa koji predstavlja sadržaj i pomoćnih atributa. Svaki atribut ima naziv i primitivni tip podatka, kao i ograničenja ukoliko postoje. Tip podatka obaveznog atributa Sadržaj direktno definiše tip podatka vrednosti entiteta registra. Pomoćni atributi nisu obavezni i definišu se po potrebi. Na primer semantički domen Iznos ima osnovni atribut Sadržaj tipa Decimal i pomoćni atribut Valuta tipa String koji može imati ograničenje najviše 3 karaktera (maxLength = 3). Sam naziv semantičkog domena direktno ukazuje na vrstu podatka.

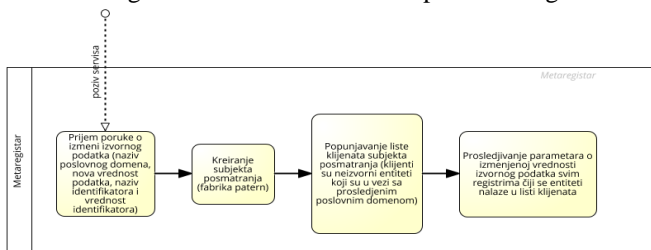
Za svaki podatak (entitet) registra potrebno je upisati tačan naziv podatka i naziv koncepta (tabele) skladišta u kojoj se čuva u bazi podataka. Zatim, neophodno je definisati da li je podatak izvorni u datom registru ili ne. Izvorni podatak je onaj podatak koji se prvi put skladišti odnosno kreira u datom registru. Taj registar je vlasnik tog podatka i njegova vrednost je relevantna i sigurno tačna. Ukoliko dođe do izmene ovog podatka ona će se zabeležiti u ovom registru tj. njegovoj bazi podataka kroz odgovarajući informacioni sistem organizacije. Neizvorni podatak registra predstavlja podatak koji se skladišti u registru i koji je datoj organizaciji potreban za poslovanje, ali je taj podatak izvorni u nekom drugom registru. Ako je podatak odnosno entitet registra koji se upisuje izvorni, definiše se poslovni domen na sličan način kao što su kreirani semantički domeni, vodeći se Core Components Data Type Catalogue standardom. Poslovni domen podrazumeva definisanje naziva poslovnog domena i odabir semantičkog domena u odnosu na semantičko značenje podatka i primitivni tip podatka. Naziv poslovnog domena treba definisati tako da nedvosmisleno ukazuje na sadržaj podatka na koji se odnosi. Na osnovu semantičkog domena posredno se određuje tip podatka entiteta registra. Definisanjem poslovnog domena prilikom upisa entita registra automatski se stvara veza entiteta sa tim domenom. Ako podatak nije izvorni, potrebno je izabrati odgovarajući poslovni domen podatka koji je već prethodno definisan za odgovarajući izvorni podatak. Na ovaj način kreira se važna veza između neizvornog podatka registra i tog istog izvornog podatka u matičnom registru. Na osnovu ove veze metaregistar ima mogućnost da vrši automatsko obaveštavanje registara o promeni njegovog neizvornog podatka koji se izmenio u matičnom registru.



Slika 1. Proces upisa novog registra u metaregistar

III. ZAKLJUČAK

Kada se desi promena izvornog podatka u nekom registru, informacijski sistem organizacije koja je vlasnik registra automatski poziva REST (eng. Representational State Transfer) servis metaregistra za obaveštavanje prosleđujući promenjenu vrednost podatka, naziv njegovog poslovnog domena, naziv identifikatora tog podatka i vrednost identifikatora, ili zaposleni te organizacije unosi kroz korisnički interfejs metaregistra iste parametre. Kada zaposleni unosi informaciju o promeni kroz korisnički interfejs, tada metaregistar poziva isti REST servis. Cilj i težnja metaregistra jeste da se sva komunikacija između softverskog sistema metaregistra i ostalih sistema obavlja automatski putem veb servisa. Ipak neophodno je obezbediti i mogućnost unosa promenjene vrednosti podatka matične evidencije kroz softverski sistem metaregistra imajući u vidu da postoje državne institucije čiji registri nisu digitalno transformisani do tog nivoa da je automatizacija moguća. REST servisi omogućavaju postizanje nezavisnosti od specifičnosti različitih skladišta podataka. Servis prvo upisuje novu vrednost u bazu metaregistra kako bi se čuvala istorija izmenjenih vrednosti korišćenjem metaregistra. Kako bi servis znao kojim registrima treba da pošalje poruku o izmeni određenog podatka, implementirani su posmatrač i fabrika patern. Posmatrač i fabrika patern su dva od dvadeset i tri paterna projektovanja softvera koja su objavljena od strane 4 iskusna stručnjaka poznata pod nazivom “Gang of Four” (GoF) [9]. Posmatrač (eng. observer) patern je implementiran tako da svaki podatak registra predstavlja klijenta koji posmatra i čeka na promenu vrednosti. U trenutku pozivanja servisa klasa subjekta posmatranja generiše listu svojih klijenata. Lista klijenata nije ranije generisana jer se menja u zavisnosti od obaveštenja u kome je specificiran poslovni domen izvornog podatka koji je izmenjen. Na osnovu naziva poslovnog domena potrebno je u bazi metaregistra pronaći sve entitete različitih registara koji su povezani sa datim poslovnim domenom, a označeni su kao neizvorni. Ovo su podaci koji treba da dobiju novu vrednost koja je takođe prosleđena servisu. Kako bi logika kreiranja klase subjekta posmatranja, a pre svega liste klijenata bila sakrivena od samog servisa i ostalih klasa implementiran je fabrika (eng. factory) patern. Pozivom klase za kreiranje objekta kreira se subjekat posmatranja i lista njegovih klijenata kojima se prosleđuje obaveštenje o promeni. Obaveštenja se prosleđuju putem servisa koji je definisan i obezbeđen prilikom upisa svakog registra u metaregistar. Servis vrši ažuriranje podataka u samom registru na osnovu definisane poslovne logike.



Slika 2. Rad REST servisa za obaveštavanje registara o promeni vrednosti izvornog podatka

U ovom radu prikazano je rešenje za automatsku sinhronizaciju podataka u sistemu državne uprave. Korišćenje ovog sistema osiguralo bi donošenje odluka na osnovu tačnih, ažurnih podataka. U skladu sa tim, doprinelo bi se bržem i lakšem sprovođenju procedura, kao i uklanjanju ponavljanja procedura zbog donetih pogrešnih odluka usled korišćenja netačnih podataka za odlučivanje.

Vrednost predstavljenog načina rešenja problema sinhronizacije ogleda se u postizanju potpune nezavisnosti registara. Ovakva nezavisnost registara postignuta je uvođenjem metaregistra koji prikuplja metapodatke o registrima, ali nema pristup tim registrima, kao što ni registri međusobno nemaju pristup jedni drugima, niti postoji potreba za međusobnom komunikacijom. Takođe, kao što je prikazano ne zahteva se nijedna vrsta izmene ili dopune strukture postojećih registara. Jedina odgovornost i potreba dodatnog ulaganja organizacija koje su vlasnici registara ogleda se u implementiranju servisa za potrebe prihvatanja obaveštenja o promeni izvornog podatka od strane metaregistra. U slučaju uvođenja metaregistra u državnu upravu ovaj proces može zahtevati malo više vremena i resursa, uzevši u obzir manjak stručnog kadra i ograničenost resursa, ali sa druge strane predstavlja minimalni obim ulaganja u odnosu na druga rešenja za uvođenje procesa sinhronizacije podataka.

LITERATURA

- [1] Marijana Gajić, Razvoj softverskog sistema za upravljanje metaregistrom državne uprave, Master rad, Fakultet organizacionih nauka, Beograd, 2019.
- [2] Wang Shouhong, Wang Hai, 2013, „Business Database Technology: An Integrative Approach to Data Resource Management with Practical Project Guides, Presentation Slides, Answer Keys to Hands-on Exercises for Students in Business Programs“, Universal-Publishers, Boca Raton, Florida
- [3] Tybout Alice M, Callder Bobby J, 2010, “*Kellogg on Marketing: Second Edition*“, John Wiley & Sons Inc, New Jersey
- [4] Službeni glasnik Republike Srbije 27/2018, Zakon o elektronskoj upravi, Beograd, JP, Službeni glasnik“
- [5] Traummüller Roland, 2004, “Electronic Government: Third International Conference, EGOV 2004, Zaragoza, Spain, August 30-September 3, 2004, Proceedings“, Springer Science & Business Media
- [6] Baca Murtha, 2008, “*Introduction to Metadata: Second Edition*“, Getty Publications, Los Angeles, CA
- [7] Greenberg Jane, 2008, “Metadata for Semantics and Social Applications: Proceedings of the International Conference on Dublin Core and Metadata Applications Berlin, 22-26 September : DC 2008: Berlin, Germany“, Universitätsverlag Göttingen
- [8] United Nations Centre for Trade Facilitation and Electronic Business (UN/CEFACT), 2011, “*Core Components Data Type Catalogue - Version 3.1*“, 17. October 2011.
- [9] Gamma Erich, Helm Richard, Johnson Ralph, John Vlissides, 1994, “*Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software*“, Addison-Wesley Professional Computing Series, Pearson Education

Analiza uticajnih faktora za nastanak korone na visokonaponskim vodovima

Ena Đapić, Vladan Radulović, *Member, IEEE*

Sadržaj — U elektrotehnici, korona je lokalna jonizacija vazduha, koja se javlja u visokonaponskim mrežama i visokonaponskoj opremi. U elektroenergetskom sistemu (EES) izaziva gubitke energije, radio smetnje, elektromagnetnu interferenciju sa električnim vodovima za prenos telekomunikacionih i informacionih signala, oštećenje površine provodnika i izolacije, a osim navedenog je i izvor buke. S obzirom na neželjene efekte korone, u radu će biti analizirani uticajni faktori za njen nastanak i gubici koje prouzrokuje. U proračunima će se koristiti modifikovani Peek-ovi obrasci.

Gljučne riječi – korona, visokonaponski vod, Peek-ov obrazac.

I. UVOD

Korona je slabo iskričavo pražnjenje koje se javlja u vazduhu, obično u okolini oštih tačaka, ivica i tankih cilindričnih provodnika, priključenih na visoki napon. Manifestuje se pojavom ljubičastog svjetlucavog vijenca u okolini elektrode, po čemu je pojava i dobila ime (*lat. corona* – vijenac, kruna). Takođe, korona je praćena mirisom ozona i karakterističnim pucketanjem, koje se javlja zbog promjene gustine gasa usljed povećanja temperature koja povećava pritisak u gasu [1].

U radu će biti izložen uticaj radnog napona na gubitke usljed korone. Osim toga, gubici i kritični napon su analizirani sa aspekta poluprečnika provodnika i broja provodnika po fazi. Takođe je izložen uticaj stanja površine provodnika i vremenskih prilika na kritični napon.

II. MEHANIZAM NASTANKA KORONE

Korona se dešava u nehomogenom polju, oko jedne ili više elektroda kada je jačina električnog polja – $E \left[\frac{\text{V}}{\text{m}} \right]$ u blizini elektrode veća od probojne vrijednosti – E_{probojno} za dielektrik, a u ostalom dijelu međuelektrodnog prostora jačina polja je ispod vrijednosti polja – E_{probojno} .

Usljed činjenice da vazduh nije savršen izolator, jer u normalnim uslovima sadrži veliki broj slobodnih elektrona i jona, nastalih jonizujućim zračenjem (kosmički zraci, zračenje radioaktivnih elemenata iz zemlje ili okoline), korona je prirodan proces u elektroenergetskim mrežama. Kada se uspostavi električno polje između provodnika, slobodne čestice će početi da se kreću i ubrzavaju. Naelektrisane čestice

se tokom svog kretanja sudaraju sa neutralnim atomima, a ti sudari su elastični ili neelastični. Prilikom elastičnih sudara dolazi do pobuđivanja atoma, a potom i njihove relaksacije uz ispuštanje viška energije u formi svjetlosti (fotona). Neelastični sudari elektrona i atoma, kao i fotona i atoma, mogu izazvati udarne jonizacije, i na taj način stvaranje novih slobodnih naelektrisanja [2] [3].

Glavni činilac za uspostavljanje korone je napon, ali osim njega, tu su i sljedeći uticajni faktori: atmosferski uslovi, stanje provodnika i razmak između provodnika. Probojno polje vazduha direktno je proporcionalno gustini vazduha, a na atmosferskom pritisku $p=101,3\text{kPa}$ i temperaturi $t=20^{\circ}\text{C}$ iznosi $E_{\text{probojno}}=30 \frac{\text{kV}}{\text{cm}}$. Ovo ukazuje na uticaj atmosferskih prilika na mogućnost stvaranja korone, i objašnjava zašto je korona prepoznata kao ozbiljniji problem na većim nadmorskim visinama. Osim toga, pri olujnom vremenu uz postojanje neprekidnog protoka vazduha, broj jona u okolini provodnika daleko je veći od normalnog, što čini da je vjerovatnije da će doći do jonizacije, u odnosu na vedar dan. Korona izuzetno zavisi od provodnika i njegovog fizičkog stanja. Tako sa porastom poluprečnika njen uticaj na EES znatno se smanjuje, a s druge strane, njen uticaj na EES povećava prisustvo nečistoća ili hrapavosti provodnika, jer ovi faktori smanjuju probojni napon. Kako povećanje rastojanja smanjuje probojni napon, može se zaključiti da teorijski postoji određena razdaljina, za koju nastanak korone uopšte nije moguć [4] [5].

Kritična vrijednost jačine polja $E_{kr} \left[\frac{\text{kV}}{\text{cm}} \right]$ za nastanak korone izračunava se preko Peek-ovog obrasca za cilindrične provodnike, koji je dat relacijom (1).

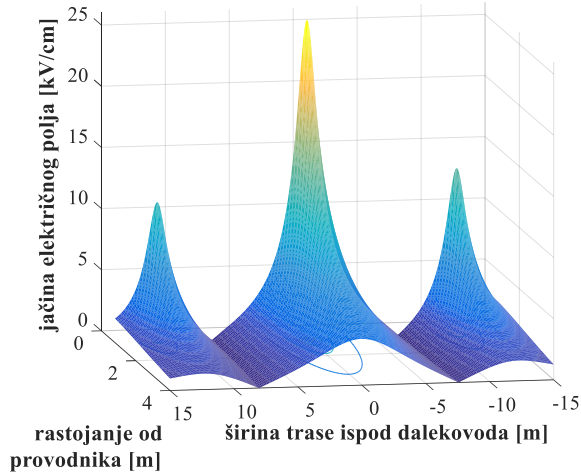
$$E_{kr}=30 \cdot \delta \cdot m \cdot \left(1 + \frac{0,3}{\sqrt{\delta \cdot r}} \right) \quad (1)$$

Gdje je δ – koeficijent relativne gustine vazduha, m – bezdimenzioni redukcionni faktor, koji objedinjuje stanje provodnika i vremenske prilike, a r [cm] – poluprečnik provodnika.

A. Korona na visokonaponskim vodovima

Provodnici nadzemnih vodova visokog napona podložni su nastanku korone. Riječ je o cilindričnim provodnicima priključenim na visoki napon koji se prostiru iznad zemlje, koja se može posmatrati kao ravna, beskonačno velika

uzemljena elektroda. Zbog međusobne blizine provodnika i blizine zemlje, električno polje je nehomogeno – najjače na površini provodnika, a opada sa povećanjem rastojanja od provodnika. Raspodjela električnog polja u proizvoljnom trenutku, u okolini trofaznog portalnog stuba 400kV voda data je na Slici 1. Sa slike se vidi kako sa porastom rastojanja od provodnika, opada jačina polja.



Slika 1. Raspodjela električnog polja u okolini portalnog stuba dalekovoda

1) Kritični napon

Fazni napon pri kom dolazi do pojave korone na provodniku realnog nadzemnom voda, naziva se kritičnim naponom U_{kr} [kV], i računa se preko Peek-ovog obrasca:

$$U_{kr} = \frac{30}{\sqrt{2}} \cdot \delta \cdot \left(1 + \frac{0,3}{\sqrt{\delta \cdot r}}\right) m_p \cdot m_v \cdot r \cdot \ln \frac{D_m}{r} \quad (2)$$

gdje je δ – koeficijent relativne gustine vazduha, m_p – koeficijent površinskog stanja provodnika, m_v – koeficijent vremenskih prilika, D_m [cm] – međusobna srednja geometrijska udaljenost faznih provodnika, r [cm] – poluprečnik provodnika. Relativna gustina vazduha izračunava se preko relacije:

$$\delta = 2,89 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{p}{273+t} \quad (3)$$

p [Pa] – atmosferski pritisak i t [°C] – temperatura vazduha u okolini provodnika [6] [7].

Za provodnike u snopu, kritični fazni napon izračunava se pomoću relacije:

$$U_{kr} = \frac{30}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{\left[1 + (n-1) \cdot \frac{r}{r_s}\right]} \cdot \delta \cdot \left(1 + \frac{0,3}{\sqrt{\delta \cdot r}}\right) m_p \cdot m_v \cdot n \cdot r \cdot \ln \frac{D_m}{r_s} \quad (4)$$

gdje je n broj provodnika u snopu, r_s [cm] – srednji geometrijski poluprečnik provodnika u snopu, a r [cm] – poluprečnik jednog provodnika u snopu [7].

2) Gubici usljed korone

Tokom korone na nadzemnim vodovima dolazi do gubitaka aktivne energije. Snagu gubitaka nemoguće je egzaktno proračunati, već se za njen proračun koristi empirijska formula:

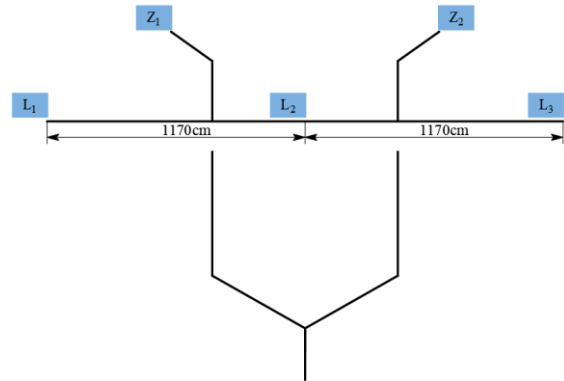
$$P_k = 1,625 \cdot 10^{-4} \cdot U_f^2 \cdot \left(\frac{U_f}{U_{kr}}\right)^5 \quad (5)$$

U relaciji (5) P_k je dato u $\left[\frac{\text{kW}}{\text{km}}\right]$, a U_f – radni napon u [kV] [7].

III. ANALIZA UTICAJNIH FAKTORA NA KRITIČNI NAPON I GUBITKE USLJED KORONE

A. Radni napon

Prva karakteristika, čiji će uticaj na gubitke biti analiziran, je radni napon. Posmatra se 400kV dalekovod sa portalnim stubovima sa trase Lastva-Pljevlja (stub br. 127), čiji su provodnici po fazi organizovani kao dva užeta Al/\check{c} 490/65mm², u snopu na rastojanju 40cm. Položaj provodnika i potrebna rastojanja prikazani su Slikom 2.



Slika 2. Analizirani dalekovod

Poluprečnik jednog užeta iznosi $r = 1,56\text{cm}$, a kako su po fazi postavljena dva užeta, srednji geometrijski poluprečnik iznosi:

$$r_s = 7,9\text{cm},$$

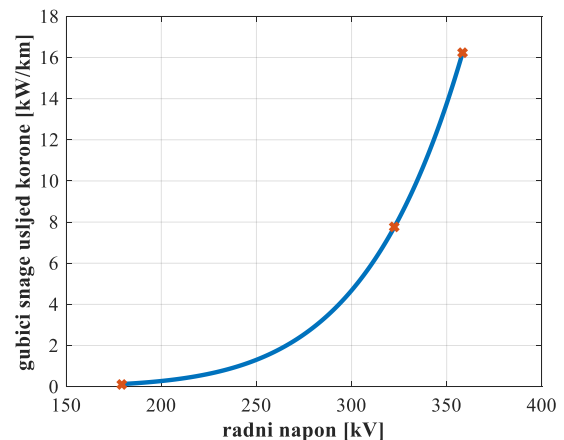
a međusobna srednja geometrijska udaljenost faznih provodnika:

$$D_m = 1474,12\text{cm}.$$

Iz relacije (4) moguće je izračunati kritični fazni napon i on iznosi:

$$U_{kr} = 358,43\text{kV}.$$

Analizirani su gubici usljed korone za fazne napone od $0,5 \cdot U_{kr}$ do U_{kr} . Zavisnost gubitaka od radnog napona prikazana je Slikom 3.



Slika 3. Snaga gubitaka usljed korone u f-ji od radnog napona

Sa grafika se vidi da su gubici za napon $0,5 \cdot U_{kr}$ mali i beznačajni za sistem, njihova brojna vrijednost data je Tabelom 1. Takođe se može uočiti, da snaga gubitaka nakon određenog napona dosta strmije raste, a u slučaju napona jednakog 90% kritičnog, gotovo linearno. Ovo je slučaj nedopustivih gubitaka usljed korone za sistem i potrebno je preduzeti mjere za suzbijanje efekta korone. Računa se da u eksploataciji nikad neće doći do radnog napona jednakog kritičnom naponu, kada nastupa opšta korona [7].

Aktivni otpor faznog provodnika Al/č 490/65mm² na 20°C iznosi $0,05896 \frac{\Omega}{km}$, tako da će otpor faze koja sadrži dva takva provodnika iznositi $0,02948 \frac{\Omega}{km}$. Ako se pretpostavi da je analizirani dalekovod opterećen sa 500MW, pri nominalnom naponu i faktoru snage $\cos\varphi=0,95$, struja po fazi jednaka je 0,72kA. Poređenja radi, Džulovi gubici, proporcionalni kvadratu struje i aktivnom otporu, za razmatrani slučaj iznose $15,29 \frac{kW}{km}$, dok gubici usljed korone za 400kV mrežu, čiji je najviši dozvoljeni fazni napon 242,49kV, iznose $1,22 \frac{kW}{km}$, kao što se vidi u Tabeli 1. Gubici usljed korone proporcionalni su naponu, a napon ne bi smio da pređe najvišu dozvoljenu vrijednost, jer postoje kompleksne zaštite u prenosnoj mreži. Stoga, kako gubici nikad neće preći $1,22 \frac{kW}{km}$, može se smatrati da nisu značajni i da je mreža dobro projektovana.

TABELA I

BROJNE VRIJEDNOSTI SNAGE GUBITAKA USLED KORONE U F-JI OD NAPONA

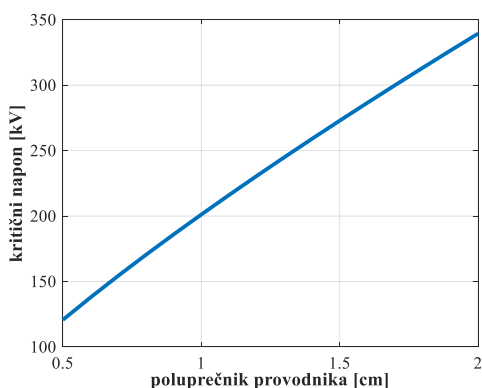
radni napon	$0,5 \cdot U_{kr}$	242,4kV*	$0,9 \cdot U_{kr}$	U_{kr}
snaga gubitaka [$\frac{kW}{km}$]	0,13	1,22*	7,77	16,25

* Najviši dozvoljeni fazni napon 400kV mreže i njemu proporcionalni gubici

B. Poluprečnik provodnika

Prilikom analize uticaja poluprečnika provodnika na kritični napon, koristiće se dalekovod sa Slike 2, sa jednostrukim faznim provodnicima i opsegom poluprečnika od 0,5cm do 2cm. Kritični napon se računa iz relacije (2).

Neophodno je naglasiti da razmatrani slučaj nije inženjerski prihvatljiv, već da je analiziran samo zbog ilustrativnog prikaza kako poluprečnik provodnika utiče na kritični napon, što je prikazano Slikom 4.

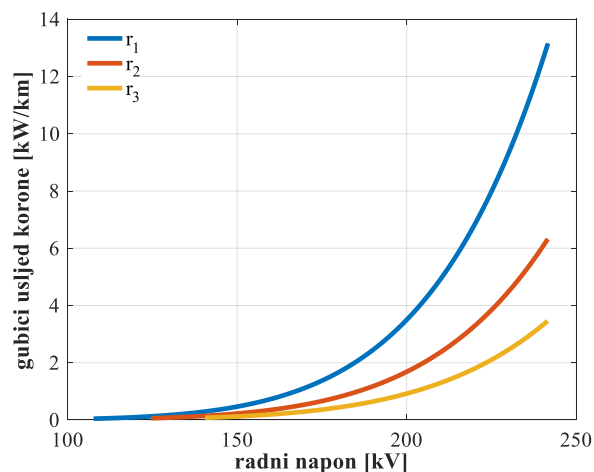


Slika 4. Kritični napon u f-ji od poluprečnika

Sa grafika se može zaključiti da sa porastom poluprečnika provodnika raste i kritični napon. Stoga, zaključuje se da se porastom poluprečnika provodnika umanjuju efekti usljed korone.

Za analizu uticaja poluprečnika na gubitke snage posmatraće se tri standardizovana užeta Al/č i to 240/40mm², 360/57mm² i 490/65mm², čiji su poluprečnici, respektivno, $r_1=1,095cm$, $r_2=1,33cm$ i $r_3=1,56cm$, što je takođe ilustrativan primjer.

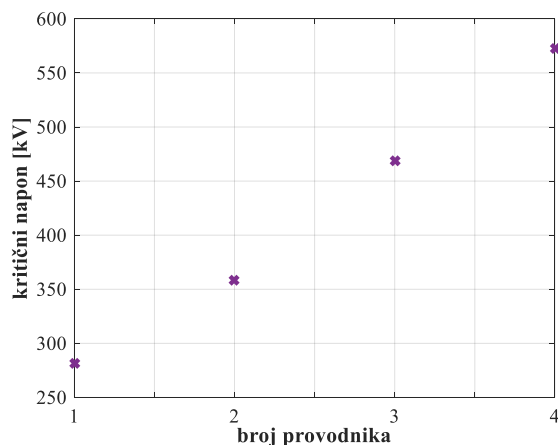
Na Slici 5 data je grafička zavisnost snage gubitaka usljed korone u f-ji od radnog napona za tri različita poluprečnika. Sa grafika, jasno je da su gubici manji sa porastom poluprečnika provodnika, što je dokaz prethodne tvrdnje da se efekti korone ublažavaju upotrebom provodnika većeg poprečnog presjeka.



Slika 5. Snaga gubitaka usljed korone u f-ji od radnog napona za tri različita poluprečnika

C. Broj provodnika u snopu

Kako sa povećanjem broja provodnika u snopu, raste i ekvivalentni poluprečnik, očekivano je da će se smanjivati efekti korone. Kritični napon za stub sa Slike 2 i jedno, dva, tri ili četiri užeta Al/č 490/65mm², u snopu na rastojanju 40cm dat je na Slici 6.



Slika 6. Kritični napon za slučaj jednog, dva, tri i četiri provodnika po fazi

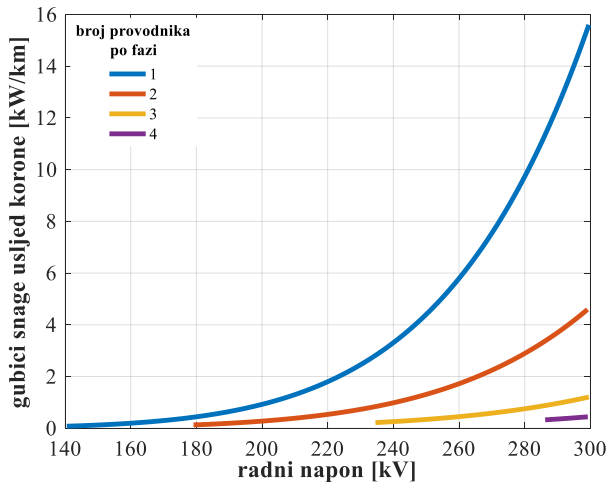
Brojne vrijednosti kritičnih faznih napona za razmatrane slučajeve date su u Tabeli 2. Poređenjem ovih vrijednosti može

se zaključiti da se kritični napon povećava od 0,2 do 0,3 puta dodavanjem jednog provodnika po fazi.

TABELA II
KRITIČNI NAPONI U ZAVISNOSTI OD BROJA UŽADI PO FAZI

broj provodnika po fazi	1	2	3	4
kritični napon [kV]	281,09	358,43	469,09	572,49

Zavisnost snage gubitaka od napona u razmatrana četiri slučaja prikazana je Slikom 7.



Slika 7. Snaga gubitaka usljed korone u f-ji od radnog napona za slučaj jednog, dva, tri i četiri provodnika po fazi

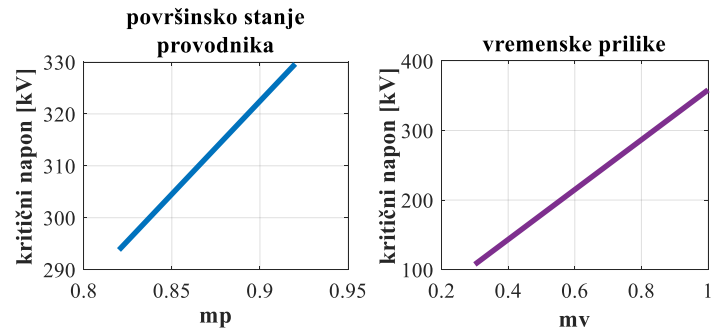
Zaključuje se da se porastom kritičnog napona smanjuju gubici. Osim smanjenja gubitaka, povećanjem broja provodnika smanjuje se induktivnost voda, odnosno povećava prenosna moć. Iz tih razloga, upotreba više provodnika po fazi je praksa za 220kV i 400kV vodove, gdje su efekti korone najizraženiji i karakteristična veća opterećenja. Stoga bi najidealniji slučaj bio 4 provodnika po fazi, ali osim veće cijene, smanjenje induktivnosti voda donosi rizik od loših naponskih prilika u slučaju podopterećenog voda – povećanje napona u sistemu, što može dovesti do naponskog sloma.

D. Površinsko stanje provodnika i vremenske prilike

Koeficijent hrapavosti površine provodnika m_p mijenja se u opsegu od 0,82 do 0,92, pri čemu bi za idealno gladak cilindrični provodnik iznosio 1. Provodnik nikad ne može biti idealno gladak, čak pri puštanju voda u pogon m_p , ima manju vrijednost nego kasnije u eksploataciji, zbog veće hrapavosti novih užadi i zaprljanja nastalih tokom montaže. Na Slici 8 prikazana je linearna zavisnost kritičnog napona od varijacije koeficijenta m_p . Zaključuje se da su veće vrijednosti koeficijenta stanja provodnika povoljnije za EES.

Koeficijent vremenskih prilika obično se kreće od 0,3 za nevrijeme do 1 za vedro vrijeme [7]. Kritični napon je takođe linearno zavisna od ovog koeficijenta, odnosno, raste sa njegovim porastom, a grafički prikaz njegove promjene dat je

Slikom 8.



Slika 8. Uticaj površinskog stanja provodnika i vremenskih prilika na kritični napon usljed korone

Sa Slike 8 se može zaključiti da razmatrana dva koeficijenta značajno utiču na kritični napon, naročito vremenske prilike, a tome svjedoče i odnosi:

$$\frac{U_{kr,0,92}}{U_{kr,0,82}} = 1,12;$$

$$\frac{U_{kr,1}}{U_{kr,0,3}} = 3,33,$$

gdje su u prvom slučaju upoređeni kritični naponi za maksimalnu i minimalnu vrijednost koeficijenta m_p , a u drugom za maksimalnu i minimalnu vrijednost koeficijenta m_v .

IV. ZAKLJUČAK

Da bi se efekti korone smanjili potrebno je povećati poluprečnik provodnika ili broj provodnika u snopu. Takođe, povećanje kritičnog napona, odnosno smanjenje gubitaka, može se postići povećanjem razmaka između provodnika, što u radu nije analizirano. Površinsko stanje provodnika i vremenske prilike značajno utiču na nastanak korone. Stoga je neophodno da tehničke karakteristike provodnika i voda rezultiraju prihvatljivim efektima usljed korone, i u najkritičnijim uslovima ovih faktora.

LITERATURA

- [1] Alexander Fridman, Lawrence A. Kennedy, „Plasma Physics and Engineering“, Taylor & Francis Routledge, 2004.
- [2] L. B. Loeb, „Electrical Coronas, Their Basic Physical Mechanism Berkely“, CA: University of California Press, 1965.
- [3] Vladan Radulović, „Električno pražnjenje u nehomogenom polju“, Tehnika visokog napona, UCG, Elektrotehnički fakultet u Podgorici, treće predavanje, 10.10.2018.
- [4] Kenneth L. Kaiser, „Electrostatic Discharge“, CRC Press, 2005.
- [5] M. Afghahi, R.J. Harrington, „Charge model for studing corona during surges on overhead transmission lines“, IEEE Proceedings, vol. 130, pp 16-21, januara 1983.
- [6] M. M. Sammy, R. M. Radwan, „Calculation of Electric Fields Underneath and on Conductor Surfaces of Ultra High Voltage Transmission Lines“, IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, 2017.
- [7] Jadranka Radović, „Visokonaponske mreže i vodovi“

Simulacije veoma brzih prelaznih prenapona u SF₆ postrojenju

Jasna Suljević, Crnogorski elektrodistributivni sistem, Vladan Radulović, Elektrotehnički fakultet

Sadržaj—Veoma brzi prelazni prenaponi koji nastaju kao posljedica manipulacija rastavljačima u SF₆ gasom izolovanim postrojenjima izazivaju naprezanje izolacije opreme, kao i smetnje u sistemima za mjerenje, zaštitu i upravljanje. U određenim slučajevima, amplitude ovih veoma brzih prelaznih prenapona mogu da dostignu vrijednosti iznad podnosivog napon izolacije. U ovom radu izvršene su simulacije veoma brzih prelaznih prenapona na različitim mjestima u 420 kV postrojenju. Simulacije su izvršene pomoću programskog paketa MATLAB Simulink.

I. UVOD

Novi trendovi u potrošnji električne energije, progresivna urbanizacija i povećanje broja stanovništva, za elektroenergetski sistem predstavljaju sve kompleksniji izazov. Nedostatak prostora u velikim gradovima, za posledicu ima sve veću potrebu za kompaktnijim postrojenjima. Savremene tendencije u razvoju postrojenja su usmjerene ka ostvarivanju kompaktnosti i modularnosti aparature, značajne redukcije prostora, pouzdanosti u pogonu i sigurnosti po osoblje koje rukuje aparaturom. Rezultat takvih težnji jesu postrojenja izolovana sumpor – heksafluor (SF₆) gasom koja imaju brojne tehničke prednosti u odnosu na prethodna rješenja, kao što su kompaktna veličina, manje zauzimanje prostora, lako održavanje, manje vremena za montažu polja, pouzdanost itd. Ipak, primjena ovih postrojenja sa sobom donosi i nove probleme, kao što je pojava veoma brzih prelaznih prenapona (VFTO – Very Fast Transient Overvoltages).

Naime, sklopne operacije u SF₆ postrojenjima generišu prelazne prenapone. Vrijeme porasta ovih prelaznih prenapona je jako kratko. U pitanju su veličine reda 4 – 100 ns i njihova frekvencija oscilovanja je od 50 kHz do 100 MHz. Prelazni prenaponi generišu putujuće talase koji putuju do spoljašnjih spojenih komponenata. To može oštetiti unutrašnju izolaciju SF₆ postrojenja, kao i izolaciju transformatora. Takođe, ovi talasi mogu dovesti do nepravilnog rada elektronskih uređaja u postrojenju.

II. SF₆ VISOKONAPONSKA RAZVODNA POSTROJENJA

Gasom izolovano postrojenje (Gas insulated switchgear - GIS) se sastoji od kućišta koje sadrži visokonaponsku ili

Jasna Suljević, Crnogorski elektrodistributivni sistem, Ivana Milutinovića br. 12, 81000 Podgorica, Crna Gora (e-mail: jasna.suljevic@cedis.me)

Vladan Radulović, Elektrotehnički fakultet u Podgorici, Univerzitet Crne Gore, Džordža Vašingtona bb, 81000 Podgorica, Crna Gora (e-mail: vladanra@ac.me).

sredjenaponsku električnu opremu unutar odjeljka koji je hermetički zaptiven i napunjen SF₆ gasom. To je čist gas, bez mirisa i ukusa, bezbojan, hemijski stabilan, nezapaljiv i neotrovan. S obzirom na to da SF₆ gas ima dobre izolacione osobine, dimenzije SF₆ postrojenja su 3 – 10 puta manje od dimenzija vazduhom izolovanog postrojenja za isti napon. Čelije izolovane gasom su hermetički zatvorene čeličnim oklopom. Zbog toga, ova postrojenja nijesu osjetljiva na spoljašnje uticaje, ali im je mana što zbog oklopa mjesto kvara nije vidljivo i otklanjanje kvara traje znatno duže. Povoljna okolnost je što je učestanost kvarova elemenata SF₆ postrojenja znatno niža od učestanosti kvarova odgovarajućih elemenata postrojenja izolovanih vazduhom. Svi djelovi pod naponom, uključujući završetke kablova, sabirnice, naponske transformatore, su odvojeni metalnim uzemljenim pregradama. Radni mehanizam prekidača i pomoćna oprema su pristupačni sa spoljne strane i potpuno su odvojeni od primarne opreme. Postrojenja srednjeg napona se izvode kao trofazno oklopljena, dok za više napone mogu biti i jednofazno oklopljena, tj. da svaki pol elemenata postrojenja bude smješten u poseban metalni oklop, koji predstavlja rezervoar za gas SF₆. Postoje i kombinacije ova dva načina oklapanja, na primjer sabirnice oklopljene trofazno, a ostali djelovi jednofazno i obratno. SF₆ postrojenja su podijeljena na odjeljke ili komore. Time se omogućava da se u slučaju kvara na nekom od elemenata unutar komore iz pogona isključi minimalan dio postrojenja, što bi u SF₆ postrojenjima bez komora bilo neizvodljivo. Opasnost od napona dodira ne postoji, jer su svi metalni djelovi uzemljeni [1].

III. VEOMA BRZI PRELAZNI PRENAPONI

Jedan od jedinstvenih fenomena povezanih sa GIS-om je postojanje vrlo brzih prelaznih procesa (VFT). VFT-i su prelazni fenomeni koji nastaju kao rezultat sklopnih operacija rastavljača. Proboj gasa SF₆ događa se brzo, obično u roku od nekoliko nanosekundi. Kao rezultat toga, generisane prelazne pojave imaju vrlo kratko vrijeme uspona i visokofrekventni sadržaj. Prelazne pojave dovode do razvoja vrlo brzih prelaznih prenapona (VFTO) [2].

VFTO može izazvati naprezanje izolacije elemenata SF₆ postrojenja i predstavlja potencijalni izvor smetnji. Te smetnje mogu da utiču na ispravnost rada sistema za zaštitu i upravljanje. Naime, dio generisanog prenapona se preko parazitnih kapacitivnosti prenosi do komandno – signalnih kablova ugrađenih naponskih i strujnih transformatora. Ovi prenaponi putuju do sekundarnih priključaka sistema za

upravljanje i zaštitu razvodnog postrojenja [3].

Osim osnovne funkcije fizičkog odvajanja dijela kola, rastavljač vrši i sklapanje malih kapacitivnih struja neopterećenih sabirnica, mjernih i sklopnih aparata, kao i provodnih izolatora [3].

Pri sklapanju malih kapacitivnih struja, karakteristike rada rastavljača u metalom oklopljenom postrojenju u odnosu na klasična otvorena postrojenja su: veće kapacitivne struje zbog većih specifičnih kapaciteta prema zemlji, veći gradijent prelaznog napona i struje, visok gradijent električnog polja između luka i uzemljenog oklopa za vrijeme operacije sklapanja, manje talasne impedanse [3].

Kada napon između kontakata rastavljača poraste iznad dielektrične čvrstoće razmaka, javljaju se ponovna paljenja i predpaljenja usljed kojih protiču visokofrekventne struje koje nastoje da izjednače napone sa strane izvora i opterećenja. Ponovna paljenja se javljaju i do 100 puta po operaciji, što je posljedica male brzine kontakata. To izaziva putujuće talase čije su frekvencije do nekoliko desetina MHz (u zavisnosti od konfiguracije postrojenja) i čiji se oblik formira unutar metalom oklopljenog postrojenja. U zavisnosti od naponskog nivoa, prenaponi mogu dostići tolike vrijednosti da mogu izazvati preskok sa sabirnice na uzemljeni oklop. Zbog toga je važno tačno poznavanje kritičnih mjesta u postrojenju gdje se mogu javiti najviši prenaponi kako bi se izvršio pravilan odabir zaštite [3].

Da bi se sagledali najstrožiji uslovi koji se mogu desiti pri sklapanju malih kapacitivnih struja rastavljačem, treba razmotriti sledeće slučajeve: sklapanje dugih sekcija sabirnica sa strane opterećenja pri čemu mogu biti uključene i ostale komponente, sklapanje kratke dionice u praznom hodu sa strane opterećenja, sklapanje pri opoziciji faza [3].

Jedan od fenomena uočenih u praksi je porast potencijala metalnog oklopa gasom SF₆ izolovanog postrojenja pri sklopnim operacijama rastavljačem. Ovaj fenomen, u literaturi poznat pod imenom Transient Ground Potential Rise – TGPR, manifestuje se varničenjem između oklopa i ostalih uzemljenih djelova i može oštetiti pojedine komponente sistema za upravljanje i zaštitu i ugroziti pogonsko osoblje gasom SF₆ izolovanog postrojenja. Porast potencijala metalnog oklopa može dostići vrijednosti reda 100 kV i više, i njegove posljedice mogu postati dominantan faktor za strujna kola zaštite, kontrole i mjerenja [3].

Uzroci porasta potencijala metalnog oklopa su: sklopne operacije rastavljačem u gasom SF₆ izolovanom postrojenju, kvarovi unutar SF₆ postrojenja, kao što su kratki spojevi i kvarovi izvan SF₆ postrojenja, kao što su kratki spojevi ili atmosferska pražnjenja [3].

Prva dva uzroka dovode do brzog sloma dielektrične čvrstoće gasa SF₆. Kao posljedica ovog sloma, generišu se putujući talasi veoma kratkog vremena uspona, koji se šire od mjesta nastanka u oba smjera. Ovi putujući talasi se šire kroz GIS sa malim gubitkom, prigušenjem i izobličanjem. Front putujućeg talasa obično ima vrijeme porasta od 3 – 5 ns, što podrazumijeva sadržaj frekvencije do nekoliko stotina MHz. Kada ovi talasi naiđu na čvorišta unutar GIS-a, završetke ili

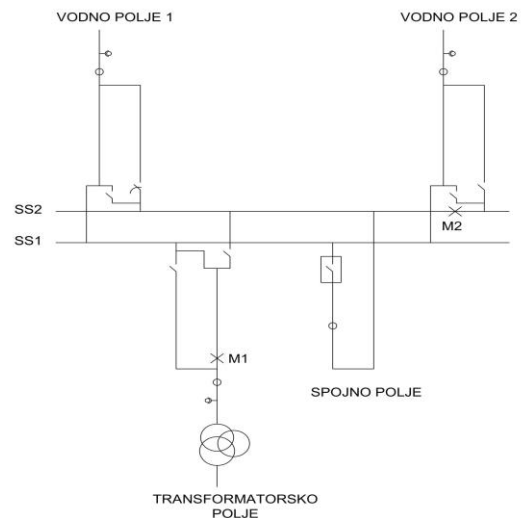
tačke diskontinuiteta, prelamaju se i odbijaju prema teoriji prenosnih vodova. Rezultujući prelazni talasni oblik u bilo kojoj tački GIS-a je stoga superpozicija svih različitih komponenata putujućeg talasa na tom mjestu. Pored toga, različite komponente će se različito kombinovati na različitim tačkama unutar GIS-a u zavisnosti od porijekla i smjera putovanja različitih komponenti. Iako ukupni oblik prelaznog talasa može da varira, prelazne pojave će zadržati iste početne karakteristike strmog fronta i sadržaj visoke frekvencije [2].

Određeni talasni oblik napona u nekoj tački unutar GIS-a je superpozicija svih sastavnih talasa koji stižu ili prolaze kroz tu tačku. U zavisnosti od tačne lokacije unutar GIS-a, ukupan naponski talas može da predstavlja prenapon. Ovi prenaponi su poznati kao veoma brzi prelazni prenaponi (VFTO). U tipičnim GIS konfiguracijama, amplitude VFTO su umjerene, rijetko prelaze 1,5 r.j. [2].

IV. SIMULACIJE VEOMA BRZIH PRELAZNIH PRENAPONA

U cilju ilustracije mogućnosti MATLAB Simulink-a za proračune prelaznih pojava koje se javljaju pri sklopnim operacijama u SF₆ postrojenjima, u ovom poglavlju su dati primjeri razvoja simulacionih modela za različite primjere iz prakse.

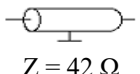
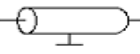
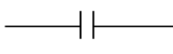
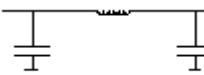


Analizira se postrojenje čija je šema data na slici 1. Riječ je o 420 kV postrojenju koje ima dvostruke sabirnice, dva vodna polja i transformatorsko polje sa transformatorom. Dvostruki sistem sabirnica takođe uključuje sabirničke sekcionere. Posmatraju se prelazni procesi koji nastaju operacijama rastavljača na vodnom polju 1. Tačke u kojima se mjeri napon prema zemlji su označene sa M1 i M2 na slici 1.



Slika 1. Postrojenje 420 kV koje se razmatra u simulaciji

U tabeli 1 su data električna ekvivalentna kola kojima se modeluju glavne komponente tipičnog GIS-a. Za modelovanje GIS-a koriste se električna ekvivalentna kola sastavljena od parazitnih elemenata i od distribuiranih parametara voda, koji su definisani karakterističnom impedansom i vremenom putovanja.

TABELA 1
EKVIVALENTNA KOLA GIS KOMONENTI ZA PREDSTAVLJANJE VFTO

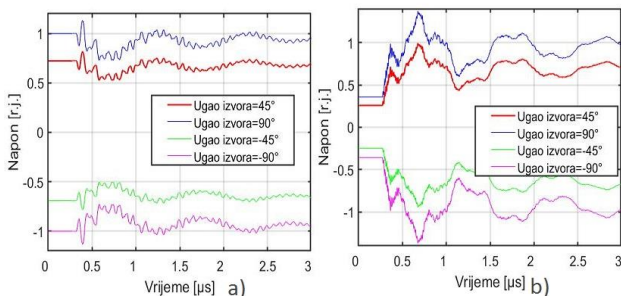
Komponenta	Ekvivalentno kolo	
Sabirnica		Prenosni vod sa distribuiranim parametrima bez gubitaka
Rastavljač	Zatvoren rastavljač: $Z = 42 \Omega$ 	Otvoren rastavljač: $C = 4 \text{ pF}$ 
Strujni transformator		
Naponski transformator		
Energetski transformator	 $R=12,1 \Omega, L=29,9 \text{ mH}, C=0,75 \mu\text{F}$	

Trofazno oklopljene sabirnice su predstavljene preko karakterističnih impedansi u pozitivnom i nultom sistemu. Ponašanje luka tokom rada rastavljača je predstavljeno preko fiksne otpornosti $R_f=0,5 \Omega$ u seriji sa eksponencijalno opadajućom otpornošću:

$$R = R_0 e^{-t/T} \quad (1)$$

gdje je $R_0=10^{12} \Omega$, $T=1 \text{ ns}$ [4].

Na slici 2 su date vremenske promjene veoma brzih prelaznih prenapona u mjernim tačkama M1 i M2 za slučajeve različitog faznog ugla izvora kojim je modelovana jaka mreža priključena na vodno polje 1.

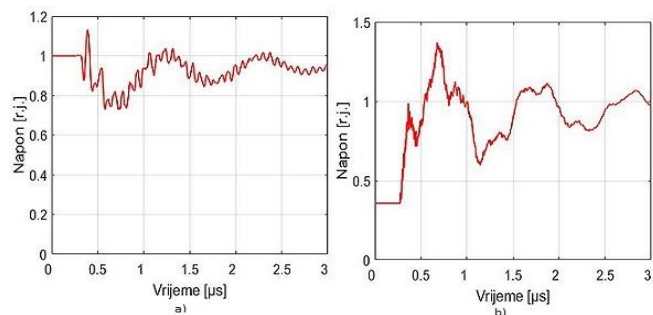


Slika 2. Uticaj promjene faznog ugla napona na VFTO u tački a) M1, b) M2

Sa slike 2 može se zaključiti da se najveće vrijednosti napona javljaju kada je fazni ugao napona 90° ili -90° (apsolutne vrijednosti napona su iste u oba slučaja). To je posljedica nepostojanja zaostalog naelektrisanja, pa se u ovom slučaju pojavljuje najveća razlika između napona neposredno prije komutacije i nakon komutacije rastavljača. Maksimalni napon u tački M2 je 1,37 r.j., a u tački M1 1,1305 r.j.

U sledećim analizama zadržan je fazni ugao napona izvora

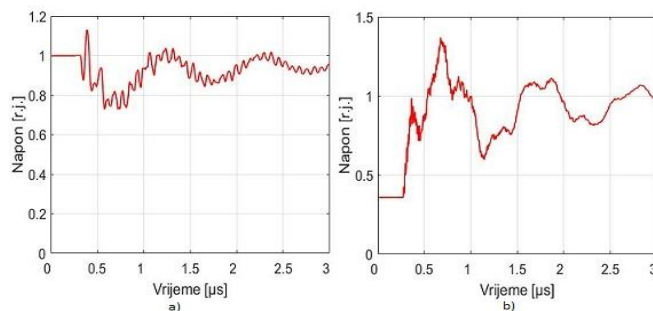
na 90° kako bi se dobile najveće vrijednosti prenapona. Na slici 3 date su vremenske promjene VFTO u mjernim tačkama M1 i M2 za slučaj izvora priključenog na vodnom polju 2.



Slika 3. Talasni oblici prenapona u tačkama a) M1 i b) M2 za slučaj naponskog izvora na vodnom polju 2

Maksimalna vrijednost prenapona u tački M1 je 1,13 r.j., a u tački M2 je 1,37 r.j. Iz navedenog sledi da su vrijednosti napona u oba razmatrana slučaja pozicije izvora približno iste, jer su parametri kola u oba vodna polja isti.

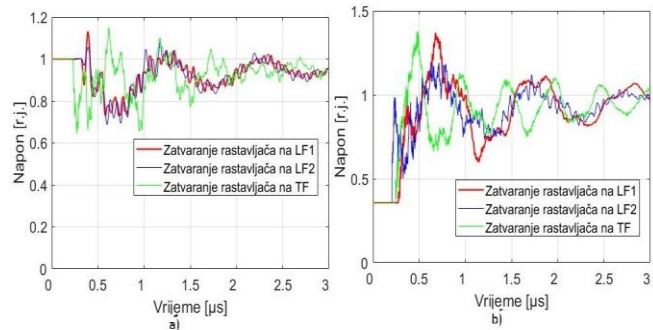
Na slici 4 date su vremenske promjene VFTO u mjernim tačkama M1 i M2 za slučaj postojanja dvostranog napajanja tj. izvora napajanja na oba vodna polja.



Slika 4. Talasni oblici napona u tačkama a) M1 i b) M2 za slučaj dvostranog napajanja

Najveća vrijednost napona koja se javlja u tački M1 je 1,1303 r.j., a u tački M2 je 1,3692 r.j.

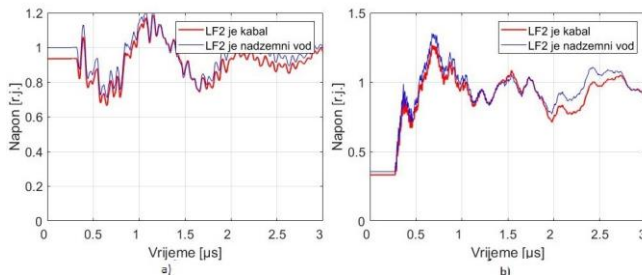
Na slici 5 date su vremenske promjene VFTO u mjernim tačkama M1 i M2 za slučaj zatvaranja rastavljača u transformatorskom polju i u drugom vodnom polju. Napon izvora je na vodnom polju 1.



Slika 5. Talasni oblici napona u tačkama a) M1 i b) M2 prilikom zatvaranja rastavljača u vodnom polju 1, vodnom polju 2 i u transformatorskom polju

Najveća vrijednost prenapona koja se javlja u tački M1 je 1,15 r.j., a u tački M2 je 1,38 r.j. Vidi se da su naponi u tačkama 1 i 2 najveći prilikom zatvaranja rastavljača blizu transformatora, a najmanji prilikom zatvaranja rastavljača na vodnom polju 2, što je posljedica konfiguracije sistema i parametara elemenata.

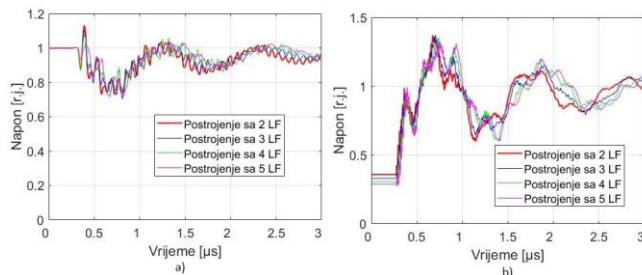
Dosadašnja istraživanja su pokazala da na vrijednost VFOTO uticaj može da ima i priključak kablovskog ili nadzemnog voda. U cilju ilustracije ovog uticaja, sprovedene su simulacije sa priključenjem kablovskog ili nadzemnog voda na vodno polje 2. Izvor napajanja je na vodnom polju 1. Dobijeni rezultati za mjerna mjesta M1 i M2 su prikazani na slici 6.



Slika 6. Talasni oblici prenapona u tačkama a) M1 i b) M2 prilikom korištenja nadzemnog voda i kabla

Sa slike se može vidjeti da se veće vrijednosti napona javljaju kada se umjesto kablovskog koristi nadzemni vod. U tom slučaju je maksimalna vrijednost prenapona u tački M1 1,206 r.j., dok je pri korišćenju kabla maksimalna vrijednost napona 1,18 r.j. Za tačku M2 i nadzemni vod, maksimalna vrijednost napona je 1,35 r.j., dok se korišćenjem kabla ta vrijednost smanjuje na 1,26 r.j. Razlika u amplitudama napona koja se javlja pri korišćenju kablovskog ili nadzemnog voda se može objasniti time što kabal ima veće kapacitivnosti, što smanjuje strminu prelazanog prenapona, a time i amplitudu prenapona.

Dotadne simulacije su sprovedene za slučaj različite konfiguracije postrojenja. Analizirani su slučajevi priključenja dodatnih jednog, dva i tri vodna polja na postojeći sistem sabirnica. Rezultati proračuna su dati na slici 7.

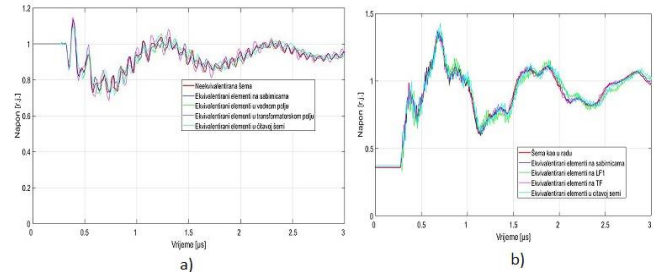


Slika 7. Talasni oblici napona u tačkama a) M1 i b) M2 za povećani broj dolaznih vodova u postrojenje

Sa slike se može zaključiti da povećanjem broja vodova, naponi u tačkama M1 i M2 opadaju, jer se energija prenapona raspodjeljuje na više polja. Najmanje vrijednosti prenapona u razmatranim slučajevima javljaju se pri

postojanju 5 vodova, i u tom slučaju najveći napon u tački M1 je 1,036 r.j., a u tački M2 1,324 r.j.

Na slici 8 dati su talasni oblici VFOTO u mjernim tačkama M1 i M2 za slučaj ekvivalentiranja elemenata postrojenja, i to u četiri slučaja: ekvivalentiranje samo elemenata na sabirnicama, ekvivalentiranje samo elemenata u jednom vodnom polju, ekvivalentiranje samo elemenata u transformatorskom polju i ekvivalentiranje elemenata u čitavoj šemi postrojenja.



Slika 8. Talasni oblici napona u tačkama a) M1 i b) M2 za slučaj ekvivalentiranja elemenata u šemi

Sa slike je jasno da bi ekvivalentiranje elemenata u šemi moglo da dovede do pogrešnih zaključaka o vrijednostima napona u mjernim tačkama. Za tačku M1, za slučaj ekvivalentiranja čitave šeme javljaju se manji naponi nego u slučaju neekvivalentirane šeme, dok se za tačku M2, u slučaju ekvivalentiranja čitave šeme javljaju naponi koji su veći od stvarnog napona koji se javlja pri proračunu napona u neekvivalentiranoj šemi.

V. ZAKLJUČAK

VFOTO nastaju u GIS postrojenjima kao posljedica sklopničkih operacija rastavljača. U radu je dat kratak osvrt na glavne karakteristike ovih prenapona. Najvažniji dio rada odnosi se na rezultate analiza uticajnih faktora na vrijednosti amplitude VFOTO. Analize su sprovedene modelovanjem elemenata GIS postrojenja u MATLAB Simulink-u. Dobijeni rezultati pokazuju da na vrijednosti VFOTO utiče više faktora, kao što su fazni ugao izvora, konfiguracija postrojenja, pozicija rastavljača kojim se manipuliše.

Uočeno je da se sa povećanjem broja vodnih polja u postrojenju smanjuje amplituda VFOTO. Takođe, amplituda VFOTO je manja ako se umjesto nadzemnog koristi kablovski vod.

LITERATURA

- [1] Prof. Dr Jovan Nahman, Dr Vladica Mijajlović, „Razvodna postrojenja“, Akademska misao – Elektrotehnički fakultet, Beograd 2005.
- [2] H. Koch, „Gas insulated substations“, 2014.
- [3] „Teorijski osvrt na proračun sklopničkih prenapona u postrojenju“, verzija dostupna na: <http://ees.etf.bg.ac.rs/predmeti/31/10%20Sklopni%20prenaponi.pdf>
- [4] D. Povh, H. Schmitt, O. Volcker, R. Witzmann, “Modelling and analysis guidelines for very fast transients”, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.11, No.4, 1996.

Proračun karakteristika ACCC provodnika

Svetozar Tomović

Sadržaj—ACCC (Aluminium Conductor Composite Core) provodnik predstavlja vrstu visokotemperaturnog provodnika, odnosno provodnika koji može odoljeti efektu visokih temperatura koje mogu biti i preko 200 °C. S obzirom na to da rade na visokim temperaturama mogu prenositi do 2,5 puta veću struju od standardnih ACSR užadi, što dalje vodi ka većem prenosu električne energije koji može biti veći za čak 50%. Pošto ova vrsta provodnika predstavlja savremeni oblik provodnika koji se na prostoru Crne Gore još uvijek ne koristi, u ovom radu će biti prikazani parametri i karakteristike ACCC provodnika.

I. UVOD

ACCC provodnik se sastoji od hibridnog kompozitnog jezgra kojeg čine ugljenik i staklena vlakna koja koriste matricu epoksidne smole visoke temperature za vezivanje stotina hiljada pojedinačnih vlakana u jedinstveni provodni vlačni element.

Centralno jezgro ugljeničnog vlakna je okruženo visokokvalitetnim staklenim vlaknima bez bora da bi se poboljšala fleksibilnost i žilavost uz sprečavanje korozije između karbonskih vlakana i aluminijumskih niti. Kompozitno jezgro pokazuje odličan, najveći u industriji, odnos čvrstoće i težine, i ima najniži koeficijent temperaturnog širenja koji smanjuje povećanje ugiba provodnika pod visokim električnim opterećenjem/visokim temperaturnim uslovima. Kompozitno jezgro je okruženo aluminijumskim nitima za provođenje struje. Provodne niti su u potpunosti od kaljenog aluminijuma i trapezoidnog su oblika da bi se obezbijedila najveća provodljivost i najmanji mogući električni otpor za bilo koji dati prečnik provodnika. Poprečni presjek ACCC prikazan je na sl. 1.



Slika 1. Poprečni presjek ACCC provodnika

II. PRORAČUN KARAKTERISTIKA ACCC PROVODNIKA

U tabeli 1. su date konstrukcione karakteristike jednog ACCC provodnika koji će biti korišćen za mehanički proračun i jednog ACSR užeta koji će služiti za poređenje.

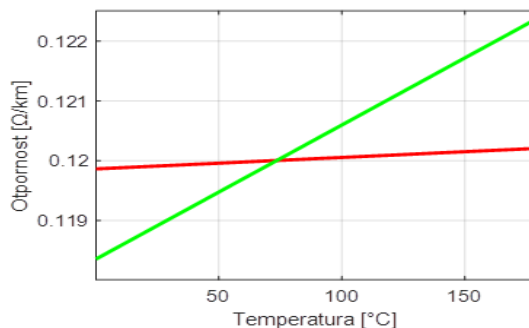
Tabela 1. Parametri ACCC i ACSR provodnika

Parametar	ACCC	ACSR
Poprečni presjek	240/40 mm ² /mm ²	240/40 mm ² /mm ²
Stvarni presjek	237/47 mm ² /mm ²	243/39,5 mm ² /mm ²
Težina provodnika	750 kg/km	995 kg/km
Prečnik provodnika	19,53 mm	21,90 mm
Otpornost na 20 °C (R ₀)	0,1199 Ω/km	0,1188 Ω/km
Maksimalna dozvoljena temperatura	180 °C	80 °C
Koeficijent toplotnog širenja (α)	1,6*10 ⁻⁶ 1/°C	1,89*10 ⁻⁵ 1/°C
Modul elastičnosti (E)	11700 daN/mm ²	7700 daN/mm ²
Nazivna zatezna sila provodnika (RTS)	115,47 kN	86,73 kN
Naprezanje (H)	34,64 kN	18 kN

A. Otpornost provodnika

Kod čistih metala (bakar, aluminijum, zlato, srebro itd.) otpor raste sa porastom temperature i primjenjuje se formula (1), gdje je θ₀=20 °C: [1]

$$R = R_0 * [1 + \alpha(\theta - \theta_0)] \quad (1)$$

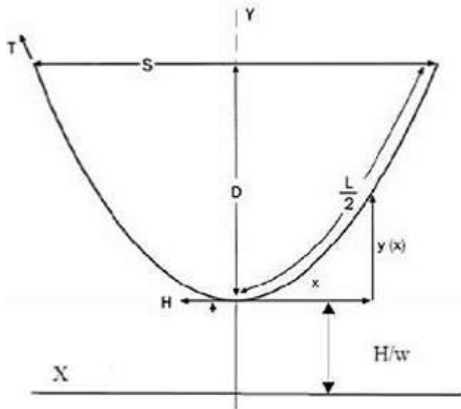


Slika 2. Grafički prikaz otpornosti za ACCC i ACSR provodnika

Sa sl. 2. se vidi da iako ACSR ima manju otpornost na 20 °C od ACCC provodnika, tokom porasta temperature ta otpornost ima veću tendenciju rasta nego kod ACCC provodnika.

B. Lančanica, ugib i naprezanje

Lančanica provodnika je gotovo paraboličnog oblika i definisana je težinom provodnika po jedinici dužine (w) i horizontalnim naprezanjem (H) kao što je prikazano na sl. 3. Sama lančanica nije uvijek ista jer zavisi od temperature provodnika, opterećenja ledom i vjetrom. Ugib provodnika (D) je funkcija od w , H i dužine raspona S . [2],[3],[4]



Slika 3. Prikaz lančanice za određeni nivo raspona

Jednačina lančanice između dva stuba izražava se horizontalnim rastojanjem (x) od najniže tačke (ili vrha) lančanice do tačke na lančanici koja je $y(x)$ iznad vrha:

$$y(x) = \frac{H}{w} * \left[\cosh\left(\frac{w * x}{H}\right) - 1 \right] \cong \frac{w * x^2}{2 * H} \quad (2)$$

Jednačina za ugib D , na sredini raspona, dobija se kada se umjesto x u jednačinu (1) uvrsti $S/2$:

$$D = \frac{H}{w} * \left\{ \cosh\left(\frac{w * S}{2 * H}\right) - 1 \right\} \cong \frac{w * S^2}{8 * H} \quad (3)$$

Odnos H/w obično se naziva konstanta lančanice. Povećanje ove konstante uzrokuje da lančanica bude manje izražena, odnosno dolazi do smanjenja ugiba.

Horizontalna komponenta naprezanja H , izmjerena na vrhu lančanice je ista u svim tačkama unutar lančanice, ali ukupno naprezanje raste kako se tačke približavaju tačkama oslonca, odnosno stubovima, zbog uračunate vertikalne komponente. S obzirom na nivo raspona na nosačima, vertikalna komponenta (V) naprezanja jednaka je polovini težine provodnika, gdje je L dužina lančanice, koja je hiperbolna funkcija:

$$V = w * \frac{L}{2} = H * \sinh\left(\frac{w * S}{2 * H}\right) \quad (4)$$

Na kraju lančanice, ukupno naprezanje provodnika, dobija se vektorskim sabiranjem vertikalne i horizontalne komponente naprezanja:

$$T^2 = H^2 + \left(\frac{w * L}{2}\right)^2 \quad (5)$$

Kada se uvrsti jednačina (4) u jednačinu (5) dobija se:

$$T = H * \sqrt{1 + \sinh^2 * \left(\frac{w * S}{2 * H}\right)} = H * \cosh\left(\frac{w * S}{2 * H}\right) \quad (6)$$

Kako bi se napravila veza između ukupnog naprezanja T i ugiba D jednačini (6) dodaće se i oduzeti horizontalno naprezanje H naprezanje:

$$T = H + \left(H \cosh\left(\frac{w * S}{2 * H}\right) - H \right) \quad (7)$$

I sada će se dio jednačine (7) koji se nalazi u zagradi pomnožiti i podijeliti sa w :

$$T = H + w * \left(\frac{H}{w} \cosh\left(\frac{w * S}{2 * H}\right) - \frac{H}{w} \right) \quad (8)$$

Uvrštavajući jednačinu (3) u jednačinu (8) dobija se veza između naprezanja T i ugiba D :

$$T = H + w * D \quad (9)$$

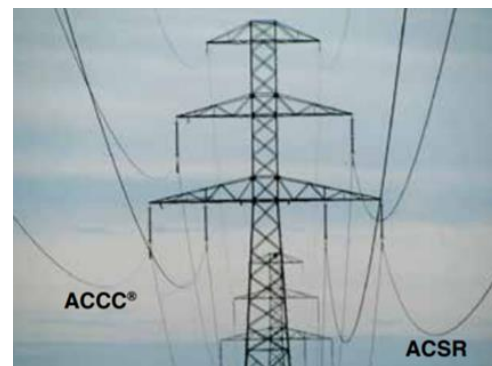
Ukoliko se u jednačinu (3) uvrste podaci iz tabele 1. za ACCC provodnik, uzimajući za $S=300$ m dobija se vrijednosti ugiba:

$$D = \frac{750 \frac{kg}{km} * 300^2 m^2}{8 * 36,64 kN} = 2,25 m$$

Dok se za ACSR provodnik koristeći istu formulu i koristeći podatke iz tabele 1. dobija:

$$D = \frac{995 \frac{kg}{km} * 300^2 m^2}{8 * 18 kN} = 6,1 m$$

Kada se podijele ove dvije vrijednosti ugiba, dobija se količnik 2,7. Što znači da za isti poprečni presjek i raspon, ACSR provodnik ima 2,7 puta veći ugib od ACCC provodnika. Na slici 4. je poređenja radi, prikazana dvostruka dionica 220 kV voda u Poljskoj, gdje je na lijevoj strani urađen ACCC provodnik, a na desnoj ACSR provodnik.

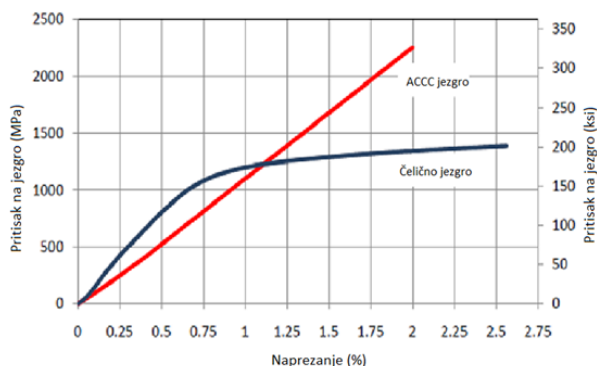


Slika 4. Prikaz dalekovoda sa ACCC i ACSR provodnicima

C. Zatezna sila

Zatezna sila ACSR provodnika je definisana sa ASTM standardom B 232¹. Po ovom standardu zatezna sila se računa kao zbroj utvrđenih čvrstoća/sila aluminijumskih i čeličnih žica, sve za naprezanje od 1%. Granica naprezanja od 1% je odabrana jer sigurno aproksimira naprezanje lomljenja čvrstih aluminijumskih lanaca. Snaga čeličnog jezgra dostiže naprezanje od 3% do 4%. Jednom kada aluminijumske žice počnu da se lome, opterećenje se prenosi na čelično jezgro, čime se ono na taj način preopterećuje prilično brzo.

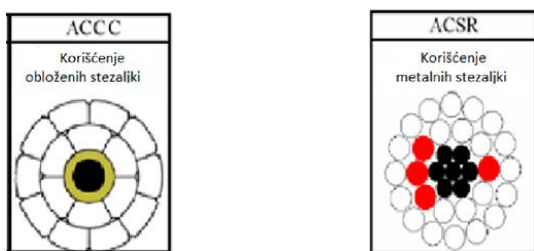
Posmatrajući sliku 5. primjećuje se da ACCC jezgro (prikazano crvenom bojom) ne popušta, čisto je elastično i ne pokazuje trajno izduženje do svog pucanja pri svega 2 naprezanja, dok čelično jezgro popušta i plastično se deformiše (od oko 0,6%) prije nego dostigne ukupnu nazivnu zateznu silu provodnika na 3-4% naprezanja. Dakle, zatezna sila ACCC provodnika je zbir utvrđenih čvrstoća aluminijumskih lanaca i pune krajnje zatezne čvrstoće jezgra. [1]



Slika 5. Upoređivanje ACCC i čeličnog jezgra

D. Mehanička ispitivanja

Jedan primjer jedinstvenog protokola ispitivanja koji je ujedno razvijen za provjeru dugovječnosti provodnika bio je mehanički test američke kompanije AEP (American Electric Power's). Test je dizajniran za upoređivanje više vrsta provodnika. Provodnici su bili podvrgnuti testovima savijanja, nakon čega je uslijedilo 100 hiljada ciklusa „galopiranja“ i 100 miliona ciklusa vibracije radi ponavljanja napona predviđenih tokom njihovog životnog vijeka. Rezultati testa dati su slikom 6.[1]



Slika 6. Crvenom bojom su prikazane žice koje su oštećenje prilikom testa

¹ American Society for Testing and Materials (ASTM), 1991 Annual Book of ASTM Standards Section 2, Nonferrous Metal Products, Volume 02.03, Electrical Conductors B 232

E. Opterećenje ledom

Posmatrajući jednačinu (3), ako bi ugib D mogao da ostane konstantan, povećanje težine usljed opterećenja ledom, povećaće naprezanje H . Ali porast naprezanja izaziva elastično istežanje provodnika i povećava ugib.

Velika zatezna sila i elastičnost jezgra ACCC provodnika, znači da je pri ekstremnim događajima opterećenja provodnika ledom pod mnogo manjim rizikom od pucanja u poređenju sa drugim tipovima provodnika. ACCC jezgro je toliko snažno da se mogu koristiti veća naprezanja provodnika da bi se smanjilo povećanje ugiba usljed opterećenja ledom, pod pretpostavkom da konstrukcija može da podrži veća naprezanja. ACCC provodnik može podržati 2-3 puta veću sopstvenu težinu sa dodatim ledom prije nego što zaleđeni provodnik dostigne maksimalnu vrijednost ugiba. Usljed ovakvih opterećenja ledom, snaga provodnika nije dovedena u pitanje.

F. Struja i snaga

Za parametre ACCC provodnika iz tabele 1. struja pri maksimalnoj temperaturi od 180 °C iznosi oko 1150 A, dok sa ACSR provodnik istog poprečnog presjeka iznosi oko 645 A. Ukoliko bi se za napon od 110 kV i faktor snage $\cos\varphi=0.95$ izračunao koliki bi u tom slučaju iznosio prenos aktivne snage, dobilo bi se:

$$ACCC: P = \sqrt{3}UI\cos\varphi = \sqrt{3} * 110 \text{ kV} * 1150 \text{ A} * 0,95 = 208 \text{ MW}$$

$$ACSR: P = \sqrt{3}UI\cos\varphi = \sqrt{3} * 110 \text{ kV} * 645 \text{ A} * 0,95 = 117 \text{ MW}$$

Iz prethodnog se vidi da je u slučaju ACCC provodnika prenos snage za isti poprečni presjek 1,7 veći nego što je to slučaj kod ACSR provodnika.

G. Gubici u mreži i troškovi

Zahvaljujući svojoj konstrukciji ACCC provodnik, je na temperaturama od 50-90 °C, značajno hladniji od ACSR provodnika i ima značajno manje gubitke. Iako su omski i reaktivni gubici najznačajniji, ostali gubici se mogu pripisati koroni, skin efektu, frekvenciji kao i blizini faznog provodnika drugom provodniku ili zemlji. Iako se gubici mogu opisati sa svakim od ovih mehanizama, sama dužina voda i faktor opterećenja² daju na značaju jer se odnose na ukupne ekonomske i ekološke uticaje.

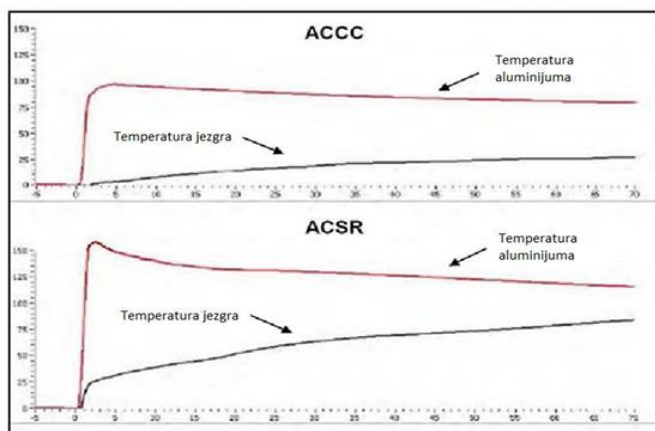
Da bi se gubici bolje opisali koristeći se studija slučaja dalekovoda od 230 kV dužine 100 km, gdje su gubici prikazani kao funkcija faktora opterećenja pri maksimalnoj struji od 1000 A. Za upoređivanje će biti korišćen ekvivalentni provodnici istog prečnika i dužine. Dok bi ACSR provodnik radio na 95 °C u poređenju sa 82 °C za ACCC provodnik, pri sobnoj temperaturi od 35 °C (koristeći

² Odnos proizvedene električne energije u toj godini (W_{god}) i energiji koja bi se proizvela da je elektrana cijelu godinu pod maksimalnim opterećenjem; oznaka: m; formula: $m = W_{god}/8760P_m$.

druge uobičajene radne pretpostavke pretpostavke³), smanjenje gubitaka većih od 898000 € godišnje realizovano je uz faktor opterećenja od 53%. Imajući u vidu da tokom vršnog opterećenja ACSR provodnici rade na većim temperaturama (~100 °C), uz korišćenje ACCC provodnika, gubici bi bili znatno manji i imala bi se veća ušteda. Drugim riječima, smanjenje gubitaka na vodu koje ACCC provodnik pruža u poređenju sa ACSR provodnikom istog presjeka i težine će mu u osnovi omogućiti da se isplati u vremenskom okviru koje se može mjeriti mjesecima, u zavisnosti od vršne struje i faktora opterećenja. Razmatrajući navedeni slučaj, ACSR pruža vrijednost od 24 € po metru provodnika, što je znatno veće od troškova samog ACCC provodnika, čija je cijena oko 12,5 miliona eura za 1000 km provodnika.

H. Slučaj kratkog spoja

Događaj kratkog spoja dovodi do trenutnog skoka temperature provodnika. Stepent skoka zavisi od početne temperature provodnika, njegovog sadržaja aluminijuma i obima i trajanja događaja. Slikom 7. grafički je prikazan porast temperature kod ACCC i ACSR provodnika. [1]



Slika 7. Poređenje ACCC i ACSR provodnika tokom kratkog spoja

Na slici se mogu primijetiti hladnije vršne vrijednosti aluminijumskog lanca ACCC provodnika i ograničen uticaj događaja na temperaturu jezgra. Kao i kod bilo kog provodnika, događaj kratkog spoja može prouzrokovati veoma brzo širenje provodnika što može dovesti do sagorijevanja ptica. Mekani potpuno prekaljeni aluminijum koji se koristi kod ACCC provodnika poboljšava relaksacione karakteristike žica, a vidljivo je i da pojava ugrožavanja ptica u okolini provodnika opada nakon nekoliko termičkih ciklusa. Ipak, ako dođe do ekstremnih oštećenja aluminijumskih žica provodnika, mogu se preraditi i ponovo koristiti.

III. ZAKLJUČAK

U mnogim djelovima svijeta, povećanje potražnje za električnom energijom i zainteresovanost za razvoj obnovljivih resursa zahtijevaju da se grade novi dalekovodi koji će napajati energijom udaljene lokacije. Iako je ACCC prvobitno razvijen kao provodnik velikog kapaciteta i niskog ugiba koji može raditi na vrlo visokim temperaturama (po potrebi), mnogi korisnici sada koriste ACCC na mnogo hladnijim radnim temperaturama povezanim sa većim naponima u rasponu od 345 do 1000 kV.

Do sredine 2018. godine preko 65000 km prenosnih i distributivnih vodova u preko 650 projekata i 48 zemalja je projektovano sa ovom vrstom provodnika.

IV. LITERATURA

- [1] Prof. dr Radović Jadranka, "Visokonaponske mreže i vodovi – Nadzemni elektroenergetski vodovi", Elektrotehnički Fakultet, Podgorica, 2014.
- [2] CTC Global, Engineering Transmission Lines with High Capacity Low Sag ACCC® Conductors, CTC Global Corporation, Irvine, California, USA, 2011.
- [3] James Slegers, "Transmission Line Loading – Sag Calculations and High-Temperature Conductor Technologies", Iowa State University, 2011.
- [4] Mike Rycroft, "High temperature low sag power line conductors", članak objavljen u Enegeze EE Publishers, Južna Afrika, februar 2015.

³ Pretpostavke IEEE 738: normalan vjetar brzine 0,5 m/s; 21. Jul u podne; vedro vrijeme; koeficijent emisije 0,5; koeficijent apsorpcije 0,5; 1024 W/m² sunčevog zračenja

Uticaj upadnog ugla lidera na elektrogeometrijski model nadzemnih vodova

Biljana Knežević, Vladan Radulović, *Member, IEEE*

Sadržaj—Primjenom elektrogeometrijskog modela (EGM) zasnovanog na teoriji udarnog rastojanja, uvažavajući geometriju štice objekta, moguće je odrediti nezaštićenu zonu faznih provodnika nadzemnog voda izloženog atmosferskom pražnjenju. Klasični EGM je izveden pod pretpostavkom isključivo vertikalnog usmjeravanja silaznog lidera u posljednjem skoku. U radu je ova pretpostavka preispitana i analiziran je uticaj upadnog ugla lidera kao slučajne promjenljive.

I. UVOD

Prodor atmosferskog pražnjenja mimo zaštitnog užeta u fazni provodnik čest je uzrok kvarova kojima su nadzemni vodovi izloženi. Adekvatno lociranje zaštitnog užeta u odnosu na fazne provodnike radi smanjenja vjerovatnoće ispada dalekovoda dominantan je aspekt dizajna sistema zaštite. Analiza performansi zaštite od atmosferskog pražnjenja najčešće se sprovodi primjenom standarda predloženog od strane IEEE, koji opisuje primjenu grafo-analitičkog postupka – elektrogeometrijskog modela (EGM). U njemu su, kao i u većini postupaka opisanih u literaturi, uključene određene pretpostavke, pa se razmatraju samo horizontalni provodnici pogođeni negativnim, vertikalnim, silaznim pražnjenjem u ravničarskom području [1].

Prilikom analize pražnjenja, problem leži u opisivanju finalne faze koja se naziva „posljednji skok“. Iako je ranije predložena statistička raspodjela upadnog ugla, klasični EGM primjenjuje se pod pretpostavkom isključivo vertikalnog silaznog lidera. Međutim, zbog same prirode atmosferskog pražnjenja, koje se odvija slučajnim vijugavim putanjama, razmatranje upadnog ugla kao slučajne promjenljive realniji je pristup i njegovim uključivanjem u klasični EGM, dobija se nešto složeniji, modifikovani EGM, ali i precizniji podaci o ugroženosti pouzdanog i sigurnog rada elektroenergetskog sistema (EES).

II. ELEKTROGEOMETRIJSKI MODEL NADZEMNIH VODOVA

Osnova tradicionalne elektrogeometrijske metode za procjenu ugroženosti vodova zasniva se na prvobitnim konceptima koje su postavili Golde [2], Wagner i Hileman [3], Armstrong i Whitehead [4] i suštinski zavisi od zajedničkih premisa o udarnom rastojanju i od funkcionalne zavisnosti između udarnog rastojanja i amplitude struje pražnjenja.

Biljana Knežević (e-mail: biljana.r.knezevic@gmail.com)
Vladan Radulović, Elektrotehnički fakultet u Podgorici, Univerzitet Crne Gore, Džordža Vašingtona bb, 81000 Podgorica, Crna Gora (e-mail: vladanra@ucg.ac.me).

A. Udarno rastojanje

Geometrijski prostor oko objekta na zemlji unutar kog se odvija proces stvaranja poveznog lidera predstavlja izloženost objekta atmosferskom pražnjenju i definiše se udarnim rastojanjem. To je maksimalno rastojanje koje skokoviti lider može da pređe u svom posljednjem skoku. EGM se zasniva na pretpostavci da je ovo rastojanje srazmjerno amplitudi struje pražnjenja. Evidentno je da će geometrija objekta, naročito njegova visina, imati uticaja na udarno rastojanje, u obimu u kom objekat pojačava električno polje doprinoseći dostizanju kritičnog električnog polja potrebnog za iniciranje uzlaznog lidera sa objekta na zemlji [5]-[7].

Udarno rastojanje prema horizontalnom provodniku dato je izrazom (1):

$$R_u = 0,67 \cdot H^{0,6} \cdot I_o^{0,74} \quad (1)$$

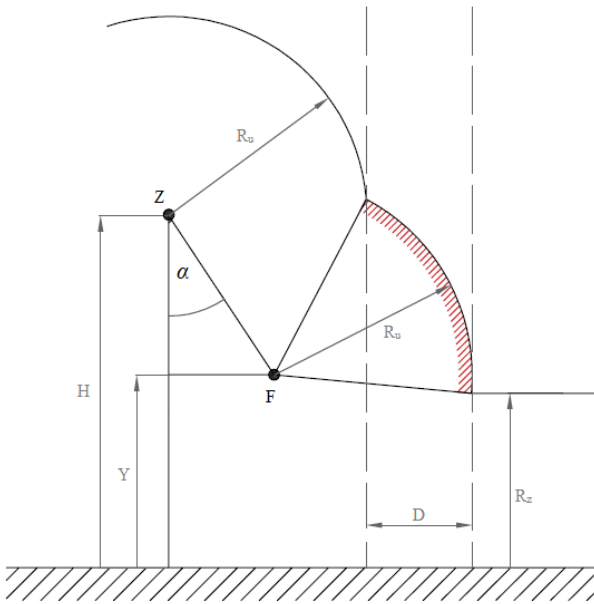
gdje je H – visina vješanja provodnika, a I_o – očekivana amplituda struje glavnog pražnjenja [5]. Jasno je da uslijed različite lokalne raspodjele električnog polja, udarno rastojanje prema ravnoj površini zemlje, prema horizontalnim provodnicima ili istaknutim objektima kao što su stubovi ili gromobranski štapovi, ne može biti jednako. Zbog toga je za primjenu EGM na nadzemne vodove neophodno uvesti različite modifikacione faktore, prije svega u izrazu za udarno rastojanje prema zemlji:

$$R_z = k_z \cdot R_u \quad (2)$$

pri čemu se korekcionni faktor k_z , u zavisnosti od visine voda, bira na sljedeći način [1]:

$$\begin{aligned} k_z &= 0,36 + 0,17 \cdot \ln(43 - H), & H < 40 \text{ m} \\ k_z &= 0,55, & H \geq 40 \text{ m} \end{aligned} \quad (3)$$

Ako se posmatra dispozicija stuba nadzemnog voda kao na Sl. 1, moguće je primjenom teorije udarnog rastojanja odrediti izloženost, nezaštićenu, površinu faznog provodnika. Ona je definisana lukom AB dobijenim presjekom udarnih rastojanja od provodnika, faznog F i zaštitnog Z , predstavljenim kružnicama, i udarnim rastojanjem od zemlje, predstavljenom horizontalnom pravom na visini R_z . Uzimajući u obzir pretpostavku o vertikalnom usmjeravanju lidera, izložena površina faznog provodnika može se definisati projekcijom D izloženog luka na horizontalnu ravan.



Slika 1. Geometrija stuba za objašnjenje EGM

B. Procjena efikasnosti zaštite

Sa porastom očekivane struje I_o , rastu i udarna rastojanja, a izložena površina faznog provodnika se smanjuje. To vodi do bitnog zaključka da postoji maksimalna vrijednost amplitude struje pražnjenja za koju je pražnjenje u fazni provodnik moguće [7].

Zaštitnim užetom je dalekovod djelimično zaštićen od kvara, ali i u slučaju pražnjenja u fazni provodnik, mimo zaštitnog užeta, izolacija može da izdrži određenu vrijednost prenapona, tj. postoji minimalna struja pražnjenja koja bi izazvala preskok na izolaciji na najbližem stubu. Ta struja određuje se na osnovu podnosivog napona izolacije U_{pod} i karakteristične impedanse voda Z_c , prema sljedećoj fomuli [7]:

$$I_{gran} = 4 \cdot \frac{U_{pod}}{Z_c} \quad (4)$$

Broj koji prema IEEE standardu daje informacije o efikasnosti zaštite obilježava se kao *SFFOR* (*Shielding Failure Flashover Rate*) i predstavlja broj pražnjenja u fazni provodnik, mimo zaštitnog užeta, koja izazivaju preskok na izolaciji. Određuje se kao:

$$SFFOR = 2 \cdot N_g \cdot L \cdot \int_{I_{gran}}^{I_{max}} D(I) \cdot f(I) dI \quad (5)$$

gdje je:

N_g – godišnja gustina pražnjenja u horizontalnu površinu,

L – dužina voda,

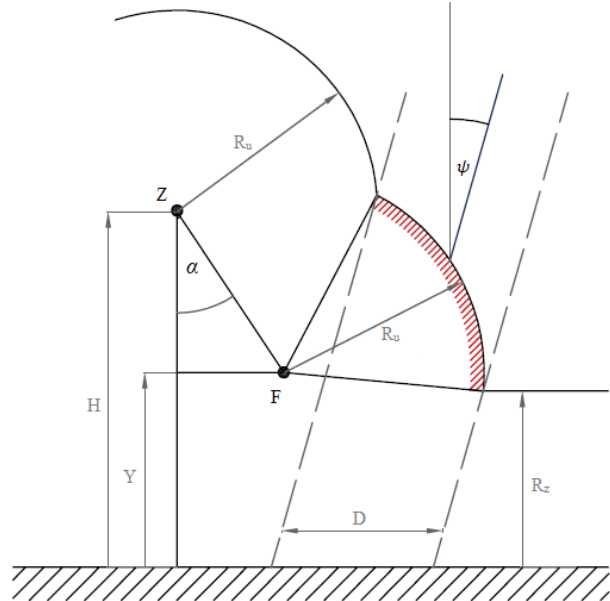
$f(I)$ – gustina raspodjele amplitude struje pražnjenja [1].

III. UTICAJ UPADNOG UGLA LIDERA

Zbog same prirode atmosferskog pražnjenja, koje se odvija slučajnim vijugavim putanjama, razmatranje upadnog ugla kao slučajne promjenljive je realnije od pretpostavljenog vertikalnog usmjeravanja nadolje. Međutim, za proračun sa bilo kojim upadnim uglom, EGM mora biti preformulisano

kako bi se svakom upadnom uglu pripisala specifična vrijednost područja izloženosti faznog provodnika, za razliku od slučaja kada se posmatranjem isključivo vertikalnih udara nezaštićeni prostor dobija kao fiksna vrijednost [8].

Nezaštićena površina D predstavlja otkriveni prostor na površini zemlje koji bi bio izložen atmosferskom pražnjenju koje, umjesto toga, pogađa fazni provodnik. Ova površina primjenom klasičnog, prethodno izloženog, EGM, za geometriju voda određenu konstrukcionim karakteristikama njegovih stubova, zavisi samo od struje I_o . Ako se u razmatranje uključe i nevertikalna pražnjenja, izložena površina ostaje funkcija struje I_o , ali zavisi i od upadnog ugla lidera u njegovom posljednjem skoku. Neka je ψ upadni ugao lidera prema vertikali. Poređenjem modela voda na Sl. 1 i Sl. 2 jasno se uočava razlika u širini ovog izloženog područja u slučaju kada je pretpostavljen isključivo vertikalni smjer pražnjenja, ugao $\psi=0$, i prilikom određenog ugaonog odstupanja kanala lidera od normalne ravni, Sl. 2, gdje je za istu vrijednost struje I_o , nezaštićena površina vidno šira.



Slika 2. Modifikovani EGM sa nevertikalnim upadnim uglom

A. Statistička raspodjela upadnog ugla

Upadni ugao lidera u posljednjem skoku prema izloženoj površini objekta, u ovom slučaju faznog provodnika, je slučajna promjenljiva koja može biti opisana nekom gustinom raspodjele $g(\psi)$. Kako je geometriju izloženih i zaštićenih zona najpogodnije izraziti u trigonometrijskom obliku, kao adekvatan zakon raspodjele nameće se trigonometrijska funkcija sljedećeg oblika:

$$g(\psi) = K_m \cdot \cos^m \psi \quad (6)$$

gdje je m - empirijski eksponent, a K_m je moguće odrediti iz uslova:

$$\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} K_m \cdot \cos^m \psi d\psi = 1, \quad (7)$$

što znači da ne postoje silazni lideri koji bi se u posljednjem skoku usmjeravali naviše, već upadni ugao mora biti u granicama $-\frac{\pi}{2} < \psi < \frac{\pi}{2}$. Može se primijetiti da se u zavisnosti od eksponenta m definišu različite raspodjele. Tako vrijednosti $m=0$ odgovara uniformna raspodjela upadnog ugla, za $m=2$ raspodjela je dosta slična Gausovoj, dok $m=\infty$ odgovara krajnjem slučaju isključivo vertikalnog upadnog ugla. Pokazalo se da se vrijednost $m=2$ i $K_m = \frac{2}{\pi}$ najbolje poklapa sa rezultatima iz praktične primjene [4].

B. Izložena površina faznog provodnika

Razmatranjem upadnog ugla lidera nezaštićena zona voda ne može se više određivati kao najprostija projekcija izloženog luka na horizontalnu ravan, već kao funkcija amplitude struje I_o i za cijeli opseg ugla ψ data je kao:

$$\bar{D} = \frac{2}{\pi} \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} D(\psi, I_o) \cdot \cos^2 \psi \, d\psi \quad (8)$$

pri čemu je $D(\psi, I_o)$ izložena površina za fiksni ugao ψ i struju I_o kao na Sl. 2 [8],[9].

Godišnja gustina pražnjenja u horizontalnu površinu zemlje N_g , određena je izrazom

$$N_g = 0,04 \cdot T_d^{1,25}, \quad (9)$$

gdje je T_d - prosječan broj grmljavinskih dana u godini (keraunički nivo) [1].

Ako se posmatra elementarna površina dA_ψ , nagnuta pod uglom ψ u odnosu na horizontalnu ravan, onda je broj pražnjenja u tu površinu dN_ψ :

$$dN_\psi = \frac{N_g \cdot dA_\psi}{\cos \psi}. \quad (10)$$

Broj pražnjenja u ovu površinu poslužiće daljoj analizi jer je on jednak broju pražnjenja pod upadnim uglom ψ koja bi završila na horizontalnoj površini dA_h [10].

Izložena površina faznog provodnika u vidu kružnog isječka, dobijena standardnom primjenom EGM, može se definisati udarnim rastojanjem R_u i uglovima θ_1 i θ_2 prema

horizontali, kao što je prikazano Sl. 3. Neka je θ proizvoljan ugao za koji se definiše elementarna izložena površina, što znači da je $\theta_1 \leq \theta \leq \theta_2$. Na uvećanom prikazu izložene površine faznog provodnika data je elementarna podužna izložena površina definisana centralnim uglom $d\theta$ [7]:

$$dA_\theta = R_u \cdot d\theta. \quad (11)$$

Ako je dA_ψ elementarna površina normalna na pravac nailaska skokovitog lidera, onda je u skladu sa geometrijom na slici:

$$dA_\psi = dA_\theta \cdot \sin(\theta - \psi). \quad (12)$$

Iz (10) i (12) se dobija:

$$dN_\psi = N_g \cdot \frac{R_u \cdot \sin(\theta - \psi) \, d\theta}{\cos \psi}. \quad (13)$$

Za sve upadne uglove broj pražnjenja u elementarnu izloženu površinu je:

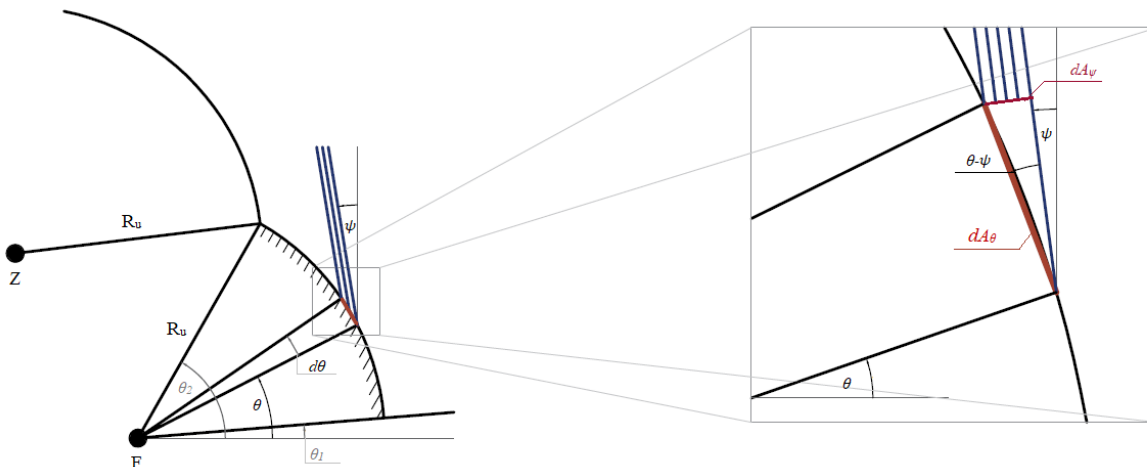
$$dN = N_g \cdot R_u \cdot \left(\int_{\psi_2}^{\psi_1} \frac{\sin(\theta - \psi) \, d\theta}{\cos \psi} g(\psi) \, d\psi \right) d\theta. \quad (14)$$

Integraljenjem prethodnog izraza između graničnih uglova koji definišu cijelu nezaštićenu zonu, dobija se ukupan broj pražnjenja:

$$N = N_g \cdot R_u \cdot \int_{\theta_1}^{\theta_2} \int_{\psi_2}^{\psi_1} \frac{\sin(\theta - \psi) \, d\theta}{\cos \psi} g(\psi) \, d\psi \, d\theta. \quad (15)$$

C. Granični upadni uglovi

Prema provodniku usamljenom u prostoru skokoviti lider se može približavati pod bilo kojim upadnim uglom u opsegu $-\frac{\pi}{2} < \psi < \frac{\pi}{2}$. Međutim, ako se u njegovoj blizini nalazi drugi provodnik, kao što je u slučaju nadzemnih vodova zaštitno uže, onda taj provodnik svojom izloženom površinom smanjuje opseg uglova pod kojim je pražnjenje u prvi provodnik moguće. Ako se posmatra, kao do sad, vod sa jednim zaštitnim užetom, ili spoljašnji provodnik voda sa 2 zaštitna užeta, granični ugao ψ_2 uvijek će iznositi $-\frac{\pi}{2}$, dok se drugi granični ugao određuje u funkciji centralnog ugla θ [7].



Slika 3. Nezaštićena zona faznog provodnika izloženog nevertikalnom pražnjenju

U tom postupku, za jednu izloženu površinu razlikuju se dva slučaja. Granični slučaj predstavlja tačka na izloženoj površini u kojoj je $\theta = \alpha$, gdje je α – zaštitni ugao. Za sve uglove $\theta < \alpha$, lider se ne može približavati pod uglom većim od ugla θ , jer bi u tom slučaju morao ranije proći kroz izloženu površinu faznog provodnika. Za pražnjenje prema izloženoj površini za koju važi da je $\theta > \alpha$, upadni ugao je ograničen postojanjem izložene površine zaštitnog užeta. Znači da je granični ugao ψ_1 u ovom slučaju ugao tangente iz tačke luka faznog provodnika kojoj odgovara ugao θ na izloženi luk zaštitnog užeta [7].

IV. PRIMJER PRIMJENE EGM METODE

Za nadzemni vod naponskog nivoa 110 kV u upotrebi su stubovi tipa jela, a električni i geometrijski parametri jednog od njih dati su u Tabeli 1.

TABELA 1
ELEKTRIČNI I GEOMETRIJSKI PARAMETRI VODA

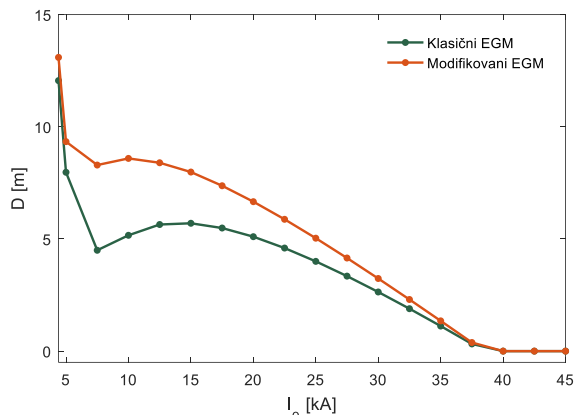
Nazivni napon	110 kV
Podnosivi napon izolacije	550 kV
Karakteristična impedansa	500 Ω
Visina zaštitnog užeta	32 m
Visina faznog provodnika	27 m
Horizontalna udaljenost faznog i zaštitnog provodnika	2,8 m
Ugib provodnika	2.5 m

Prikaz karakterističnih veličina dobijenih primjenom EGM dat je u Tabeli 2. Razmatran je opseg struja koje mogu dovesti do preskoka na izolaciji ako se desi pražnjenje u fazni provodnik, tj. $I_{gran} \leq I_o \leq I_{max}$. Porastu struje odgovara smanjenje projekcije D izloženog luka, koja je određena za slučaj klasičnog EGM, ali i za modifikovani EGM koji u obzir uzima i nevertikalne silazne lidere. Prikazan je i pokazatelj efikasnosti zaštite - *SFFOR* - godišnji broj pražnjenja, po jedinici dužine voda, koja se mimo zaštitnog užeta odvijaju u fazni provodnik i pri tome izazivaju preskok na izolaciji.

TABELA II
VRIJEDNOSTI KARAKTERISTIČNIH VELIČINA EGM

I_o [kA]	Klasični EGM		Modifikovani EGM	
	D [m]	<i>SFFOR</i>	\bar{D} [m]	\bar{SFFOR}
4,4	9,20	0,0188	11,73	0,0240
5	7,97	0,0163	9,34	0,0191
10	5,16	0,0106	8,59	0,0176
15	5,70	0,0117	7,98	0,0163
20	5,10	0,0104	6,66	0,0136
25	4,00	0,0082	5,03	0,0103
30	2,64	0,0054	3,24	0,0066
35	1,12	0,0023	1,35	0,0028
38,77	0	0	0	0

Razmatranje uticaja upadnog ugla lidera u posljednjem skoku opravdano je dobijenim rezultatima, jer se poređenjem krivih datih na Sl. 4 može primijetiti razlika u primjeni klasičnog modela sa pretpostavljenim vertikalnim pražnjenjem kojim se dobijaju manje izložene površine i bolje očekivane performanse zaštite. Mogućnost približavanja lidera pod različitim upadnim uglovima daje nešto nepovoljnije rezultate, ali ne u velikoj mjeri, već tek jedno pražnjenje više na godišnjem nivou za 200 km dug vod.



Slika 4. Zavisnost izložene površine od amplitude struje pražnjenja

- [1] IEEE Std. 1243-1997. IEEE Guide for improving the lightning performance of transmission lines. *Transmission and Distribution Committee of the IEEE Power Engineering Society*, 1997.
- [2] Golde, R H, „On the frequency of occurrence and distribution of lightning strokes to transmission lines“, *Trans AIEE* 6.4, III, pp 902-910, 1945.
- [3] Wagner, C F and Hileman, A R, „The lightning strike“, II, *Trans AIEE*, Vol. 80, pp 622-642, 1961.
- [4] Armstrong, H R and Whitehead, E R, „Field and analytical studies of transmission line shielding“, *IEEE Trans*, PAS 87, pp 270-281, 1968.
- [5] Eriksson, A. J., „An Improved Electrogeometric Model for Transmission Line Shielding Analysis“, *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 2, pp. 871-886, July 1987.
- [6] CIGRE WG01 SC33, „Guide to procedures for estimating the lightning performance of transmission lines“, CIGRE Rep. 63, vol. 1, n. October, p. 64, 1991.
- [7] M.Savić, Z.Stojković: „Tehnika visokog napona - Atmosferski prenaponi“, Elektrotehnički fakultet u Beograd, Beograd 1996.
- [8] A.Lobato; M. Schroeder; et al. „Analysis of the cumulative probability distribution of the stroke angle in lightning incidence to three-phase overhead transmission lines“. *XII International Symposium on Lightning Protection*, Belo Horizonte, 2013.
- [9] O. Schroeder et al., „Effects of considering a stroke angle distribution on estimating the shielding performance of overhead transmission lines“, *Journal of Control, Automation and Electrical Systems*, vol. 26, no. 5, pp. 567-578, 2015.
- [10] G. W. Brown e E. R. Whitehead, „Field and Analytical Studies of Transmission Line Shielding: Part II“, *IEEE Trans. Power Appar. Syst.*, vol. 88, n. 5, pp. 617-626, 1969.

Lociranje kvara u mrežama primjenom impedansnih metoda

Filip Mišurović

Sadržaj—U radu je analizirano lociranje kvara u mrežama na osnovu podataka mjerenja numeričkih relejnih zaštita primjenom impedansnih metoda. Prikazan je primjer primjene tri takve metode u programskom paketu MATLAB i na osnovu dobijenih rezultata izveden zaključak po pitanju mogućnosti korišćenja tih metoda za različite vrste kvarova.

I. UVOD

Prenosni i distributivni vodovi spajaju udaljene izvore električne energije sa krajnjim potrošačima, te predstavljaju kičmu savremenih elektroenergetskih sistema. Njihova pogonska spremnost i pouzdanost je od nastanka elektroenergetskih mreža preduslov normalnog funkcionisanja sistema. Ti zahtjevi postaju posebno naglašeni danas, u uslovima slobodnog tržišta i deregulacije na nivou cijelog sektora. Pouzdanost napajanja i trajanje beznaponskog stanja definišu se ugovorima o snabdijevanju potrošača koji jasno određuju eventualne penale u slučaju neispunjenja pomenutih kriterijuma. Dakle, elektroenergetska preduzeća su veoma motivisana da razviju efektivne i efikasne mjere detekcije i lokalizacije svih kvarova koji se mogu desiti. Imajući u vidu navedeno, problematika lokacije kvara postaje jedna od osnovnih i neizbježnih funkcija zaštitnih uređaja.

Kvarovi na vodovima dešavaju se usljed oluja, atmosferskih pražnjenja, kiše, vjetera, leda, proboja izolacije, kao i kratkih spojeva izazvanih pticama, granama i drugim spoljnim objektima. U većini slučajeva kvarovi dovode do mehaničkih oštećenja koja moraju biti opravljena prije vraćanja voda u pogon.

Kvarovi mogu biti trajnog ili privremenog karaktera. Privremeni kvarovi trajno ne ometaju kontinuitet snabdijevanja, međutim potreba za lociranjem kvara ostaje važna pri uočavanju slabih tačaka na vodu i planiranju održavanja kako bi se izbjegle slične situacije u budućnosti.

Najprimitivnije tehnike za lociranje kvara jesu oslanjanje na dojavu potrošača i slanje ekipe da vizuelno vrši inspekciju voda. Vodovi mogu biti dugački po nekoliko stotina, pa i hiljada kilometara, kao i da se pružaju po nepovoljnom terenu, što činu ovu metodu neproduktivnom za brzo otklanjanje problema. Kao optimalno rješenje, zbog snažnih procesnih sposobnosti i mogućnosti komunikacije koriste se postojeći numerički zaštitni releji na način što im se inkorporira dodatna funkcija – lociranje kvara. Valja

Filip Mišurović, student magistarskih studija na Elektrotehničkom fakultetu u Podgorici, Univerzitet Crne Gore, Džordža Vašingtona bb, 81000 Podgorica, Crna Gora (e-mail: filip.misurovic@gmail.com).

napomenuti da su ključne razlike između funkcije lociranja kvara i osnovne zaštitne funkcije releja preciznost lokacije kvara i brzina.

II. PODJELA METODA ZA ODREĐIVANJE LOKACIJE KVARA

Tehnike automatskog lociranja kvara zasnivaju se na analizi napona i struja i dijele se u četiri grupe zasnovane na:

- impedansi; najviše korišćene, jeftine su i jednostavne. Podrazumijevaju prosto mjerenje napona i struja na jednom ili oba kraja voda, ali ograničene u pogledu preciznosti.
- putujućim talasima; analiziraju istoimeni fenomen u vidu signala koji se brzinom svjetlosti prostiru ka krajevima voda. Veoma su precizne, ali složene za upotrebu.
- visokim frekvencijama; koriste informacije koje nose viši harmonici struja i napona koji se pojavljuju nakon kvara. Rijetko se primjenjuju, složene i skupe zbog potrebe za preciznim filtriranjem visokih frekvencija mjerenih signala.
- vještačkoj inteligenciji; novijeg datuma. Odnose se na korišćenje vještačkih neuralnih mreža, *fuzzy* logike i ekspertnih sistema.

III. IMPEDANSNE METODE ZA LOCIRANJE KVARA

Tehnike zasnovane na mjerenju impedanse, tj. obradi lokalno mjerenih struja i napona mogu da se vrše koristeći mjerne podatke sa jednog ili oba kraja voda. Potonje metode su tačnije, međutim manje su zastupljene jer podrazumijevaju komunikaciju sa dva kraja voda i objedinjavanje tih podataka radi dobijanja rezultata.

Ključni problem pri određivanju udaljenosti do kvara jeste procjena otpornosti kvara. Ukoliko se smatra da je ta otpornost jednaka nuli, koristeći relacije iz tabele 1, date u [1], lako se može procijeniti lokacija kvara.

TABELA 1
 JEDNOSTAVNE RELACIJE ZA IMPEDANSU

Tip kvara	Direktna komponenta impedanse do kvara (mZ_{dv})
A-zemlja	$V_A/(I_A+3kI_0)$
B-zemlja	$V_B/(I_B+3kI_0)$
C-zemlja	$V_C/(I_C+3kI_0)$
A-B ili A-B-zemlja	V_{AB}/I_{AB}
B-C ili B-C-zemlja	V_{BC}/I_{BC}
C-A ili C-A-zemlja	V_{CA}/I_{CA}
A-B-C	V_{AB}/I_{AB} ili V_{BC}/I_{BC} ili V_{CA}/I_{CA}

gdje je: $k = (Z_{0V} - Z_{dV}) / 3Z_{dV}$,

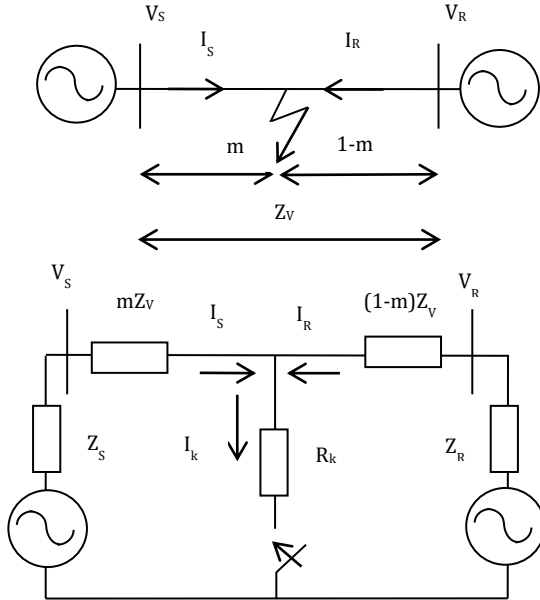
Z_{0V} - komponenta nultog redosljeda impedanse voda,

Z_{dV} - komponenta direktnog redosljeda impedanse voda,

m - rastojanje do kvara u relativnim jedinicama,

I_0 - komponenta nultog redosljeda struje.

Na slici 1. je prikazan opšti slučaj voda u kvaru i njegova ekvivalentna šema.



Slika 1. Opšti slučaj i ekvivalentna šema voda u kvaru

U nastavku će biti razmotrene tri impedansne metode zasnovane na podacima sa jednog kraja voda, kao i jedna sa oba kraja voda, prikazane u [2].

Jednostavna metoda reaktanse sa mjerenjem na jednom kraju voda, na osnovu slike 1, polazi od sljedeće relacije:

$$V_S = mZ \quad (1)$$

gdje je R_k otpornost kvara, I_k struja kvara, I_S struja voda tokom kvara mjerena na sabirnicama S, V_S napon na sabirnicama S.

Osnovni princip jednostavne reaktantne metode je da uređaj mjeri impedansu koju vidi tokom kvara, a zatim odredi odnos te impedanse i impedanse čitavog voda. Taj odnos je proporcionalan udaljenosti do mjesta kvara. Relaciju (1) je potrebno podijeliti sa I_S , te izjednačiti imaginarne djelove izraza, tj. zanemariti aktivnu otpornost kvara R_k . Slijedi da je:

$$\frac{\left(\frac{-s}{j}\right)}{\text{Im}(Z)} = \frac{\left(\frac{-s}{j}\right)}{\text{Im}(Z)} \quad (2)$$

Greška ovog algoritma je jednaka nuli, ukoliko je $R_k=0$ ili su struje I_S i I_k u fazi.

Takagi metoda unapređuje jednostavnu metodu reaktanse na način što ublažava grešku uvažavajući uticaj otpornosti

kvara i opterećenja. Metoda je izvedena pretpostavljajući model voda sa distribuiranim parametrima, ali uvođenjem pojedinih aproksimacija vod se svodi na model sa koncentrisanim parametrima. Suština metode je u superpoziciji mreže prije kvara i tzv. mreže "čistog kvara", uvodeći struju superpozicije, koja je u fazi sa strujom I_k .

(3)

Množenjem relacije (1) sa konjugovanom vrijednošću ove struje dobija se:

$$\text{Im}(V) \quad m(Z) \quad \text{Im}(I) \quad (4)$$

Odatle je

$$\frac{\text{Im}(V)}{m(Z)} \quad (5)$$

Ovakav pristup neće dati grešku, ako je struja I_S u fazi sa strujom I_k .

Modifikovana Takagi metoda koristi struju nulte komponente za kvarove sa zemljom, umjesto struje superpozicije ΔI_S . Tako za ovu metodu nije neophodan podatak o struji normalnog pogona. Radi povećanja preciznosti, metoda omogućava korekciju ugla struje, ukoliko se znaju impedanse izvora (ekvivalentne Teveninove impedanse za ostatak mreže sa druge strane sabirnica). Udaljenost do kvara i ugao korekcije su dati relacijama:

$$\frac{(V(3))}{(Z(3))} \quad (6)$$

$$\left(\frac{1}{(1-m)Z}\right) \quad (7)$$

gdje su Z_{0R} i Z_{0S} nulte komponente impedansi izvora.

Jedna od metoda sa mjerenjima sa obje strane voda jeste metoda bazirana na impedansi voda inverznog redosljeda. Korišćenjem inverznih komponenti gubi se problem sa uticajem predopterećenja, otpornosti kvara i međusobne induktivnosti nultog redosljeda. Precizno određivanje tipa kvara nije potrebno. Bazični princip je izjednačavanje napona inverznog redosljeda na mjestu kvara koje vide oba releja na krajevima voda:

$$(Z) \quad (Z(1-m)Z_{iV}) \quad (8)$$

Pri izvođenju relacije (8) da bi se izbjeglo poravnavanje mjerenja releja na sabirnicama R i S, izvršeno je izjednačavanje apsolutnih vrijednosti.

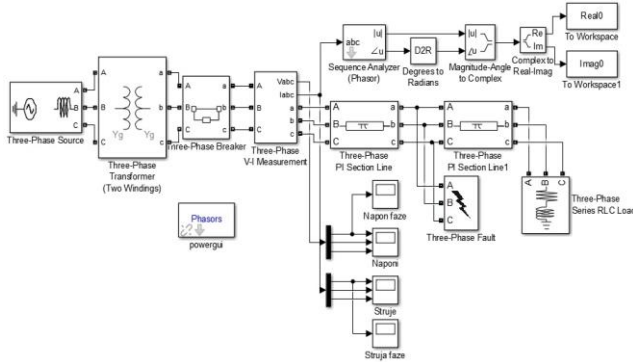
IV. PRIMJER PRIMJENE

Razmatrana je jednostrano napajana elementarna mreža koja se sastoji od jednog naponskog izvora koji ekvivalentira ostatak mreže, dvonamotajnog transformatora, voda na kom se analiziraju kvarovi, predstavljenog Pi šemom, kao i potrošača.

Parametri elemenata su:

Izvor: 110 kV, $S_{3KS}=1000$ MVA, $X_0/X_1=2$
 Transformator: 110/36,75 kV, $S_n=40$ MVA, $u_k=10\%$,
 $p_{Cu}=0,3\%$, $P_{Fe}=27$ kW, $i_0=0,2\%$
 Vod: 35kV, $R_1=0,326$ Ω /km, $R_0=0,474$ Ω /km, $X_1=0,387$ Ω /km,
 $X_0=1,519$ Ω /km, $C_1=9,43$ nF/km, $C_0=4,66$ nF/km, $L=10$ km
 Potrošač: $S=8$ MVA, $\cos\phi=0,95$

Primjer primjene demonstriran je korišćenjem programskog paketa MATLAB Simulink. Na slici 2. prikazana je blok šema simulacionog modela.



Slika 2. Blok šema simulacionog modela

Blokom *Three-Phase Fault* daje se mogućnost simulacije svih vrsta kvara na mjestu gdje je blok pozicioniran, uz opciju variranja prelaznog otpora kvara. Na način uzemljenja mreže moguće je uticati promjenom uzemljenja sekundarnog namotaja transformatora. Za potrebe proračuna koriste se mjerene vrijednosti struja i napona jedne faze, kao i struja nulte komponente koja se dobija upotrebom bloka *Sequence Analyzer*.

Na osnovu tih podataka korišćenjem relacija (2), (5) i (6), u m-fajlovima su odrađeni proračuni udaljenosti do mjesta kvara za tri impedansne metode.

Izvršene su simulacije za trofazni i jednofazni kratki spoj i to za tri tipa uzemljenja u slučaju kvara na 25%, 50% i 75% dužine posmatranog voda. Takođe, radi provjere osjetljivosti metoda analizirane su vrijednosti otpornosti kvara od 0,001 Ω , 5 Ω , 10 Ω i 50 Ω .

Za sve te slučajeve simulacijom se dobijaju vrijednosti procjene udaljenosti do mjesta kvara prikazane u tabelama 2, 3 i 4.

TABELA 2
 REZULTATI SIMULACIJE PRIMJENOM METODE REAKTANSE

Kvar na 25% dužine voda (m=0,25)						
R_k [Ω]	Direktno uzemljena mreža		Izolovana mreža		Mreža uzemljena preko impedanse	
	3KS	1KS	3KS	1KS	3KS	1KS
$R_k=0,001$	0,2435	0,2457	0,2435	0,2435	0,2435	0,2444
$R_k=5$	0,2560	0,0862	0,2560	0,2353	0,2560	0,0704
$R_k=10$	0,2904	-0,0545	0,2904	0,2511	0,2904	-0,0740
$R_k=50$	1,0164	-0,6530	1,0164	0,8809	1,0164	-0,4727
Kvar na 50% dužine voda (m=0,50)						
R_k [Ω]	Direktno uzemljena mreža		Izolovana mreža		Mreža uzemljena preko impedanse	
	3KS	1KS	3KS	1KS	3KS	1KS
$R_k=0,001$	0,4875	0,4920	0,4875	0,4876	0,4875	0,4890
$R_k=5$	0,5314	0,3506	0,5314	0,5309	0,5314	0,2720
$R_k=10$	0,5735	0,2116	0,5735	0,5724	0,5735	0,0598
$R_k=50$	0,8541	-0,8196	0,8541	0,8500	0,8541	-1,4817

Kvar na 75% dužine voda (m=0,75)						
R_k [Ω]	Direktno uzemljena mreža		Izolovana mreža		Mreža uzemljena preko impedanse	
	3KS	1KS	3KS	1KS	3KS	1KS
$R_k=0,001$	0,4871	0,4918	0,4871	0,4869	0,4871	0,4893
$R_k=5$	0,4994	0,3390	0,4994	0,4851	0,4994	0,3227
$R_k=10$	0,5336	0,2049	0,5336	0,5065	0,5336	0,1854
$R_k=50$	1,2529	-0,3512	1,2529	1,1602	1,2529	-0,1730

TABELA 3
 REZULTATI SIMULACIJE PRIMJENOM TAKAGI METODE

Kvar na 25% dužine voda (m=0,25)						
R_k [Ω]	Direktno uzemljena mreža		Izolovana mreža		Mreža uzemljena preko impedanse	
	3KS	1KS	3KS	1KS	3KS	1KS
$R_k=0,001$	0,2437	0,2458	0,2437	0,2438	0,2437	0,2442
$R_k=5$	0,2829	0,0940	0,2829	0,2822	0,2829	0,0154
$R_k=10$	0,3204	-0,0554	0,3204	0,3190	0,3204	-0,2086
$R_k=50$	0,5714	-1,1683	0,5714	0,5659	0,5714	-1,8436
Kvar na 50% dužine voda (m=0,50)						
R_k [Ω]	Direktno uzemljena mreža		Izolovana mreža		Mreža uzemljena preko impedanse	
	3KS	1KS	3KS	1KS	3KS	1KS
$R_k=0,001$	0,4875	0,4920	0,4875	0,4876	0,4875	0,4890
$R_k=5$	0,5314	0,3506	0,5314	0,5309	0,5314	0,2720
$R_k=10$	0,5735	0,2116	0,5735	0,5724	0,5735	0,0598
$R_k=50$	0,8541	-0,8196	0,8541	0,8500	0,8541	-1,4817
Kvar na 75% dužine voda (m=0,75)						
R_k [Ω]	Direktno uzemljena mreža		Izolovana mreža		Mreža uzemljena preko impedanse	
	3KS	1KS	3KS	1KS	3KS	1KS
$R_k=0,001$	0,7313	0,7381	0,7313	0,7312	0,7313	0,7338
$R_k=5$	0,7800	0,6075	0,7800	0,7796	0,7800	0,5288
$R_k=10$	0,8266	0,4792	0,8266	0,8259	0,8266	0,3286
$R_k=50$	1,1369	-0,4691	1,1369	1,1344	1,1369	-1,1189

TABELA 4
 REZULTATI SIMULACIJE PRIMJENOM MODIFIKOVANE TAKAGI METODE

Kvar na 25% dužine voda (m=0,25)						
R_k [Ω]	Direktno uzemljena mreža		Izolovana mreža		Mreža uzemljena preko impedanse	
	3KS	1KS	3KS	1KS	3KS	1KS
$R_k=0,001$	-	0,2467	-	0,2384	-	0,2444
$R_k=5$	-	0,2756	-	-2,0785	-	0,0524
$R_k=10$	-	0,3039	-	-0,1391	-	-0,1353
$R_k=50$	-	0,5085	-	-3,2566	-	-1,4977
Kvar na 50% dužine voda (m=0,50)						
R_k [Ω]	Direktno uzemljena mreža		Izolovana mreža		Mreža uzemljena preko impedanse	
	3KS	1KS	3KS	1KS	3KS	1KS
$R_k=0,001$	-	0,4934	-	0,4758	-	0,4894
$R_k=5$	-	0,5347	-	0,4636	-	0,3179
$R_k=10$	-	0,5750	-	1,0177	-	0,1506
$R_k=50$	-	0,8660	-	-0,1107	-	-1,0574
Kvar na 75% dužine voda (m=0,75)						
R_k [Ω]	Direktno uzemljena mreža		Izolovana mreža		Mreža uzemljena preko impedanse	
	3KS	1KS	3KS	1KS	3KS	1KS
$R_k=0,001$	-	0,7401	-	0,7387	-	0,7344
$R_k=5$	-	0,7941	-	11,8074	-	0,5839
$R_k=10$	-	0,8468	-	29,2431	-	0,4371
$R_k=50$	-	1,2255	-	-0,0514	-	-0,6156

U tabeli 5 prikazane su simulacijom izmjerene vrijednosti struja i napona na početku voda, struja nulte komponente i struja superpozicije potrebnih za vršenje proračuna kroz tri razmatrane metode. Dat je pregled za slučaj kvara na polovini voda i za otpor kvara $R_k=0,001\Omega$.

TABELA 5
IZMJERENE VRIJEDNOSTI STRUJA I NAPONA POTREBNIH ZA PRORAČUN

Direktno uzemljena mreža		
	Trofazni kratki spoj	Jednofazni kratki spoj
V_s [V]	10938 \angle -26,1°	14479 \angle -14,4°
I_s [A]	4387,9 \angle -75,2°	5778,2 \angle -63,9°
ΔI_s [A]	4282 \angle -77,3°	5642,9 \angle -65,2°
I_{0s} [A]	-	1106,8 \angle -79,7°
Izolovana mreža		
	Trofazni kratki spoj	Jednofazni kratki spoj
V_s [V]	10937 \angle -56,1°	1325,5 \angle -6,5°
I_s [A]	4338 \angle -105,2°	530,6 \angle -55,5°
ΔI_s [A]	4282 \angle -107,3°	343,4 \angle -58,2°
I_{0s} [A]	-	3,82 $\cdot 10^{-12}$ \angle -150,3°
Mreža uzemljena preko impedanse		
	Trofazni kratki spoj	Jednofazni kratki spoj
V_s [V]	10938 \angle -26,1°	2799,2 \angle 36,7°
I_s [A]	4387,9 \angle -75,2°	1120,2 \angle -11,7°
ΔI_s [A]	4282 \angle -77,3°	934,5 \angle -9,8°
I_{0s} [A]	-	127,3 \angle -12,1°

Na osnovu dobijenih podataka zaključuje se da metoda reaktanse daje precizne podatke za slučaj trofaznog kratkog spoja uz otpornost kvara do 10Ω . Kada je u pitanju jednofazni kratki spoj, zadovoljavajuća procjena udaljenosti će biti izvršena za metalni kratki spoj, osim za slučaj izolovane mreže kada prelazni otpori od 5 i 10Ω ne predstavljaju ograničenje.

Takagi metoda daje dovoljno tačne podatke za slučaj trofaznog kratkog spoja uz otpornost kvara do 5Ω . Slične rezultate daje i za jednofazni kratki spoj kod izolovanih mreža, a za druga dva načina uzemljenja zadovoljava samo za metalne kratke spojeve.

Modifikovana Takagi metoda se koristi samo za kvarove sa zemljom i daje dobru procjenu u direktno uzemljenim mrežama za kvarove prelaznog otpora do 10Ω , dok u izolovanim i mrežama uzemljenim preko impedanse daje prihvatljiv rezultat samo za metalne kratke spojeve.

U nastavku je za različite tipove kvarova dato poređenje i procjena koja će metoda najpouzdanije locirati kvar:

- Za slučaj trofaznog kratkog spoja Takagi metoda je tačnija od reaktantne za kvarove bez prelaznog otpora, dok u slučaju otpora od 5 do 10Ω reaktantna metoda daje bolji rezultat.
- Za slučaj jednofaznog kratkog spoja u uzemljenoj mreži modifikovana Takagi metoda daje dobre rezultate za kvarove otpora do 5Ω , a djelimično precizne za kvarove do 10Ω .
- Za slučaj jednofaznog kratkog spoja u izolovanoj mreži najbolju procjenu daje metoda reaktanse i to za kvarove do 10Ω .
- Za slučaj jednofaznog kratkog spoja u mreži uzemljenoj preko impedanse za kvarove bez otpora

najtačniji rezultat će dati modifikovana Takagi, zatim reaktantna metoda i konačno Takagi metoda.

V. ZAKLJUČAK

Mogućnost lociranja kvara u mrežama predstavlja veoma važan resurs pri eksploataciji elektroenergetskih sistema. Uspješno nalaženje mjesta kvara i brzo uklanjanje istog umanjuje finansijske gubitke usljed neisporučene električne energije.

U ovom radu su predstavljene impedansne metode koje se koriste za lociranje kvarova u mrežama. Dat je primjer primjene tri različite metode koje koriste mjerenja sa jedne strane voda i izvršeno njihovo poređenje za razne tipove uzemljenja mreže i razne vrste kvara. Može se zaključiti da razmatrane metode daju prihvatljive rezultate za kvarove niskog prelaznog otpora. Sa druge strane, visokoomski kvarovi predstavljaju prevelik izazov za njih, te su za kvarove otpornosti 50Ω i više praktično neupotrebjljive.

Dodatnu tačnost procjeni mjesta kvara donijele bi metode koje koriste podatke mjerenja sa oba kraja voda. Međutim budućnost problematike lociranja kvara u mrežama svakako leži u razvoju metoda koje vrše vremensko-frekventnu analizu putujućih talasa koji se prostiru duž voda, podržanih mašinskim učenjem i drugim mogućnostima vještačke inteligencije.

LITERATURA

- [1] *IEEE Guide for Determining Fault Location on AC Transmission and Distribution Lines*, in IEEE Std C37.114-2014 (Revision of IEEE Std C37.114-2004), January 2015
- [2] K. Zimmerman and D. Costello, *Impedance Based Fault Location Experience*, SEL Journal of Reliable Power, Volume 1, Number 1, July 2010
- [3] T. T. Takagi, Y. Yamakoshi, J. Baba, K. Uemura and T. Sakaguchi *Development of a new fault locator using the one-terminal voltage and current data*, IEEE Trans Power App Syst, Volume PAS-101 No. 8, August 1982
- [4] Z. Jiang, S. Miao, H. Xu, P. Liu and B. Zhang, *An effective fault location technique for transmission grids using phasor measurement units*, International Journal of Electrical Power & Energy Systems, Volume 42, Issue 1, November 2012, pp. 653-660
- [5] M. Shafiullah and M. A. Abido, *A Review on Distribution Grid Fault Location Techniques*, Electric Power Components and Systems, Volume 45, Issue 8, 2017, pp. 807-824
- [6] A. N. Milioudis, G. T. Andreou and D. P. Labridis, *Detection and Location of High Impedance Faults in Multiconductor Overhead Distribution Lines Using Power Line Communication Devices*, IEEE Transactions on Smart Grid, Volume 6, No. 2, March 2015, pp. 894-902
- [7] M. M. Saha, J. J. Izykowski and E. Rosolowski, *Fault Location on Power Networks*, Springer-Verlag, London, 2010
- [8] N. Parat, *Pregled metoda lociranja mjesta kvara putujućim valovima i integracija u buduće generacije releja zaštite*, Končar – Elektronika i informatika d.d, FER Zagreb, Januar 2016
- [9] I. Vuksanović, Z. Miljanić, *Mogućnosti korišćenja funkcije alokacije mjesta kvara mikroprocesorskih zaštitnih releja u elektrodistributivnoj mreži Crne Gore*, Crnogorski komitet CIGRE, V Savjetovanje, Maj 2017
- [10] E. Personal, A. García, A. Parejo, D. F. Larios, F. Biscarri and C. Leon, *A comparison of impedance-based fault location methods for power underground distribution systems*, Energies, Volume 9, Issue 12, 2016

**ABSTRAKTI AUTORSKIH RADOVA
OBJAVLJENIH U IEEE XPLOR-u**
(<https://ieeexplore.ieee.org/xpl/conhome/9056748/proceeding>)

Application of Unmanned Aerial Vehicle Technology in Commerce

J. Končar, S. Vučenović and R. Marić

Modern technologies are increasingly pushing the boundaries of possible applications in service sector where the workforce is an indispensable factor of efficiency. In the face of constant pressure for climate sustainability and environmental initiatives, unmanned aerial vehicle technology finds its place in retail, wholesale, and logistics, and especially in e-commerce. New stages of e-commerce development involve the automation of all processes, including the entire delivery system.

Dynamic phasor and frequency estimation considering harmonic interferences

Žarko Zečević, Member, IEEE, and Božo Krstajić, Member, IEEE

In this paper, we propose an algorithm that improves the dynamic synchrophasor and frequency estimation in the presence of harmonics. The proposed algorithm iteratively estimates parameters of harmonics that are close to the fundamental component. The estimated parameters are used to reconstruct the positive image of the fundamental component, which improves the dynamic phasor, frequency, and ROCOF estimation. The proposed approach provides very accurate frequency estimates over a wide frequency range, without a significant increase in the computational burden. Simulation results confirm that the proposed algorithm outperforms the comparison algorithms in various scenarios defined by the IEEE synchrophasor standard.

One Example of Mobile Hardware Platform for Sound Acquisition in Industrial Environment

Milutin Radonjić, Member, IEEE, Goran Kvašček, Member, IEEE, Milovan Radulović, Member, IEEE,
and Božo Krstajić, Member, IEEE

In this paper we propose one possible solution of microprocessor hardware platform for acquisition of sound signals from coal mill in thermal power plant. Proposed platform is based on Raspberry Pi 3B microcomputer, running Raspbian operating system. Sound acquisition is performed by command-line sound recorder arecord, which is part of the software package available with this operating system. Experimental results showed that this platform provides recordings comparable to recordings acquired by professional sound recorder, for particular application.

State Detection of Rotary Actuators Using Wavelet Transform and Neural Networks

S. Vujnović, Ž. Đurović, A. Marjanović, Ž. Zečević, and M. Micev

Rotary actuators are among the most commonly used machines in the industry and the algorithm for detecting the level of wear they are subjected to can prevent significant amount of unnecessary maintenance expenses. This paper proposes a new algorithm which can detect the state of the rotating machine using acoustic signals recorded in its vicinity. The algorithm uses a combination of wavelet transform and neural networks and is computationally inexpensive, so it can be implemented on a simple microcontroller. The testing has been done on real acoustic signals recorded in thermal power plant Kostolac in Serbia.

Analysis of Ultrasound Sensor Applicability in AAL Systems for Cooking Process Monitoring

Nikola Pavličević, Nikola Žarić, Member, IEEE, and Milutin Radonjić, Member, IEEE

The trend of population aging and increasing number of people with cognitive and other impairments caused more demands in Ambient Assisted Living solutions development. The kitchen space and cooking process are identified as a critical in this domain, from security and assistive aspects. In this paper, we present a short overview of technical solutions related to the cooker monitoring and corresponding sensors. In order to improve existing solutions, we invoke the ultrasound sensor utilization for cookware detection, liquid level measurement and detection of user activities regarding the cooking process. We have setup the testing prototype based on ultrasound sensor and acquired some experimental results, which will be presented.

MPPT Controller Based on Neural network Model of Photovoltaic Panel

Maja Rolevski, and Žarko Zečević, Member, IEEE

In this paper, we propose the MPPT algorithm that is based on the single-layer neural network model of the photovoltaic panel. It has been shown that the neural network can be employed to accurately model the relationship between the photovoltaic panel current, voltage, solar irradiance, and temperature. Unlike the equivalent circuit model, the neural network model can be used to calculate the gradient of the P-V curve, thus enabling the design of the simple MPPT technique that relies on the steepest ascent method. Simulation results show that the proposed algorithm exhibits a faster convergence speed and a smaller steady-state error than the conventional P&O algorithm.

Printed asymmetrical Sierpinski slot antenna for energy harvesting application

Radovan Čvorović, Luka Lazović, Vesna Rubežić and Ana Jovanović

This paper discusses the possibility of using bow-tie slot antennas in energy harvesting applications. As energy harvesting is gaining more importance, new antenna designs with better performance are getting more research attention. In this paper, starting point is a simple bow tie slot antenna. By analyzing simulation results, two significant modifications are proposed in order to upgrade antenna performance at frequencies available for energy harvesting. In order to improve antenna's impedance and bandwidth, first modification is proposed- creating an asymmetrical bow-tie shape. Furthermore, antenna is introduced to a fractal structure providing better results with major improvement in multifrequency operations and broadening bandwidth.

Virtual Laboratories - an Innovative Concept in Teaching of Electrical Engineering

Vasilija J. Sarac, Dragan I. Minovski and Goce G. Stefanov

Lack of equipment or financials for founding the laboratories often hinders the proper execution of laboratory exercises that are mandatory part in every curriculum of electrical engineering. Therefore the virtual laboratories are used as a supplement or replacement of physical laboratories providing the necessary experimental skills for students of electrical engineering. Paper presents two virtual laboratories aimed for analysis of electrical circuits and testing of electrical machines via web platforms. Both laboratories allow students to become familiar with instrumentation, setting of the laboratory measurement circuit and analysis of the obtained results. The advantages and the drawbacks of the both laboratories are described.

A Cyber-Physical-Social System Based Method for Smart Citizens in Smart Cities

Hasan Yetis, Mehmet Karakose, Member, IEEE

Today, there are studies about the smart city in order to use the city sources efficiently and improve the citizens' life quality. Besides the studies such as smart transportation, smart buildings, and smart homes, there are also applications that citizens have an active role. In this study, a system based on Cyber-Physical Social Systems, which integrates Cyber Physical System with the human factor is proposed for citizens' use. With the proposed system, citizens take role more actively in municipality processes. Thanks to the proposed system, citizens will able to report the problems they observed easily; the problems and field teams will be analyzed in the cyber system, and the task assignments are done according to the parameters such as how many time the problem reported, the report time, the distance of the field teams to the problem, the traffic jam. So, the management of task assignments can be done dynamically in optimal way. Thus, the smarter city concept with regard to the source management and active role taking citizens is achieved.

Classifier Ensembles for Credit Card Fraud Detection

Jasmina Novakovic, Suzana Markovic

There is a risk of payment card abuse in ecommerce, so it is important to note those transactions that are took place without the owner's knowledge. We use various predictive models to see how accurate they are in detecting whether a transaction is a normal payment or a fraud. In classification problem, Bagging, AdaBoost, Random forest and Gradient boosting classifier ensembles are used. We chose decision trees as the base classifiers in classifier ensembles because they are very accurate and sensitive to rotation of the feature axes. Consequences of employing different classifier ensembles are monitored. We present comparisons of classifier ensembles with different performance measures.

Review of Unmanned Aerial Systems for the Use as Maritime Surveillance Assets

Sanja Bauk, Nexhat Kapidani, Žarko Lukšić, Filipe Rodrigues, Luís Sousa

The paper presents key features of Unmanned Aerial Systems (UASs) deployed within the H2020 project Coordination Of Maritime assets for Persistent And Systematic Surveillance (COMPASS2020). The project has been conceived to enhance maritime safety, search and rescue at sea, as well as controlling and monitoring irregular migration and securing the European maritime borders from narcotics smuggling by means of the seamless integration and coordination of several manned and unmanned vehicles, specifically suited for these purposes. In this paper only the aerial segment has been considered, i.e., the Zephyr pseudo-satellite, as well as the AR3 Net Ray and the AR5 Life Ray Evolution crafts. Comparative advantages and disadvantages of these systems are presented, along with their info-communication roles within the project. Also, some directions for further research in the field are specified.

Modelling Type-2 Fuzzy Systems by Optimized Nonstationary Fuzzy Sets with Genetic Algorithm

Hasan Yetis, Mehmet Karakose, Member, IEEE

The high computational complexity of type-2 causes emerging of systems alternative methods. Nonstationary fuzzy system, which aims to model the type-2 fuzzy sets with a number of type-1 sets -obtained with the help of perturbation function- is one of these methods. In this study, the type-1 fuzzy subsets which are used in nonstationary systems are optimized by the help of the genetic algorithms. Thanks to the convergence rate of the genetic algorithm, the obtained type-1 fuzzy subsystems are close to the best solution. So, the nonstationary fuzzy set which is generated using the genetic algorithm gives us a better solution instead of the nonstationary fuzzy sets created by perturbation functions which are based on mostly randomness. The success of the obtained nonstationary fuzz set is proven by the simulation results.

Evaluating spatial reuse in 802.11ax networks with interference threshold adjustment

Nina Šepić, Enis Kočan, *Member, IEEE* and Milica Pejanović-Djurišić, *Member, IEEE*

The sixth generation of Wi-Fi standards, denoted as IEEE 802.11ax, is gathering research interest as the first WiFi standard to address the Quality of Experience (QoE) in dense environments. Members of the Task Group AX have proposed several solutions for improving spectrum efficiency in high density scenarios. In this paper we analyze efficiency of Basic Service Set (BSS) color, one of those solutions proposed for spatial reuse and improvement of area throughput. Using ns-3 network simulator, we model a hotspot scenario consisting of 7 overlapping basic service sets, implementing BSS color to identify the source of detected transmission. Nodes in each BSS use two Carrier Sense Thresholds (CSTs) for sensing the channel, where the higher threshold value is being applied for detection of inter-BSS frames. We show that, by selecting higher threshold for detecting frames from other access points (foreign frames), spectrum efficiency can be improved and area throughput can be increased. However, if the value of this threshold is too high, it can have a counterproductive effect, as it increases interference and probability of error in reception. Therefore, we present the upper limit value of CST, which should not be exceeded in the presented communication scenario, as well as a range of threshold values that enables improvement of area throughput.

Reduction of Energy Consumption based on Replacement of Routers with SDN Switches

Suada Hadzovic, Irena Seremet, Sasa Mrdovic and Samir Causevic

Software Defined Networking (SDN) is a promising solution because of many advantages over the traditional network. Due to these advantages, SDN can be considered as a tool for energy efficiency in ICT (Information and Communication Technology) networks. In this paper, we have made a comparison between energy consumption in real IP/MPLS (Internet Protocol/Multi-Protocol Label Switching) network and designed SDN network. The results show that a significant reduction of energy consumption is achieved for a scenario with designed SDN solution.

Proposal of an industrial communication system based on ZigBee technology

Ivan Rašović, Zoran Mijanović

This paper describes the implementation of a wireless system for monitoring production processes in industrial plants. The mentioned system is based on ZigBee technology and consists of an XBee module, Arduino microcontroller, corresponding shield, and central PC. The system is designed in such a manner that it can be adapted for other purposes.

Distributed Control Strategy for Multi-Agent Systems Using Consensus Among Followers

Luka Martinović, *Student Member, IEEE*, Žarko Zečević, *Member, IEEE*, Božo Krstajić, *Member, IEEE*

In this paper we introduce a novel distributed control strategy for coordinating the cooperative dynamic behavior in networked systems. The proposed control strategy is based on the leader-follower methodology with no communication between the leaders. Contrary to other solutions, the followers implement a dynamic consensus algorithm in such a way that each follower has full knowledge of the state of network of the followers. By using connection among leaders and followers each leader utilizes the information and implements a predefined control law. Simulation results show that this leads to the smaller mean square error in tracking the reference trajectory.

On Polynomial Approximations of Spectral Windows in Vertex-Frequency Representations

Miloš Brajović, Ljubiša Stanković, and Miloš Daković

Vertex-frequency analysis (VF) can be considered as a generalization of the classical time-frequency analysis. It provides tools and algorithms aiming to characterize the localized signal behavior in the joint vertex-frequency domain. Localized Graph Fourier Transform (LGFT) is an example of such a tool, with a role in the graphs signal processing which is equivalent to the role of the Short-time Fourier transform in traditional signal processing. Bearing in mind the rapidly increasing amounts of data and large dimensions of graphs related to practical applications, the calculation complexity of each tool for the spectral analysis of signals on graphs shall be continuously revisited. As they provide the possibility to calculate VF representations using only local neighborhoods of vertices, without the need for the eigendecomposition, polynomial approximations of spectral windows are commonly used in practice, mostly in the form of the Chebychev approximation. This paper revisits this choice, compares it with two other polynomial approximation approaches, and investigates their influence on the VF-based graph signal analysis and inversion.

Video protection by color watermark using a modified cyclic insertion scheme

Zoran S. Veličković, Zoran N. Milivojević, College of Applied Technical Sciences Niš, Serbia

This paper presents an original algorithm for copyrighting video content by inserting a color watermark. The optimal parameters of the algorithm allow lossless watermark extraction from H.264 encoded video are determined. The proposed algorithm is based on YCbCr transformation, block SVD decomposition, bitplane decomposition and modified reduced cyclic insertion scheme. The results obtained confirm the effectiveness of the proposed algorithm and it can be successfully applied in the protection of video content by color watermark without visible degradation of video content.

Box-Counting Method in Python for Fractal Analysis of Biomedical Images

Ivana Konatar, Tomo Popovic, *Senior Member, IEEE*, and Natasa Popovic

This paper presents the implementation of a Python-based library with a purpose to determine fractal dimension of biomedical images. The described method is based on the assumption that the images are already pre-processed and contain binarized version of fractal-like structures that can often be found in biomedical images. Three variants of the boxcounting method were implemented using different ways for selecting and sampling the boxes: standard non-overlapping box scanning, gliding or overlapping box scanning, and random box sampling. The utility of the proposed software was validated through the analysis of an open access library of binarized images of retinal microvasculature and by the comparison of these results with those obtained by using ImageJ program, that is commonly used for this purpose.

The Use of Tesseract OCR Number Recognition for Food Tracking and Tracing

Stevan Čakić, Tomo Popović, Stevan Šandi, Srđan Krčo, and Anita Gazivoda

One of the most interesting enabling technologies for digital transformation is computer vision. Object and character recognition has already become very popular and it is used in everyday life. This research focuses on the use of computer vision to read serial numbers from wine labels in order to enable applications based on tracking and tracing of each individual wine bottle. After experimenting with several OCR tools, an open source software called Tesseract OCR engine was selected for the pilot solution. The paper discusses the implementation and image processing that improved detection accuracy. The coding was done in the Python programming language. The solution code was tested using real-life like images of wine serial numbers. In addition, a custom built web-based evaluation tool was created and used for the interactive evaluation of the system.

Image-Based Plant Disease Detection: A Comparison of Deep Learning and Classical Machine Learning Algorithms

Draško Radovanović, Slobodan Đukanović, *Member, IEEE*

Rapid human population growth requires corresponding increase in food production. Easily spreadable diseases can have a strong negative impact on plant yields and even destroy whole crops. That is why early disease diagnosis and prevention are of very high importance. Traditional methods rely on lab analysis and human expertise which are usually expensive and unavailable in a large part of the undeveloped world. Since smartphones are becoming increasingly present even in the most rural areas, in recent years scientists have turned to automated image analysis as a way of identifying crop diseases. This paper presents the most recent results in this field, and a comparison of deep learning approach with the classical machine learning algorithms.

A Private Blockchain Implementation Using Multichain Open Source Platform

Aida Ismailisufi, Tomo Popović, Nenad Gligorić, Sanja Radonjić, and Stevan Šandi

The impact of digital transformation is becoming visible in every aspect of our lives. Digital transformation strategies mostly rely on disruptive technologies such as Internet of Things, augmented reality, artificial intelligence, and blockchain. Blockchain provides decentralized, immutable, and trustless database distributed across all participants and it was initially proposed as distributed ledger for digital cryptocurrency. However, besides in the finance sector, blockchain technology is considered to be a major innovation enabler in various industries. The paper describes an implementation of a private blockchain using the Multichain open source platform with possible application to agrifood use cases such as food tracking and tracing, product lifecycle management, and counterfeit prevention.

Review of collaborative software applications and integration with standard collaboration tools

Mirko Miljanic, Nikola Zaric, Member, IEEE

Collaborative software or groupware applications have become crucial communication channels for numerous companies all over the world. Nowadays it's really hard to keep track of huge amount of data and information that even small enterprises deal with. Knowledge management also plays a significant role in the whole story. Assuming all this, it is essential to know how those applications can help speeding up processes in almost every company, as well as making employees more productive. This review introduces some notable software solutions and possibilities to integrate them with the email. Furthermore, it provides both the comparison between given solutions and suggestions on what types of businesses are suitable for some of these applications.

Montgomery Modular Arithmetic over Gaussian Integers

Malek Safieh, Jurgen Freudenberger

The Montgomery multiplication is an efficient method for modular arithmetic. Typically, it is used for modular arithmetic over integer rings to prevent the expensive inversion for the modulo reduction. In this work, we consider modular arithmetic over rings of Gaussian integers. Gaussian integers are subset of the complex numbers such that the real and imaginary parts are integers. In many cases Gaussian integer rings are isomorphic to ordinary integer rings. We demonstrate that the concept of the Montgomery multiplication can be extended to Gaussian integers. Due to independent calculation of the real and imaginary parts, the computation complexity of the multiplication is reduced compared with ordinary integer modular arithmetic. This concept is suitable for coding applications as well as for asymmetric key cryptographic systems, such as elliptic curve cryptography or the Rivest-Shamir-Adleman system.

An Acceptance Criterion for Hybrid Algebraic and Soft-input Decoding

Malek Safieh, Daniel Nicolas Bailon, Jurgen Freudenberger

In this work, we investigate a hybrid decoding approach that combines algebraic hard-input decoding of binary block codes with soft-input decoding. In particular, an acceptance criterion is proposed which determines the reliability of a candidate codeword. For many received codewords the stopping criterion indicates that the hard-decoding result is sufficiently reliable, and the costly soft-input decoding can be omitted. The proposed acceptance criterion significantly reduces the decoding complexity. For simulations we combine the algebraic hard-input decoding with ordered statistics decoding, which enables near maximum likelihood soft-input decoding for codes of small to medium block lengths.

Evaluation of Predictive Capabilities of Similarity Metrics in Machine Learning

Igor Radišić, Saša Lazarević, Ilija Antović, Vojislav Stanojević

This paper explores prediction capabilities of similarity metrics used in machine learning algorithms. Predictive capabilities of various similarity metrics are examined based on their application on data sets of varying sizes and properties and evaluation of derived results. Predicting outcomes in machine learning is fundamental to many different machine learning algorithms and the findings in this paper will clarify how good their predictive capabilities are and under which conditions.

Identifying microservices using structured system analysis

Tatjana D.Stojanovic, Sasa D.Lazarevic, Milos Milic, Ilija Antovic

In this article it will be presented how to identify microservices using structured system analysis. Structured system analysis describes all the system functions, data stores and algorithms of the functions. When all of the functions of the system are described, they can be grouped into microservices. These microservices should be loosely coupled and highly cohesive. Rules for grouping microservices will be presented. It will be shown not only how to declare functions as microservices but also how to decompose data stores, thus these microservices share-as-little-as-possible by having separate databases.

Chatbot development using Java tools and libraries

Anita Ilić, Ana Ličina, Dušan Savić

The aim of this paper is the development of an intelligent programming robot for help with coding, using Java tools and libraries. This paper will examine the development process of Java software bots and their general objective. For the purpose of the successful development of an intelligent programming robot, the paper will provide theoretical guidance in selecting frameworks and development tools and assist in the development process, training and testing. It will compare existing software development tools for creating the bot that will quickly and reliably answer programming questions to users in the form of a conversation. As a result, it will provide a thorough foundation for the complete development of a chatbot.

Development DSL for data dictionary using MPS

Zorana Ikonić, Valentina Andjelković, Dušan Savić and Alberto Rodrigues da Silva

Structural System Analysis (SSA) is a complete and accurate method for producing the information system specifications. The main artifacts of this method are a hierarchical set of data flow diagrams, data dictionary, and specification of primitive processes. Silab-MDD approach defines a process to integrate the SSA method in the whole approach by developing domain-specific languages (DSLs) for specifying Data Flow diagrams and Data Dictionaries (DataDDSL). This paper focuses on DataDDSL

Integration of prosumers as a measure for increasing of power system flexibility - a case study of Montenegro

Uroš Kuč, Saša Mujović, Faculty of Electrical Engineering, the University of Montenegro

Power system flexibility requirements are significantly changed in the era of increased share of renewable energy sources in electricity power generation portfolio. Achieving flexibility through traditional concept assuming utilization of existing generation units is outdated, or at least inadequate. Flexibility of modern power systems is closely related with innovative measures such as demand-side management and active role of traditional consumers which have, under novel circumstances, additional ability and that is electricity production. This type of consumers called prosumers may have a strong impact on the power system flexibility and this claim is confirmed through analysis given in the paper. The analysis was conducted on the Montenegrin power system

Optimal Network Reconfiguration and Distributed Generation Allocation using Harris Hawks Optimization

Ibrahim Mohamed Diaaeldin, IEEE, Shady H. E. Abdel Aleem, Member, IEEE, Ahmed El-Rafei, Member, IEEE, Almoataz Y. Abdelaziz, Senior Member, IEEE, and Martin Čalasan, Member, IEEE

Distribution Network Reconfiguration (DNR) is the optimized change in the tie-lines connecting distribution system feeders without altering its radial structure. In this work, a recent DNR mathematical algorithm based on the graphical representation of the distribution system connections is employed to optimally allocate distributed generations (DGs) along with DNR, simultaneously. In this context, DGs based smart inverters are the used DG types. Case studies are conducted on the 83-node practical distribution system. The merits of this work are to improve loss minimization and enhance its voltage stability. A recent metaheuristic optimization algorithm is employed to solve the proposed mixed-integer nonlinear programming problem (MINLP) called Harris Hawks Optimization (HHO) algorithm. The proposed optimization approach succeeded in minimizing the total active losses by 21.428%.

Minimizing active power losses by incorporating Static Var Compensator (SVC) device into the power system

Katarina Kecojević, Ognjen Lukačević, Martin Čalasan and Saša Mujović

In this paper, minimizing active power losses by incorporating Static Var Compensator (SVC) device into the power system is being investigated. The mentioned investigation is evaluated on the IEEE 24-bus and modified IEEE 24-bus systems. In this paper, modified version of IEEE 24-bus system is realized by connecting 15MW wind farm in node 5 of tested network. The optimal value of reactive power of SVC device and corresponding minimal power system losses are calculated by using program package General Algebraic Modeling System-GAMS. It is shown that the minimal value of the power system losses highly depends on SVC location in both analyzed cases, with or without wind farm in power system.

CIP - Каталогизација у публикацији
Национална библиотека Црне Горе, Цетиње

ISBN 978-9940-8707-0-6
COBISS.CG-ID 40511248

ISBN 978-9940-8707-0-6



9 789940 870706 >