



Elektroprivreda

ČASOPIS ZAJEDNICE JUGOSLOVENSKE ELEKTROPRIVREDE • THE JOURNAL OF THE UNION OF YUGOSLAV ELECTRIC POWER INDUSTRY • REVUE DE L'UNION YOUGOSLAVE DE L'ELECTRICITE • ЖУРНАЛ ОБЪЕДИНЕНИЯ ЮГОСЛАВСКОГО ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВА • ZEITSCHRIFT DES JUGOSLAWISCHEN ELEKTRIZITÄTSWIRTSCHAFT

Godina Year	LVIII	Januar-Mart January-March	Broj No.	1
----------------	-------	------------------------------	-------------	---

Sadržaj	Strana Page	Content
---------	----------------	---------

	<i>Radmilo Ivanković</i>	
Uvod: 150 godina od rođenja Nikole Tesle ŠTA JE ELEKTRICITET?	3	Introduction: 150 TH anniversary of Nikola Tesla's WHAT IS ELECTRICITY?
	<i>Dragan P. Popović</i>	
JEDNA METODA UPRAVLJANJA TOKOVIMA REAKTIVNIH SNAGA U NORMALNIM I HAVARIJSKIM STANJIMA ELEKTROENERGETSKIH INTERKONEKCIJA	7	A REACTIVE POWER FLOW CONTROL METHOD IN NORMAL AND EMERGENCY STATES OF ELECTRIC POWER INTERCONNECTIONS
	<i>Goran S. Švenda i Radojica M. Bibić</i>	
UNAPREĐEN MATEMATIČKI MODEL ZA REGULACIJU NAPONA U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA	25	ADVANCED MATHEMATIC MODEL FOR VOLTAGE CONTROL IN DISTRIBUTION NETWORKS
	<i>Branislav V. Đorđević</i>	
SOCIJALNI PREDUSLOVI POTREBNI ZA REALIZACIJU PROJEKATA HIDROELEKTRANA	36	SOCIOLOGICAL ASPECTS FOR SUCCESSFUL LAUNCHING OF HYDRO POWER PROJECTS
	<i>Saša Stojković</i>	
UTICAJ MIKRO HIDROELEKTRANA NA STRUJE KRATKIH SPOJEVA U DISTRIBUTIVNOJ MREŽI	54	INFLUENCE OF MICRO POWER PLANTS ON SHORT- CIRCUIT CURRENTS IN DISTRIBUTION NETWORK
	<i>Jordan Radosavljević, Mirosljub Jevtić i Dardan Klimenta</i>	
ODREĐIVANJE OPTIMALNE LOKACIJE MALIH ELEKTRANA U RADIALNIM DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA	63	DETERMINING OPTIMAL LOCATION OF GENERATORS IN RADIAL DISTRIBUTION NETWORKS
	<i>Božo Kolonja, Dragan Ignjatović, Dinko Knežević i Ranka Stanković</i>	
KONCEPCIJA UPRAVLJANJA KVALITETOM UGLJA NA PRIMERU POVRŠINSKIH KOPOVA „TAMNAVA“	72	THE CONCEPT OF COAL QUALITY MANAGEMENT SYSTEM FOR „TAMNAVA“ OPEN PIT MINES
	<i>Vojislav Božanić</i>	
UPRAVLJANJE KVALITETOM ENDOSKOPSKIH ISPITIVANJA	87	QUALITY MANAGEMENT IN ENDOSCOPIC TESTING
	<i>Ivan Nikolić</i>	
RESTRUKTURIRANJE JAVNIH PREDUZEĆA – POLITIČKI MARKETING ILI NAŠA STVARNOST	94	PUBLIC ENTERPRISE RESTRUCTURING – POLITICAL MARKETING VS. REALITY
	<i>Branislav A. Bošković</i>	
OSTVARENJE ELEKTROENERGETSKOG BILANSA DRŽAVNE ZAJEDNICE SRBIJA I CRNA GORA U 2005. GODINI	100	REALIZATION OF THE POWER BALANCE OF THE STATE COMMUNITY SERBIA & MONTENEGRO IN 2005
	<i>Branislav Đorđević Sećanje</i>	<i>In memoriam</i>
Prof. dr VUJICA JEVĐEVIĆ (1913-2006)	113	Prof. dr VUJICA JEVĐEVIĆ (1913-2006)

IZDAVAČ:
PUBLISHER:

ZAJEDNICA JUGOSLOVENSKE ELEKTROPRIVREDE
UNION OF YUGOSLAV ELECTRIC POWER INDUSTRY

11 000 Beograd, Balkanska 13

Telefon: 2686-633, 2643-823, 2688-092, 2687-199 (centrala)

Telefaks: 686-398

Internet strana: www.eps.co.yu; www.epcg.cg.yu;

Elektronska pošta: jugel@sezampro.yu; jugel@beocity.net

DIREKTOR I GLAVNI I ODGOVORNI UREDNIK
DIRECTOR AND CHIEF EDITOR

Branislav A. Bošković, dipl. ing. el.

IZDAVAČKI SAVET
PUBLISHING COUNCIL

Branislav A. Bošković, dipl. ing. el., predsednik,

Zajednica jugoslovenske elektroprivrede, Beograd;

Prof. dr Jeroslav Živanić, dipl. ing. el., član, predsednik Upravnog odbora JP „Elektroprivreda Srbije”, Beograd;

Dr Duško Tubić, dipl. ing. el., član, JP „Elektromreža Srbije”, Beograd;

Dr Slobodan Ružić, dipl. ing. el., član, Agencija za energetska efikasnost, inženjering i konsalting
„Energy Saving Group”, Beograd;

Vladimir Vujović, dipl. ing. el., član, „Elektroprivreda Crne Gore” AD, Nikšić;

Dragutin Martinović, dipl. ing. el., član, „Elektroprivreda Crne Gore” AD, Nikšić;

REDAKCIONI ODBOR
EDITORIAL BOARD

Prof. dr Miroslav Benišek, dipl. ing. maš., član, Mašinski fakultet, Beograd;

Prof. dr Ilija Vujošević, dipl. ing. el., član, Elektrotehnički fakultet, Podgorica;

Prof. dr Branislav Đorđević, dipl. ing. građ., član, Građevinski fakultet, Beograd;

Prof. dr Jovan Nahman, dipl. ing. el., član, Elektrotehnički fakultet, Beograd;

Prof. dr Dragan Popović, dipl. ing. el., član, Elektrotehnički institut „Nikola Tesla”, Beograd;

Prof. dr Dragutin Salamon, dipl. ing. el., član, Elektrotehnički fakultet, Beograd;

Dr Petar Vukelja, dipl. ing. el., član, Elektrotehnički institut „Nikola Tesla”, Beograd;

Dr Veselin Ilić, dipl. ing. el., član, „Elektroprivreda Crne Gore” AD, Mojkovac;

Dr Branko Stojković, dipl. ing. el., član, „Elektroprivreda Crne Gore” AD, Nikšić;

Dr Duško Tubić, dipl. ing. el., predsednik, JP „Elektromreža Srbije”, Beograd;

Dr Rade Filipović, dipl. ing. el., član, Beograd;

Mr Dragan Vlajsavljević, dipl. ing. el., član, JP „Elektromreža Srbije”, Beograd;

Mr Gojko Dotlić, dipl. ing. el., član, JP „Elektromreža Srbije”, Beograd;

Mr Radmilo Ivanković, dipl. ing. el., član, Beograd;

Mr Miroslav Marković, dipl. ing. el., član, „Elektroprivreda Crne Gore” AD, Nikšić;

Gojko Vlajsavljević, dipl. ing. el., član, JP „Elektroprivreda Srbije”, Beograd;

Aleksandar Vlajčić, dipl. ing. el., član, pomoćnik ministra za rudarstvo i energetiku u Vladi Republike Srbije, Beograd;

Mihajlo Gavrić, dipl. ing. građ., član, JP „Elektroprivreda Srbije”, Beograd;

Milan Jakovljević, dipl. ing. rud., član, JP „Elektroprivreda Srbije”, Beograd;

Mladen Serventi, dipl. ek., član, JP „Elektroprivreda Srbije”, Beograd;

Vojislav Škundrić, dipl. ing. el., član, JP „Elektroprivreda Srbije”, Beograd;

Momčilo Gojgić, dipl. pravnik, član, Zajednica jugoslovenske elektroprivrede, Beograd;

Lela Lončar, dipl. filolog, član, Beograd.

TEHNIČKI UREDNIK
TECHNICAL EDITOR

Jovo Todorović dipl. teh.

LEKTOR I PREVODILAC
LINGUISTIC REVIEW
& TRANSLATION

Zlata Milinović,
dipl. filolog

CIP – Katalogizacija u publikaciji
Narodna biblioteka Srbije, Beograd

620.9

621.31

ELEKTROPRIVREDA : časopis Zajednice
jugoslovenske elektroprivrede / glavni i
odgovorni urednik Branislav A. Bošković. –
God. 1, br. 1 (1948)– . – Beograd
(Balkanska 13) : Zajednica jugoslovenske
elektroprivrede, 1948– (Beograd :
Kultura). – 28 cm

Tromesečno

ISSN 0013-5755 = Elektroprivreda

COBISS.SR-ID 32023

Časopis „Elektroprivreda” izlazi kvartalno.

The „Elektroprivreda” journal is issued quarterly.

Časopis „Elektroprivreda” se izdaje u 2006. godini uz finansijsku pomoć
Ministarstva za nauku, tehnologiju i razvoj Republike Srbije

The „Elektroprivreda” journal is published in 2006 with financial support of
Ministry for Science, Technology and Development of the Republic of Serbia

Štampa: „Kultura”, Beograd, Maršala Birjuzova 28

Printed by: „Kultura”, Beograd, Maršala Birjuzova 28

Tiraž: 1 000 primeraka

Circulation: 1,000 copies

Šta je elektricitet?



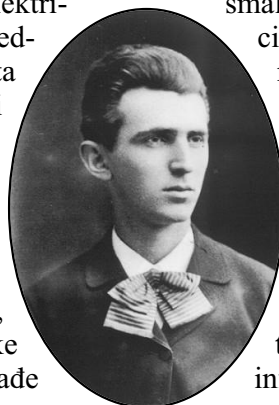
What is electricity?

Tesla je sebi često postavljao to pitanje iz naslova. Još od prvog susreta sa tom čudnom pojavom, koju je zapazio kao dete dok je milovao mačku. Milujući je, formirao se statički elektricitet koji se praznio u obliku bezbrojnih, malih varnica za koje je Teslin otac rekao da je elektricitet. Ali, šta je to? Nije li cela priroda jedna velika mačka puna tog elektriciteta koji se povremeno prazni stvarajući prodorne munje koje paraju oblačno nebo - razmišljao je Tesla.

Interesovanje za pojavu elektriciteta nije se smanjilo ni u poznijim godinama. U gimnaziji u Gospiću i Karlovcu to interesovanje se još povećalo, možda pod uticajem profesora fizike Martina Sekulića pojačala se želja da nađe odgovor na pitanje šta je elektricitet. Ta želja ga je pratila celog života pa je izučavanju pojava u vezi elektriciteta posvetio ceo svoj život. On je tragao za otkrivanjem tajni prirode da bi ih ukrotio i stavio na raspolaganje čoveku, jer po njemu „ništa nije primamljivije i važnije za proučavanje od prirode. Shvatiti taj veliki mehanizam, pronaći sile koje u njemu rade i zakone koji njime upravljaju, jeste najuzvišeniji zadatak uma čovečijeg”.

Savremena civilizacija, naš svakodnevni život, naše okruženje bazira na električnoj energiji i na mogućnostima njenog korišćenja. Koristimo je za osvetljenje kako bi produžili dan, koristimo je radi zamene ljudskog rada kako bi nam život bio lakši, koristimo je u svrhe telekomunikacija kako bi se međusobno lakše sporazumevali, jedan drugom približili i međusobno se bolje upoznali. Ali

Tesla has often asked himself the question in the title. Ever since his first encounter with that strange phenomenon that he noticed when he, as a child, stroked a cat. The stroking produced static electricity that discharged itself into countless small sparks that Tesla's father called electricity. But what is it exactly? Perhaps, nature as a whole is a big cat full of electricity discharging sometimes into thunderbolts slashing the cloudy sky - thought Tesla.



Slika 1. Nikola Tesla

His interest in the phenomenon of electricity did not diminish with the years. In the Real Gymnasium (Secondary School) in Gospic and Karlovac that interest has even increased. Perhaps influenced by his professor of Physics Martin Sekulic, Tesla did persist in finding out what electricity was. He even dedicated the whole of his life to studying phenomena related to electricity. He wanted to reveal the secrets of nature in order to tame them and put them at man's disposal for, according to him, „nature is the most attractive and the most important subject of study. To understand that great mechanism, to discover the forces that work within it and the laws that govern it is the supreme task of man's intellect.”

Modern civilization, our everyday life, our environment are based on electricity and on ways and capacities of its exploration. We use it for lighting to make the day longer, we use it to replace human effort and thus make our life easier. We use it in telecommunications in order to communicate more easily, to get closer together, to know more

od kada je tako? Kako je počela ta divna priča, ta bajka? O tome je jednom sam Tesla napisao tu bajku. Evo kako je on vidio:

BAJKA O ELEKTRICITETU

Ko istinski želi da shvati svu veličinu našeg doba treba da prouči istoriju razvoja elektriciteta. Tu će naći priču kakve nema ni među bajkama iz „Hiljadu i jedne noći”.

Priča počinje daleko pre početka naše ere, u doba kada su Tales, Teofrast i Plinije govorili o magičnim svojstvima „elektrona” (ćilibara), dragocene tvari koja je postala od suza iz očiju Heliada, sestara onog nesrećnog mladića Faetona koji je pokušao da ovlada Febovim kočijama i skoro spržio čitavu zemlju. Tu tajanstvenu pojavu živahna mašta starih Grka pripisala je, naravno, nekim nadzemaljskim uzrocima, i udahnula ćilibaru život i dušu. Je li to bilo stvarno verovanje ili više pesničko tumačenje - još uvek je pitanje. I dan danas ima vrlo prosvetljenih ljudi koji misle da je biser živ, da u dodiru sa toplim ljudskim telom postaje sve lepši, sve sjajniji; a mnogi naučnici misle da je i kristal živo biće, pa se takvo mišljenje čak proširilo i na čitav svemir otkako je Džagadis Čandra Boze pokazao nizom značajnih eksperimenata da i takozvana neživotna materija odgovara na spoljne nadražaje na potpuno isti način na koji reaguje biljno ili životinjsko tkivo.

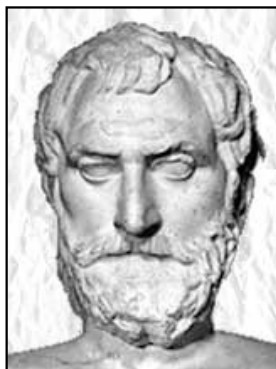
Znači da se ova praznoverica starih o ćilibaru, ukoliko je uopšte postojala, ne može uzeti kao dokaz o njihovom neznanju, i da se o njihovom poznavanju elektriciteta može samo nagađati. Zanimljiva je činjenica da su oni ribu ražu i upotrebljavali kao neku vrstu elektroterapije. Na nekim primercima starog novca nalazimo dvostruke zvezdice, nalik na varnice, slične onima koje proizvodi galvanska baterija. A i nekoliko drugih: sačuvanih podataka, mada vrlo mršavih, govore u prilog uverenju da je bilo izabраниh koji su imali mnogo dublje znanje o prirodi one pojave zapažene na ćilibaru. Tako se Mojsije, na primer, nesumnjivo služio elektricitetom daleko veštije nego ma ko u njegovo vreme. U Bibliji se na jednom mestu u detalje, s velikom preciznošću, opisuje u stvari mašina u kojoj se elektricitet stvarao trenjem vazduha o svilene zavese i gomilao u kutiju konstruisanu kao kondenzator. Vrlo je verovatno da je Aronove sinove ubila struja visokog napona

of one another. But when did it all start? How did that wonderful story begin, that fairy tale? Tesla himself wrote once that fairy tale. Here it is:

THE FAIRY TALE OF ELECTRICITY

by Nikola Tesla

Whoever wishes to get a true appreciation of the greatness of our age should study the history of electrical development. There he will find a story more wonderful than any tale from Arabian Nights. It begins long before the Christian era when Thales, Theophrastus and Pliny tell of the magic properties of electron - the precious substance we call amber - that came from the pure tears of the Hellades, sisters of Phaeton, the unfortunate youth who attempted to run the blazing chariot of Phoebus and nearly burned up the earth. It was but natural for the vivid imagination of the Greeks to ascribe the mysterious manifestations



Slika 2. Thales iz Mileta

to a hyperphysical cause, to endow the amber with life and with a soul. Whether this was actual belief or merely poetic interpretation is still a question. Even at this very day many of the most enlightened people think that the pearl is alive, that it grows more lustrous and beautiful in the warm contact of the human body. So too, it is the opinion of men of science that a crystal is a living being and this view is being extended to embrace the entire physical universe since Prof. Jagadis Chunder Bose has demonstrated, in a series of remarkable experiments, that inanimate matter responds to the stimuli in exactly the same manner as plant fiber and animal tissue.

The superstitious belief of the ancients, if it existed at all, can therefore not be taken as a reliable proof of their ignorance, but just how much they knew about electricity can only be conjectured. A curious fact is that the ray or torpedo fish, was used by them in electro-therapy. Some old coins show twin stars, or sparks, such as might be produced by a galvanic battery. The records, though scanty, are of a nature to fill us with conviction that a few initiated, at least, had a deeper knowledge of amber - phenomena. To mention one, Moses was undoubtedly a practical and skillful electrician far in advance of his time. The Bible describes precisely and minutely arrangements constituting a machine in which electricity

i da je Vestalska vatra kod Rimljana bila električne prirode. Inženjerima tog vremena je morao biti poznat pogon kaiševima, te se ne može pretpostaviti da nisu opazili obilno razvijanje statičkog elektriciteta. Uz pogodne atmosfere prilike kaiš se može pretvoriti u pravi dinamički generator sposoban da izazove mnoga vrlo zanimljiva dejstva. Ja sam palio električne sijalice, pokretao motore, i izvodio razne druge ne manje zanimljive eksperimente - sve pomoću elektriciteta, dobijenog kaiševima i nagomilanog u limene kutije.

Može se sa sigurnošću zaključiti da su starim filozofima bile poznate mnoge činjenice u vezi s ovom neuhvatljivom silom, te je čudnovato da je bilo potrebno da prođu dve hiljade godina do pojave prve naučne rasprave o elektricitetu (i magnetizmu, do čuvenog Gilbertovog dela objavljenog 1600. godine). Ovako dugi period neaktivnosti može se ipak donekle, objasniti. Učestalost je bila privilegija izabranih koji su svako novo saznanje ljubomorno čuvali u svom krugu. Vezne nije bilo lako održavati, pa je teško dolazilo do saradnje između geografski razdvojenih istraživača. A uzrok je donekle bila i sklonost ljudi tih vremena da zapostave praktične probleme i da se bore i žive za apstraktne principe, za dogme, predanja, ideale. Čovečanstvo se u Gilbertovo vreme još nije bilo mnogo promenilo, ali su njegova jasna učenja snažno delovala na učene duhove. Počele su se brzo, jedna za drugom, pojavljivati razne mašine na principu trenja, pa je rastao i broj eksperimenata i posmatranja. Praznovorni strah je postepeno ustupio mesto naučnoj pronicljivosti, te je 1745. godine svet s uzbuđenjem primio vest da su Klajst i Mušenbrok uspeli da u jednu posudu uhvate neku tajanstvenu silu koja je zatim pokazala svoju razornu snagu oslobodivši se uz žestok prasak. Tako se rodio kondenzator, možda najveći izum i u istoriji razvitka nauke o elektricitetu.

Za sledećih četrdeset godina čovečanstvo je načinilo dva ogromna skoka napred: Franklin je pokazao identičnost one blage ćilibarove duše i stravičnog Jupiterovog pojasa, a Galvani i Volta su pronašli elektrohemijski izvor struje iz koga se magični fluid može dobijati u neograničenim količinama. A onda je za daljih četrdeset godina

ELEKTROPRIVREDA, br. 1, 2006.

was generated by friction of air against silk curtains and stored in a box constructed like a condenser. It is very plausible to assume that the sons of



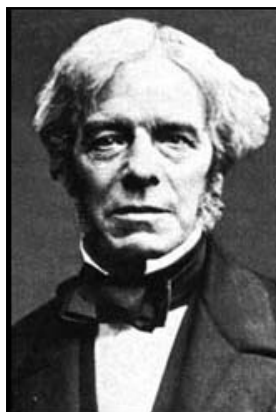
Slika 3. William Gilbert

Aaron were killed by a high tension discharge and that the vestal fires of the Romans were electrical. The belt drive must have been known to engineers of that epoch and it is difficult to see how the abundant evolution of static electricity could have escaped their notice. Under favorable atmospheric conditions a belt can be transformed in a real dynamic generator capable of producing many striking actions. I have lighted incandescent lamps, operated motors and performed numerous other equally interesting experiments with electricity drawn from belts and

stored in tin cans.

That many facts in regard to the subtle force were known to the philosophers of old can be safely concluded, the wonder is, why two thousand years elapsed before Gilbert in 1600 published his famous work, the first scientific treatise on electricity and magnetism. To an extent this long period of unproductiveness can be explained. Learning was the privilege of a few and all information was jealously guarded. Communication was difficult and slow and a mutual understanding between widely separated investigators hard to reach. Then again, men of those times had no thought of the practical; they lived and fought for abstract principles, creeds, traditions and ideals. Humanity did not change much in Gilbert's time but his clear teachings had a telling effect on the minds of the learned. Friction machines were produced in rapid succession and experiments and observations multiplied. Gradually fear and superstition gave way to scientific insight and in 1745 the world was thrilled with the news that Kleist and Leyden had succeeded in imprisoning the uncanny agent in a phial from which it escaped with an angry snap and destructive force. This was the birth of the condenser, perhaps the most marvelous electrical device ever invented.

Two tremendous leaps were made in the succeeding forty years. One was when Franklin demonstrated the identity between the gentle soul of amber and the awe-inspiring belt of Jupiter;



Slika 4. Michael Faraday

postignut još krupniji uspeh: Oersted je postigao značajan napredak time što je električnom strujom uspeo da utiče na magnetnu iglu. Arago je stvorio elektromagnet, Sibek - termotub, a Faradej je 1831. godine sve te uspehe krunisao izjavom da je uspeo da iz magnetna dobije elektricitet, čime je u stvari otkrio princip one divne mašine - dinama, i započeo novu eru, ne samo naučnog istraživanja, nego i praktične primene elektriciteta.

Otada se pronalasci neprocenjive vrednosti nižu vrtoglavom brzinom. Telegraf, telefon, fonograf, sijalica, indukcion motor, oscilatorni (transformator, rentgenski zraci, radium, radio) - sve je to, uz mnoge druge revolucionarne pronalaskes, duboko izmenilo životne uslove čovečanstva. Za osamdeset i četiri godine neuhvatljiva sila iz živog ćilibara i magnetne rude pretvorena je u ciklopsku snagu koja sve brže i brže okreće točkove progresu. To je ukratko bajka o elektricitetu od Talesa do danas. Dogodilo se nemoguće: nadmašeni su i najluđi snovi, a začuđeni svet se pita: Šta je sad na redu?

Prošao je skoro ceo vek od kada je Tesla napisao tu bajku. Odgovor na njegovo poslednje pitanje bio bi ogroman spisak pronalazaka koji su našli primenu u svakodnevnom životu - pomenimo samo neke - televizija, mobilni telefon, teledirigovane letilice, istraživanje Vasiona itd. Svi ti pronalasci i još mnogi drugi snažno su uticali na lagodnost življenja savremenog čoveka, savremenog ljudskog društva, ali su uticali i na prirodno okruženje koje je antropogenim faktorom u fazi degradacije. Razumnim pristupom i racionalnim življenjem čovek može da zaustavi negativan trend prirodnog okruženja. Sve snažniji su pokreti za uspostavljanje održivog razvoja čime čovečanstvo pruža šansu i budućim pokolenjima za normalan život. Tesla je verovao da um čovečji može organizovati upravo takav život.

Pripremio

Radmilo Ivanković

the other when Galvani and Volta brought out the contact and chemical battery, from which the magic fluid could be drawn in unlimited quantities. The succeeding forty years bore still greater fruit. Oersted made a significant advance in deflecting a magnetic needle by an electric current, Arago produced the electro-magnet, Seebeck the thermo-pile and in 1831, as the crowning achievement of all, Faraday announced that he had obtained electricity from a magnet, thus discovering the principle of that wonderful engine - the dynamo, and inaugurating a new era both in scientific research and practical application. From that time on inventions of inestimable value have followed one another at a bewildering rate. The telegraph, telephone, phonograph and incandescent lamp, the induction motor, oscillatory transformer, Roentgen ray, Radium, wireless and numerous other revolutionary advances have been made and all conditions of existence. During eighty-four years which have since elapsed, the subtle agents dwelling in the living amber and loadstone have been transformed into cyclopean forces turning the wheels of human progress with ever increasing speed. This, in brief, is the fairy tale of electricity from Thales to the present day. The impossible has happened, the wildest dreams have been surpassed and the astounded world is asking: What is coming next?

Nearly a whole century has elapsed since Tesla wrote this fairy tale. An answer to his last question would be the long list of inventions that found application in everyday life - to mention some of them - television, cellular phone, remote-controlled flying objects, space research etc. All these inventions have made human life more comfortable but they have also had an impact on natural environment which is, through the anthropogenic factor, in the phase of degradation. By rational approach and rational way of life the man could stop further deterioration of his environment. We are witnessing lately ever more powerful worldwide movements for establishing a safe and sustainable economic progress, whereby the mankind offers a chance to future generations, too, for a normal life. Tesla believed that man's mind is able to assure and organize just such a life.

Dragan P. Popović

Jedna metoda upravljanja tokovima reaktivnih snaga u normalnim i havarijskim stanjima elektroenergetskih interkonekcija

Originalni naučni rad
UDK: 621.05; 621.3.02.5; 621.3.016.25

Rezime:

U radu se izlaže jedna metoda za upravljanje tokovima reaktivnih snaga na izabranim elementima, uvođenjem kompenzacije u odgovarajuće čvorove, koji prirodno gravitiraju tome elementu. Ova metoda je bazirana na nestandardnim modelima tokova snaga u karakterističnim stanjima, što obezbeđuje precizniju kvantifikaciju relevantnih tehničkih efekata uvedene kompenzacije reaktivne snage. Karakteristike i mogućnosti razvijene metode utvrđene su na primeru realne elektroenergetske interkonekcije.

Ključne reči: *metoda, upravljanje, tokovi reaktivnih snaga, kompenzacija, realna interkonekcija*

Abstract:

*A REACTIVE POWER FLOW CONTROL METHOD IN NORMAL
AND EMERGENCY STATES OF ELECTRIC POWER INTERCONNECTIONS*

This paper presents a reactive power flow control method by introducing the compensation in corresponding nodes. This method is based on nonstandard load-flow models in characteristic states, which enables more accurate evaluation of the relevant technical effects of the compensation installed. The characteristics and possibilities of the developed method have been established on the example of real interconnection.

Key words: *method, control, reactive power flow, compensation, real interconnection*

1. UVOD

O aktuelnosti i značaju obezbeđivanja povoljnih naponsko-reaktivnih prilika u savremenim elektroenergetskim interkonekcijama svedoči izuzetno veliki broj publikovanih radova, koje je nemoguće citirati u okviru raspoloživog prostora za rad ove vrste. Umesto toga, navodi se samo jedna od karakterističnih referenci novijeg datuma [1], u kojoj su, uz citiranje 45 relevantnih referenci, dati pregled i sistematizacija (uz kraći kritički osvrt) niza optimizacionih metoda koje se bave rešavanjem naponsko-

reaktivne problematike, odnosno kompenzacijom reaktivne snage.

Ova problematika je veoma važna i za EES Srbije, posebno imajući u vidu skorašnja iskustva vezana za radna stanja EPS-a koja su se dogodila dana 18. maja i 6. jula 2004. godine, kada je usled deficita reaktivne snage i energije u prenosnoj mreži, došlo do značajnih problema u radu sistema EPS-a u domenu naponskih prilika. Pomenuti kritični defeciti nastali su usled nerasploživosti ili ispada iz pogona agregata u TE Nikola Tesla A i B, kada je bila neophodna primena havarijskog isključenja dela po-

*Prof. dr Dragan P. Popović, naučni savetnik Instituta „Nikola Tesla”,
11 000 Beograd, Koste Glavinića 9, email: dpopovic@ieent.org*

trošnje, kako bi se izbegle najteže posledice (naponska nestabilnost, odnosno „raspadi” delova EES) [2].

Analize sprovedene u uslovima pre ponovnog povezivanja sistema EPS-a na glavni deo UCTE interkonekcije su pokazale da nedostatak potrebne proizvodnje reaktivne snage i energije u agregatima u TE Nikola Tesla A i B dovodi do ozbiljnih naponsko-reaktivnih problema u prenosnoj mreži EPS-a [3]. Opšte je poznata činjenica da su agregati u ovim elektranama najznačajniji proizvodni kapaciteti u sistemu EPS-a i najbliži centrima sa najvećim konzumnim područjima (Beograd i područje Vojvodine). Ako se na to doda poznata činjenica da prenosna mreža EPS-a nije u potpunosti kompenzovana, kao i činjenica da u sistemu postoji veliki broj potrošača koji preuzimaju električnu energiju sa faktorom snage koji je niži od dozvoljenog, sasvim je jasno da trajno i kvalitetno rešenje problema nedostatka reaktivne snage i energije ima izuzetan značaj i veoma visok prioritet.

S druge strane, nakon povezivanja sa glavnim delom UCTE mreže, koje je uspešno obavljeno 10. oktobra 2004. godine [4], EPS će (uostalom, kao i ostale elektroprivrede, članice interkonekcije UCTE) biti u obavezi da striktno poštuje zahteve, kriterijume i standarde rada definisane u dokumentu [5]. U njemu se, u delu koji se odnosi na naponsko-reaktivna stanja, preporučuje da tokovi reaktivnih snaga po interkonektivnim dalekovodima budu minimizovani, kako bi se prenosni kapaciteti „oslobodili” za prenos aktivne snage, odnosno da svaki Operator Sistema (kod nas je to EMS – Elektromreža Srbije) treba da obezbedi „pokrivanje” svoga konzuma reaktivne snage i energije.

Konsekventno prethodno navedenom, ako bi tokovi reaktivnih snaga po interkonektivnim dalekovodima u pojedinim stanjima težili da naruše vrednosti, koje su bile definisane odgovarajućim bilateralnim sporazumom između dva susedna EES-a, bilo bi potrebno da se izvrši kompenzacija reaktivne snage ugradnjom odgovarajućih kompenzacionih uređaja u graničnim transformatorskim stanicama. Međutim, specificirana vrednost toka reaktivne snage (odnosno faktora snage) po interkonektivnom dalekovodu se može dogovorno korigovati, kada su izuzetno teška pogonska stanja, koja ugrožavaju rad nekog od povezanih EES-a. Tada, ostavljena je mogućnost da se u bilateralnim sporazumima između zainteresovanih EES-a, za kritična stanja, može posebno da specificira veličina reaktivne energije koja će se razmenjivati po interkonektivnim dalekovodima.

Dakle, imajući u vidu probleme u radu EES Srbije i sledeći osnovni postulat vezan za reaktivnu

energiju da bi ona, po pravilu, trebalo da bude proizvedena što bliže mestima njene potrošnje, jasno je da je u sistemu EPS-a potrebno da se poboljša kompenzacija reaktivne energije i to, selektivno, na svim naponskim nivoima. Najpre u distributivnim preduzećima, obezbeđenjem uslova za merenje i kompenzaciju reaktivne energije u transformatorskim stanicama na distributivnom naponskom nivou.

Zatim, striktnom i doslednom primenom odgovarajuće tarifne politike treba uticati na industrijske potrošače, priključene na distributivni ili prenosni naponski nivo, da pronađu interes za ulaganje u nabavku kompenzacionih uređaja, njihovo korišćenje i održavanje.

Nakon toga, uz pretpostavku da je na nižim naponima kompenzacija ostvarena, analizom tokova snaga i naponskih prilika u prenosnoj mreži EES-a Srbije treba utvrditi da li postoje i koja su to postrojenja gde bi priključenje odgovarajućih kompenzacionih uređaja najviše doprinelo poboljšanju opšteg stanja u sistemu u pogledu napona, kako je to istaknuto u referenci [3].

Na taj način, kao što je to već rečeno, generatori čija je primarna uloga proizvodnja aktivne energije u sistemu, ne bi se dodatno opterećivali proizvodnjom reaktivne energije, a konsekventno tome, smanjili bi se gubici u prenosnoj i distributivnoj mreži.

Imajući u vidu već istaknutu veliku aktuelnost i izuzetan praktičan značaj problematike naponsko-reaktivnih prilika EES-a Srbije, u Elektroprivredi Srbije je, sredinom 2004. godine, formiran Stručni tim za reaktivnu energiju, koji je sačinio plan kratkoročnih i srednjeročnih mera za rešavanje problema sa reaktivnim opterećenjima [6], a sve u cilju da se nađu najpovoljnija tehno-ekonomska rešenja.

Jedna od najznačajnijih početnih aktivnosti, u kontekstu pomenutog plana i njegovog ostvarenja, je izrada Elaborata [7], koji se bavio izborom optimalnog načina smanjenja reaktivnog opterećenja u elektrodistributivnoj mreži Srbije za 200 Mvar. Kao neposredni rezultat ovoga Elaborata, koji je revidovan maja meseca 2005. godine, je ugradnja, u relativno kratkom vremenskom periodu (do kraja oktobra 2005 godine), baterija kondenzatora u ukupnom iznosu od 200 Mvar u elektrodistributivnu mrežu Srbije. U pitanju su bile baterije kondenzatora snaga 25, 50, 75 i 100 kvar, koje su ugrađene u ormare ili na table u TS x/0,4 kV/kV različitog tipa, a koje je izradila domaća elektroindustrija, što svakako ima veliki značaj, koji ne bi trebalo posebno da se obrađuje.

U toku pisanja ovoga rada, obavlja se analiza i kvantifikacija niza korisnih efekata ove ugradnje baterija kondenzatora, čiji će rezultati biti saopšteni široj stručnoj javnosti.

Naredna aktivnost je izrada Studije „Izbor optimalnog načina smanjenja reaktivnog opterećenja s gledišta prenosne mreže po TS 110/x kV/kV u mreži EMS-a, u ukupnom iznosu od dodatnih 200 Mvar (100 Mvar na niskom naponu i 100 Mvar na srednjem naponu)”. Reč je od dodatnih 200 Mvar u odnosu na već realizovanu kompenzaciju na niskom naponu u iznosu od 200 Mvar.

Takođe, kada je reč o aktivnostima na ovoj veoma važnoj i značajnoj problematici, treba pomenuti Studiju „Planiranje izvora reaktivne snage u prenosnoj mreži EES Srbije – II faza”, čija je izrada u toku.

Ovaj rad predstavlja jedan od rezultata dosadašnjeg rada na pomenutoj Studiji. U njemu se izlaže jedna metoda, karakteristike i mogućnosti računarskog programa koji je baziran na njoj, upravljanja tokovima reaktivnih snaga u elektroenergetskim interkonekcijama.

Sušтина metode sastoji se u specifikiranju tokova reaktivne snage na početku odabranih elementa prenosne mreže (posredstvom unapred zadatog faktora snage na početku posmatranog elementa), a realizacija zadatih faktora snaga, odnosno odgovarajućih tokova reaktivnih snaga, postiže se uvođenjem kompenzacije u pogodno odabranim čvorovima. Ti čvorovi, po pravilu se biraju iz skupa čvorova koji prirodno gravitiraju odabranom elementu, s tim da to mogu da budu i čvorovi koji nisu direktno povezani sa krajnjim čvorovima odabranih elemenata. Kako će se to videti u narednom izlaganju, načini izbora tih čvorova i veličina njihovog učešća u dobijenoj ukupnoj vrednosti željene snage kompenzacionih uređaja, imaju posebnu težinu i delikatnost, a s tim, i posebno mesto u razvijenoj metodi.

Činjenica, da se u uslovima otvorenog tržišta električne energije i utvrđivanja energetske efikasnosti u prenosu, u kojima (uslovima) se sve kvantifikuje, a zatim i valorizuje, otvara pitanje kako da se izvrši preciznija kvantifikacija relevantnih tehničkih efekata ugradnje kompenzacionih uređaja, koja bi zatim omogućila adekvatnu tehno-ekonomsku analizu opravdanosti te ugradnje. Drugim rečima, neophodno je, između ostalog, da se preciznije kvantifikuju nastale promene u gubicima snage i promene u rezervi reaktivne snage generatora. Takođe, neophodno je da se izvrše i tačnije analize sigurnosti, posebno u slučajevima gubitaka većih injektiranja (odnosno ispada generatora većih snaga), koji, sudeći po dosadašnjim iskustvima, mogu da budu veoma kritični sa aspekta naponsko-reaktivnih prilika.

Evidentno je da za te svrhe klasični model tokova snaga (prisustvo jednog referentnog čvora, koji istovremeno ima i ulogu balansnog čvora), nije pogodan, a pogotovo u slučajevima gubitaka većih

injektiranja. Razlog za to leži u činjenici da se sve promene (uključujući i promene u gubicima aktivne snage u odnosu na „polazno” stanje, kada te kompenzacije nije bilo) lociraju samo na jedan generatorski (balansni) čvor, a što ne odgovara realnoj pogonskoj praksi.

Stoga, metoda izložena u ovom radu, bazirana je na nestandardnim modelima tokova snaga [8], u kojima, za razliku od klasičnog modela tokova snaga, svi čvorovi u razmatranoj interkonekciji imaju karakter balansnog. To praktično znači da u uspostavljanju novog kvazistacionarnog stanja nastalog kao rezultat efekata uvedene kompenzacije, odnosno analiziranog poremećaja, učestvuju svi generatorski čvorovi, srazmerno svojim primarnim regulacionim konstantama (i sekundarnim, za regulacione generatore) i statizmima primarne regulacije napona i svi potrošački čvorovi, u skladu sa svojim zavisnostima od napona i učestanosti.

Na bazi izloženog matematičkog modela upravljanja tokovima reaktivnih snaga i razvijene tehnike njegovog rešavanja, u Institutu „Nikola Tesla” razvijen je računarski program *UCOSFI (Upravljanje COSFI – faktorom snage)*. Karakteristike i mogućnosti ovoga računarskog programa utvrđene su na primeru realne elektroenergetske interkonekcije, koju sačinjavaju EES Srbije i Crne Gore, Bosne i Hercegovine (istočni deo), Makedonije, Rumunije, Bugarske, Grčke i Albanije.

Metoda, izložena u ovom radu, dakle nema pretenzija da se „umeša” među sofisticiranije, optimizacione metode [1], korišćene za rešavanje pitanja povoljnih naponsko-reaktivnih prilika, odnosno kompenzacije reaktivne snage. Međutim, ako je to potrebno posebno da se naglašava, ova metoda, odnosno računarski program *UCOSFI*, predstavljaju samo jedan od segmenata jedne veoma široke i kompleksne celine koja se bavi rešavanjem naponsko-reaktivne problematike u savremenim elektroenergetskim interkonekcijama. U ovom segmentu, kako će to biti pokazano u narednom izlaganju, između ostalog, moguće je:

- da se najpre izvrši dobra dijagnostika naponsko-reaktivnih prilika;
- zatim i dobra indikacija potreba za kompenzacijom reaktivne snage u normalnim i havarijskim stanjima;
- i najзад, da se dođe do potencijalnih lokacija i veličina potrebne kompenzacije, uz evaluaciju relevantnih tehničkih i ekonomskih efekata.

Sa ovako dobijenim rezultatima, dalje se ide na jedan od najvažnijih segmenata, a to je komplemenarna primena eksplicitne optimizacione procedure,

sa kojom se dolazi do finalnih rezultata i formulisanja konkretnih lokacija i snaga potrebne kompenzacije. Karakteristike i mogućnosti ove celine biće predmet posebnog rada, koji se nalazi u pripremi.

2. MODEL UPRAVLJANJA TOKOVIMA REAKTIVNIH SNAGA

2.1. Generalno

Generalna matematička formulacija problema upravljanja tokovima reaktivnih snaga je određivanje vektora upravljačkih varijabli \mathbf{u} , koji će zadovoljiti sledeća dva sistema jednačina:

$$F(\mathbf{x}, \mathbf{u}) = F^{SP} \quad (1)$$

$$G(\mathbf{x}, \mathbf{u}, \mathbf{d}) = \mathbf{0} \quad (2)$$

uz simultano zadovoljenje uslova:

$$\mathbf{u} \in U \quad (3)$$

Veličina \mathbf{x} je vektor stanja, a veličina \mathbf{u} , je kako je to već rečeno, vektor upravljačkih varijabli. U konkretnom slučaju elementi vektora upravljačkih varijabli \mathbf{u} su iznosi ukupne snage kompenzacije reaktivne snage (koji se lociraju na unapred odabrane čvorove, sa takođe unapred definisanim učešćem u toj snazi), potrebnih za ostvarenje zadatih faktora snage na početku izabranih elemenata u razmatranoj interkonekciji.

Upravljanje tokovima reaktivnih snaga modeluje se posredstvom sistema jednačina oblika (1). U njima, veličina F^{SP} je vektor tokova reaktivnih snaga, za unapred zadate vrednosti faktora snaga na početku odabranih elemenata prenosne mreže.

Obzirom da su predmet pažnje *naponsko-reaktivne prilike u prenosnoj mreži*, elementi koji se fokusiraju su TS 400/110 kV/kV i 220/110 kV/kV, kao i interkonektivni dalekovodi, na kojima je, kako je to već naglašeno, imperativ da se održava zadata vrednost faktora snage, u skladu sa UCTE dokumentom [5], odnosno odgovarajućim bilateralnim ugovorima između zainteresovanih EES-a. Naravno, razvijena metoda omogućuje da su ti elementi i transformatori 110/x kV/kV, a da se potrebna snaga kompenzacije utvrđuje na naponskom nivou x kV, što zahteva kompletno modelovanje mreže na tom naponskom nivou.

Veličina \mathbf{d} je vektor tzv. zadatih („demand”) varijabli, odnosno sistem jednačina oblika (2) je merodavan za uspostavljanje nova ravnotežna stanja nakon izvršene kompenzacije reaktivne snage, kao i nakon razmatranih poremećaja. To su zapravo je-

dnadžine balansa snaga u čvorištima razmatrane interkonekcije, za pomenuta stanja.

U ovom radu, nova stacionarna (ili preciznije-kvazistacionarna) stanja su, iz već prethodno iznetih razloga i motiva, modelovana posredstvom nestandardnih modela tokova snaga (modela tokova snaga u karakterističnim postdinamičkim kvazistacionarnim stanjima) prisutnih u metodologiji, odnosno računarskom programu *STATIC* [8].

Naravno, da bi formulisani problem upravljanja imao smisla, neophodno je da se ispuni uslov (3), odnosno da se vektor uvedenih upravljačkih varijabli \mathbf{u} nalazi u propisanim granicama U . Kako će to biti pokazano u narednom izlaganju, definisanjem maksimalno dozvoljenih vrednosti za snagu kompenzacije reaktivne snage omogućeno je da se, po njenom prevazilaženju tokom iterativne procedure, ova procedura zaustavi, jer je to ujedno bila dobra indikacija da problem upravljanja tokovima reaktivnih snaga nije bio adekvatno formulisan. Takođe, u ova ograničenja spada i uslov da ukupna vrednost injektiranja reaktivne snage u čvorovima u kojima se vrši kompenzacija ne bude manja od nulte vrednosti, čime se izbegavaju slučajevi „prekompensacije”.

2.2. Formulacija modela upravljanja tokovima reaktivnih snaga

Saglasno prethodno datoj generalnoj formi modela upravljanja tokovima reaktivnih snaga, sistem jednačina (1), u slučaju prisustva elemenata na kojima se zadaje faktor snage $\cos\varphi_{izi}$, odnosno vrši upravljanje tokovima reaktivne snage, imaju sledeći oblik:

$$\Delta Q_{ci} = Q_{ci}^{SP} - Q_{ckm} = 0; i \in NQU; k, m \in NC \quad (4)$$

gde je:

NQU – ukupan broj, odnosno oznaka skupa elemenata na čijem početku se zadaje faktor snage $\cos\varphi_{izi}$, odnosno vrši upravljanje tokovima reaktivne snage i

NC – ukupan broj, odnosno oznaka skupa početnog i krajnjeg čvora elemenata na kojima se vrši upravljanje tokovima reaktivne snage.

Veličina Q_{ci}^{SP} , koja predstavlja specificirani tok reaktivne snage na početku elementa „k-m”, ima sledeći oblik:

$$Q_{ci}^{SP} = P_{km} \tan\varphi_{izi} \quad (5)$$

u kome veličina P_{km} predstavlja aktuelni tok aktivne snage „kroz” element „k-m”, a veličina $\tan\varphi_{izi}$ je

trigonometrijska funkcija tg , koji odgovara zadatom faktoru snage $\cos\varphi_{izi}$.

Saglasno ovoj relaciji, specificirani tok reaktivne snage Q_{ci}^{SP} nije konstantna veličina (za razliku od veličina $\cos\varphi_{izi}$, odnosno $\tan\varphi_{izi}$, koje su konstantne, unapred zadate veličine), već se menja u skladu sa promenama toka aktivne snage P_{km} . Te promene toka aktivne snage (koje nisu velike, ali nisu ni zanemarljive) su logična posledica uvođenja kompenzacije, koja zatim utiče na promene napona a time i gubitaka aktivne snage, što dovodi i do promena u tokovima aktivnih snaga.

Veličina Q_{ckm} predstavlja aktuelni tok reaktivne snage „kroz” elemenat „ $k-m$ ”, koja se određuje posredstvom sledeće relacije:

$$Q_{ckm} = -(b_{km} + b_{ko})V_k^2 - V_k V_m (g_{km} \sin\theta_{km} - b_{km} \cos\theta_{km}),$$

$$k, m \in NC \quad (6)$$

gde je:

g_{km} , b_{km} – konduktansa i susceptansa elemenata „ $k-m$ ”;

b_{ko} – otopna susceptansa u čvoru „ k ”;

θ_{km} – razlika uglova fazora napona na početku (V_k) i kraju (V_m) elemenata „ $k-m$ ”.

Prethodno date jednačine upravljanja tokovima reaktivnih snaga trebalo bi da budu simultano zadovoljene sa odgovarajućim jednačinama balansa snaga, čija je generalna forma data preko sistema jednačina oblika (2).

Kako je to već naglašeno, za te svrhe korišćeni su nestandardni modeli tokova snaga, odnosno modeli tokova snaga u karakterističnim postdinamičkim kvazistacionarnim stanjima [8].

Za stanje nastalo nakon dejstva primarne regulacije napona i učestanosti, jednačine balansa za generatorske čvorove imaju sledeći oblik:

$$\Delta P_i = P_{GOi} - k_{pi} \Delta f - P_i = 0, \quad i \in NG \quad (7)$$

$$\Delta Q_i = Q_{GOi} + Q_{GOi} \frac{V_{GOi} - V_{Gi}}{s_{vi} V_{GOi}} - Q_i = 0, \quad i \in NSV \quad (8)$$

gde je:

NG – ukupan broj, odnosno oznaka skupa generatorskih čvorova;

NSV – ukupan broj, odnosno oznaka skupa generatora koji imaju statičku karakteristiku napon – reaktivna snaga;

P_{GO} , Q_{GO} – aktivna i reaktivna snaga generatora u polaznom ustaljenom stanju;

V_{GO} – napon na krajevima generatora u polaznom ustaljenom stanju;

k_p – primarna regulaciona konstanta učestanosti agregata;

s_V – statizam primarne regulacije napona generatora;

$\Delta f = f - f_0$ – odstupanje kvazistacionarne vrednosti jedinstvene učestanosti razmatrane interkonekcije f od svoje vrednosti iz polaznog ustaljenog stanja f_0 ;

P , Q – injektirana aktivna i reaktivna snaga.

Prethodno date jednačine balansa (7) i (8) moraju da striktno zadovolje sledeća, tzv. ”tvrda” ograničenja:

$$P_{Gmini} \leq P_{Gi} \leq P_{Gmaxi}, \quad i \in NG \quad (9)$$

$$Q_{Gmini} \leq Q_{Gi} \leq Q_{Gmaxi}, \quad i \in NG \quad (10)$$

U prisutnim i raspoloživim modelima tokova snaga u postdinamičkim kvazistacionarnim stanjima [9–14], analogno konvencionalnim modelima, generatorima se najčešće specificira napon na njihovim krajevima, koji se održava regulacijom pobude. Pri tome, reaktivna snaga je nepoznata veličina, odnosno pretpostavka o konstantnom naponu generatora važi sve dok je ispunjen dati uslov (10), pri čemu su Q_{Gmin} i Q_{Gmax} unapred zadate, konstantne veličine.

Međutim, kako je maksimalno dozvoljena struja rotora *stvarno fizičko ograničenje* (tzv. ”*tvrd*” *ograničenje*), njoj korespondira niz vrednosti Q_{Gmax}^r (uveden gornji indeks „ r ”-rotor), odnosno [15]:

$$Q_{Gmax}^r = \frac{\sqrt{(E_{Qm} V)^2 - (P_G f_r x_q)^2} - V^2}{f_r x_q} \quad (11)$$

gde je:

E_{Qm} – maksimalno dozvoljena vrednost elektromotorne sile generatora „iza” sinhronne poprečne reaktanse x_q koja odgovara maksimalno dozvoljenoj struji rotora;

V – napon na krajevima generatora;

P_G – angažovana aktivna snaga generatora;

f_r – relativna vrednost učestanosti.

U slučaju generatora sa cilindričnim rotorom (turbogeneratori), vrednost ove elektromotorne sile iznosi:

$$E_{Qm} = E_{qm} = E_{qmo} f_r^p \quad (12)$$

a u slučaju mašine sa istaknutim polovima (hidrogeneratori):

$$E_{Qm} = E_{qmo} f_r^p \frac{x_q}{x_d} + V \frac{x_d - x_q}{x_d} \cos \delta_G \quad (13)$$

gde je E_{qmo} elektromotorna sila koja odgovara maksimalno dozvoljenoj struji rotora pri nominalnoj učestanosti, p je faktor koji zavisi od tipa pobudnog sistema (npr. $p=1$, ako pobudna struja ne zavisi od brzine obrtanja), δ_G je tzv. „unutrašnji” ugao generatora, a x_d je podužna sinhrona reaktansa.

Elektromotorna sila E_{qmo} određuje se preko sledećeg izraza [15]:

$$E_{qmo} = m \frac{I_{fn}}{I_{fo}} V_n \quad (14)$$

gde je I_{fo} pobudna struja koja u praznom hodu pri nominalnoj brzini obrtanja obezbeđuje nominalni napon na krajevima V_n , a I_{fn} je pobudna struja koja obezbeđuje tu istu vrednost napona, pri nominalnom opterećenju. Preko faktora m označena je mogućnost preopterećenja pobudnog namotaja, koja je zavisna od vremena trajanja preopterećenja. Prema [15], vrednost ovog faktora kreće se od 1,05 do 2, za vreme trajanja preopterećenja od 3 600 s do 20 s.

Dakle, pomoću izraza (14) određuju se veličine elektromotorne sile E_{qmo} , a posredstvom izraza (12) i (13) veličina E_{Qm} , da bi se konačno, preko izraza (11), odredila tražena maksimalno dozvoljena reaktivna snaga koja odgovara maksimalno dozvoljenoj struji rotora, koja je stvarno fizičko ograničenje.

Naravno da nije potrebno posebno da se naglašava koliko ovakav prilaz utvrđivanju graničnih reaktivnih snaga generatora doprinosi tačnijoj evaluaciji relevantnih tehničkih efekata uvedene kompenzacije reaktivne snage.

Za postdinamička kvazistacionarna stanja nastala nakon dejstva sistema automatske sekundarne regulacije učestanosti i snaga razmene, i dalje su aktuelne jednačine balansa oblika (7), ali samo za generatore koji nisu uključeni u tu vrstu regulacije, kao i jednačine (8). Efekti sekundarne regulacije učestanosti i snaga razmene obuhvataju se preko sledećih jednačina:

$$\Delta P_i = P_{GOi} - k_{pi} \Delta f + k_{si}^j DEB_j - P_i = 0, i \in NSR \quad (15)$$

$$RGS_j = P_{Rj} - P_{RPj} + B_j \Delta f = 0, j \in M \quad (16)$$

gde je :

NSR – ukupan broj, odnosno oznaka skupa generatora koji učestvuju u sekundarnoj regulaciji učestanosti i snaga razmene;

M – broj, odnosno oznaka skupa regulacionih basena u zajedničkom sinhronom paralelnom radu;

k_{si}^j – koeficijent participacije i -tog generatora u sekundarnoj regulaciji učestanosti i snaga razmene j -tog regulacionog basena;

P_{Rj}, P_{RPj} – stvarni i programirani total razmene snaga j -tog regulacionog basena;

B_j – sekundarna regulaciona energija j -tog basena;

DEB_j – debalans aktivne snage j -tog regulacionog basena u kome je generator „ i ”;

RGS_j – regulaciona greška j -tog basena.

Jednačine (15) se odnose na generatore u regulacionim elektranama, a jednačine (16) definišu regulacione greške u posmatranim regulacionim basenima.

Dakle, sledeći logiku i tok funkcionisanja sistema za automatsku sekundarnu regulaciju, potrebno je naći takvo stanje u kome se regulaciona greška RGS_j anulira (naravno, ako u regulacionom basenu, gde je nastao debalans postoji dovoljna regulaciona rezerva). Međutim, ako te rezerve nema u dovoljnom iznosu za nastali debalans aktivne snage DEB_j (što nije redak slučaj u praksi), dobiće se ostvareno postdinamičko kvazistacionarno stanje, u kome je realno preslikana (ne)mogućnost sekundarne regulacije da u potpunosti eliminiše nastalu regulacionu grešku.

Jednačine balansa za potrošačke čvorove, koji nisu obuhvaćeni neposrednim učešćem uvedene relocirane kompenzacije reaktivne snage, imaju sledeći oblik:

$$\Delta P_i = P_{Li}(V_i, f) - P_i = 0 \quad (17)$$

$$\Delta Q_i = Q_{Li}(V_i, f) - Q_i = 0; i \in NL \quad (18)$$

gde je :

NL – ukupan broj, odnosno oznaka skupa svih „neproizvodnih” čvorova ($NL = N - NG$);

N – ukupan broj, odnosno oznaka skupa svih čvorova EES-a;

$P_L(V, f), Q_L(V, f)$ – aktivna i reaktivna snaga potrošača kao složene nelinearne funkcije od napona i učestanosti.

Od niza postojećih prilaza modelovanju potrošača, odabran je prilaz, izložen u [9], obzirom na njegovu fleksibilnost i široke mogućnosti uvažavanja različitih vrsta uticaja napona i učestanosti. U pomenutom prilazu, aktivna i reaktivna snaga potrošača, kao složene nelinearne funkcije od napona i učestanosti, definišu se na sledeći način:

$$P_{Li}(V_i, f) = P_{Loi}(1 + k'_{lai} \Delta f) \cdot [p_{1i} + p_{2i}(V_i / V_{oi})^{N_{1i}} + p_{3i}(V_i / V_{oi})^2] \quad (19)$$

$$Q_{Li}(V_i, f) = Q_{Loi}(1 + k'_{lri} \Delta f) \cdot [q_{1i} + q_{2i}(V_i / V_{oi})^{N_{2i}} + q_{3i}(V_i / V_{oi})^2] \quad (20)$$

gde je:

P_{LOi}, Q_{LOi} – aktivna i reaktivna snaga potrošača u polaznom ustaljenom stanju za $V_i = V_{oi}$ i $f = f_0$;

k_{la}, k_{lr} – koeficijenti samoregulacije po učestanosti aktivnih, odnosno reaktivnih snaga potrošača;

p_{1i}, q_{1i} – deo aktivne, odnosno reaktivne snage potrošača koji ima konstantnu vrednost;

p_{2i}, q_{2i} – deo ukupne aktivne, odnosno reaktivne snage potrošača proporcionalan N_{1i} -tom, odnosno N_{2i} -tom stepenu napona na njegovim krajevima;

p_{3i}, q_{3i} – deo ukupne aktivne, odnosno reaktivne snage potrošača koji ima karakter konstantne impedanse.

Upravljačke varijable, koje su definisane na eksplicitni način preko uvedenih snaga kompenzacije reaktivne snage QOC_i , ($i \in NQU$), potrebnih da obezbede zadati faktor snage $\cos \varphi_{izi}$ na početku izabranih elementa, relociraju se na NOC_i ($i \in NQU$) unapred definisanih čvorova u iznosima $QOCC_{ik}$, na sledeći način:

$$QOCC_{ik} = k_{Qik} QOC_i, \quad i \in NQU; k \in NOC_i \quad (21)$$

gde je k_{Qik} koeficijent učešća čvora „k” u snazi kompenzacije QOC_i .

Porebno je napomenuti, da sam izbor ovih čvorova, na koji se relociraju dobijeni iznosi kompenzacije reaktivne snage, asocirani izabranim elementima, predstavlja delikatniji deo razvijene metode upravljanja. Naravno, istu takvu delikatnost ima i definisanje koeficijenta učešća k_{Qik} izabranih čvorova.

Relociranje potrebne snage kompenzacije na NOC_i unapred definisanih čvorova dovodi do sledećih, novih jednačina balansa:

$$\Delta Q_{ik}^C = Q_{Lk}(V_k, f) - Q_k - QOCC_{ik} = 0, \quad i \in NQU; k \in NOC_i \quad (22)$$

Na taj način, matematički model za upravljanje tokovima reaktivnih snaga na početku NQU odabranih elemenata, relociranjem potrebne kompenzacije reaktivne snage QOC_i , kao eksplicitne upravljačke varijable, na NOC_i ($i \in NQU$) unapred definisanih čvorova saglasno relaciji (21), svodi se na jedinstveni sistem simultanih nelinearnih algebarskih jednačina.

Taj sistem jednačina za stanje nastalo dejstvom primarne regulacije napona i učestanosti sačinjavaju jednačine balansa oblika (4), (7), (8), (17), (18) i (22), uz striktno zadovoljenje uslova (9) i (10). Za

postdinamička kvazistacionarna stanja nastala nakon dejstva sistema automatske sekundarne regulacije učestanosti i snaga razmene, ovim jednačinama pridružuju se jednačine balansa oblika (15), i to samo za generatore koji su uključeni u sekundarnu regulaciju, kao i jednačine (16).

U ovim sistemima jednačina figurišu sledeće dve grupe nepoznatih varijabli:

– vektor upravljačkih varijabli QOC , dimenzije NQU , koji se relocira na odgovarajuća, unapred selektivno izabrana čvorišta NOC_i ($i \in NQU$), saglasno relaciji (21);

– vektor stanja, koji sadrži subvektor θ , dimenzije $(N-1)$, skalar f i subvektor V , dimenzije $(NSV + NL)$.

Za stanje nastalo nakon sekundarne regulacije, vektoru stanja pridružuje se:

– subvektor DEB , dimenzije M , čiji su elementi iznosi debalansa aktivnih snaga u razmatranim regulacionim basenima, nastalih kao posledica nastalih promena u odnosu na polazno, ravnotežno stanje.

Na taj način, definisani matematički model upravljanja tokovima reaktivnih snaga svodi se na određivanje vektora upravljačkih varijabli, odnosno ukupnog iznosa snaga kompenzacije (QOC_i , $i \in NQU$), relocirane na unapred zadate čvorove NOC_i ($i \in NQU$), a koje su potrebne za ostvarenje zadatih faktora snaga $\cos \varphi_{izi}$ na početku odabranih elemenata, simultano sa jednačinama balansa oblika (4), (7), (8), (15), (16), (17), (18) i (22)), striktno respektujući ograničenja (3), (9) i (10).

3. METODA REŠAVANJA FORMIRANOG MODELA UPRAVLJANJA TOKOVIMA REAKTIVNIH SNAGA

3.1. Uvedene pretpostavke i uprošćenja

Sasvim je jasno da prethodno formirani matematički model upravljanja tokovima reaktivnih snaga može uspešno da se rešava primenom metode Newton-Raphson-a [16], imajući u vidu opšte poznate njene dobre osobine, prvenstveno vezane za pouzdane karakteristike kvadratne konvergencije.

Međutim, posebni izazov u pogledu traganja za jednostavnijim, ali i dalje efikasnim tehnikama rešavanja, pružao je sam način modelovanja kompenzacije, pri kome elementi matrice admitansi čvorova EES-a ostaju nepromenjeni po ugradnji potrebnih vrednosti snaga kompenzacije, uz očuvanje njene početne simetrije. U pomenutom kontekstu, inspiraciju za postavljeni cilj dao je opšte poznati brzi raspregnuti postupak Stott-Alsac-a [17], koji je u osno-

vi bio razvijen za rešavanje tzv.konvencionalnog modela tokova snaga.

Dakle, razvoj tehnike rešavanja formiranog modela upravljanja tokovima reaktivnih snaga, pošao je od oblika rešenja koji daje primena metode Newton-Rhapon-a [16] na prethodno date jednačine balansa snaga (jednačine (4), (7), (8), (15), (16) i (22)), koje su merodavne za stanja nakon dejstva primarne regulacije napona i učestanosti.

Dalje, polazeći od tako dobijenog oblika rešenja, uvodi se niz opravdanih uprošćenja i pretpostavki kod formiranja odgovarajućih submatrica koeficijenata. *Pri tom, trebalo bi posebno da se naglasi, da su uvedena uprošćenja i pretpostavke bili samo u cilju pojednostavljenja same tehnike rešavanja (jer reč je samo o odgovarajućim modifikacijama matrice Jakobijana, koju daje metoda Newton-Rhapon-a), a ne samog formiranog modela upravljanja tokovima reaktivnih snaga, koji je sačuvao svoju autentičnost.*

Za formirani model upravljanja, a sve u pome nutom cilju pojednostavljenja njegove tehnike rešavanja, najpre se zanemaruje, tokom pojedine iteracije, uticaj promene napona na aktivne snage, kao i uticaj promene ugla na reaktivne snage. Time odgovarajuće submatrice u matrici Jakobijana postaju nula matrice, odnosno izvršeno je raspredanje varijabli tokom pojedine iteracije. Takođe, zanemaruje se uticaj karakteristika potrošača na odgovarajuće elemente Jakobijana, odnosno sada već submatrica koeficijenata.

Sledeća uvedena uprošćenja, koja su detaljno prikazana i obrazložena u [8, 18], proizašla su iz uobičajenog odnosa konduktansi i susceptansi u realnim visokonaponskim mrežama. Zatim, u submatricama koeficijenata za aktivnu snagu za module napona se usvaja nominalna vrednost, odnosno $V_n = 1$ p.u.

Novi momenat u, odnosu na prethodno rečeno, je u tzv. „ $Q-V$ ” konturi, odnosno prisustvo jednačina balansa oblika (4), i proširenih jednačina balansa, oblika (22).

Imajući u vidu strukturu jednačina (21) i (22), u submatrici koeficijenata koja se odnosi na reaktivne snage javiće se novi elementi koji se odnose na uvedeno upravljanje i koji imaju vrednosti k_{Qik} ($i \in NQU$; $k \in NOCi$).

Dalje, javljaju se novi elementi, koji su posledica prisustva jednačina balansa oblika (4), odnosno jednačina (6). Imajući u vidu strukturu jednačina (6), novi elementi koji su asocirani modulima napona, imaće konstantne vrednosti, kako će to biti pokazano u narednom izlaganju. Na kraju, novi elementi, vezani za uvedenu vrednost upravljanja, imaće nultu vrednost.

3.2. Brzi postupak sa razdvajanjem varijabli

Uz sve prethodno urađeno, iskorišćena je ideja izložena u [17], da se formiraju količnici elemenata vektora debalansa sa aktuelnim vrednostima napona, kao i ideja da se u submatrici koeficijenata koja se odnosi na aktivne snage zanemaruju rezistanse, a u submatrici koja se odnosi na reaktivne snage, da se dupliraju šantovi.

Na taj način, za određivanje kvazistacionarnog stanja nakon dejstva primarne regulacije napona i učestanosti, aktuelna su sledeća dva sistema rasprednutih jednačina, koja se sukcesivno iterativno rešavaju (smisao uvedenih subiteracionih indeksa k i l):

$$\begin{array}{c} k \\ \begin{array}{|c|} \hline \Delta P/V \\ \hline \Delta P_r/V \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|c|} \hline B' & F \\ \hline B_r & F_r \\ \hline \end{array} \begin{array}{c} k+1 \\ \begin{array}{|c|} \hline \Delta \theta \\ \hline \Delta(\Delta f) \\ \hline \end{array} \end{array} \quad (23)$$

$$\begin{array}{c} l \\ \begin{array}{|c|} \hline \Delta Q^e/V \\ \hline \Delta Q_c/V \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|c|} \hline B'' & B_q \\ \hline B_v & B_c \\ \hline \end{array} \begin{array}{c} l+1 \\ \begin{array}{|c|} \hline \Delta V \\ \hline \Delta QOC \\ \hline \end{array} \end{array} \quad (24)$$

U dobijenom sistemu jednačina (23), koji se odnosi na aktivne snage, subvektor debalansa („mismatch”) $\Delta P/V$, dimenzije $N-1$, određuje se saglasno relacijama (7) za generatorske čvorove i relacijama (17), za ostale čvorove.

Skalar $\Delta P_r/V$ odgovara referentnom čvoru, koji se bira proizvoljno i koji ima fiksnu vrednost ugla (uobičajeno je da je to nulta vrednost), a uveden je radi eliminacije singulariteta.

U sistemu jednačina (24), koji se odnosi na reaktivne snage, subvektor debalansa $\Delta Q^e/V$, dimenzije $NSV + NL$, određuje se saglasno prethodno datim relacijama (8) i (18), odnosno relacijama (22) za NOC_i unapred definisana čvorišta u kojima se, saglasno takođe unapred zadatom faktoru učešća, relociraju dobijene potrebne snage kompenzacije reaktivne snage.

Subvektor $\Delta Q_c/V$, koji se odnosi na elemente na čijem početku se želi ostvarenje takvog toka reaktivne snage, koji odgovara zadatoj vrednosti faktora snage, određuje se posredstvom relacije (4).

Na taj način, do traženih vrednosti snaga kompenzacije QOC_i ($i \in NQU$), relocirane na NOC_i unapred specificiranih čvorova, saglasno relaciji (21), a koje obezbeđuju zadate tokove reaktivnih snaga na početku odabranih elemenata i traženih vrednosti vektora stanja, koji sadrži subvektor θ , dimenzije

$(N-1)$, skalar f i subvektor V , dimenzije $(NSV + NL)$, dolazi se *sukcesivnim iterativnim rešavanjem dva raspregnuta sistema jednačina (23) i (24)*.

U njima, što se posebno naglašava, elementi svih prisutnih submatrica koeficijentata B' , B'' , F , F'' , B_q , B_v i B_c imaju konstantne vrednosti, za nepromenjenu topologiju.

Kvadratna submatrica B' , dimenzije $(N-1)$ je identična odgovarajućoj submatrici u poznatoj brznoj dekuplovanju metodi [17], a submatrica F , dimenzije $(N-1) \times 1$ ima sledeće elemente:

$$F_i = \begin{cases} k_{pi} & i \in NG \\ 0 & i \in NL \end{cases} \quad (25)$$

Takođe, kvadratna submatrica B'' , dimenzije $(NSV + NL)$, je identična odgovarajućoj submatrici u pomenutoj metodi. Jedina razlika je u uvećanoj dimenziji submatrice B'' (sada je $NSV + NL$), i proširenju dijagonalnih elemenata vezanih za generatore koji imaju statičku karakteristiku napon – reaktivna snaga (proširenje za veličinu $Q_{Goi} / (s_{Vi} V G_{oi}^2)$).

Submatrica B_q , dimenzije $(NSV + NL) \times NQU$ ima samo elemente koji su asocirani čvorovima u kojima se relociraju dobijeni iznosi snaga kompenzacije, čiji je oblik:

$$b_{qik} = k_{Qik} / V_n, i \in NQU; k \in NOC_i \quad (26)$$

Dalje, submatrica B_v , dimenzije $NQU \times (NSV + NL)$, asocirana modulima napona, saglasno jednačini (4), odnosno jednačini (6), imaće elemente:

$$b_{vk} = b_{km} + 2b_{ko}, k \in NC \quad (27)$$

$$b_{vm} = b_{km}, m \in NC \quad (28)$$

Na kraju, submatrica B_c , je kvadratna, reda NQU , i ima samo dijagonalne elemente, koji imaju nultu vrednost.

Za stanja nastala nakon dejstva sekundarne regulacije učestanosti i snaga razmene, uz jednačine (4), (7), (8), (15), (16) i (22), aktuelne su jednačine (15), koje se odnose na generatore koji su uključeni u sekundarnu regulaciju učestanosti i snaga razmene i jednačine (16), koje definišu iznose regulacionih grešaka u posmatranim regulacionim basenima.

U [8, 18] je pokazano da se analognim postupkom (primena metode Newton-Raphson-a metoda i uvođenje opravdanih pretpostavki i uprošćenja) dobijaju odgovarajuća dva sistema raspregnutih jednačina. Takođe, u [8, 18] je pokazano da se tako dobijeni, inače jednostavan model određivanja tokova snaga, može dalje uprostiti, što se postiže odvojenim računanjem regulacionih grešaka, odnosno debalansa pod sistema.

Praktično je reč o još jednom rasprezanju tokom iterativne procedure, koje omogućuju osobine procesa sekundarne regulacije. Opravdanost tog rasprezanja proizilazi iz same „fizike” tretiranog fenomena, odnosno iz činjenice da se automatska sekundarna regulacija učestanosti i snaga razmene (naravno, uz ispunjenje svih uslova za njeno normalno funkcionisanje), obavlja mirno, sporo i, što je najznačajnije, u uslovima srazmerno malih promena veličina stanja.

Na taj način i dalje su aktuelni raspregnuti pod sistemi jednačina (23) i (24), s tim da su sada u vektoru DP/V prisutne, u skladu sa (15), koordinate vezane za regulacione elektrane, odnosno tokom iterativne procedure vrše se korekcije vektora DP/V , koje bi trebalo praktično da eliminišu nastale regulacione greške.

Kao što se iz prikazanog modela određivanja tokova snaga uočava, on je formiran za najopštiji slučaj pojave regulacionih grešaka u svim regulacionim basenima, odnosno obuhvaćeni su slučajevi (koji se izbegavaju u praksi) njihovih neusklađenih primarnih i sekundarnih regulacionih konstanti. Inače, sa tog modela veoma se lako prelazi na slučaj kada je poznati *Darieušov* princip neintervencija [11] obezbeđen (potpuna usklađenost primarnih i sekundarnih regulacionih konstanti), odnosno kada figuriše samo regulaciona greška pod sistema u kome se desio poremećaj, a koja treba da se eliminiše dejstvom regulacionih elektrana samo toga pod sistema.

Takođe, potrebno je napomenuti da prikazani model tokova snaga omogućuje određivanje i stanja u kojima nije bilo dovoljne regulacione rezerve (proces računanja se zaustavlja kada praktično nema više promena regulacione greške-indikacija da se ustalila, zbog nedostatka potrebne regulacione rezerve).

Na kraju, potrebno je posebno da se naglasi i istakne, da se u odnosu na prilaz koji bi bio baziran na klasičnom modelu tokova snaga, sada javljaju submatrice F i F'' , koje su asocirane kvazistacionarnoj vrednosti jedinstvene učestanosti f . Indeks „r”, kako je to već rečeno, govori da se radi o referentnom čvoru.

Međutim, za razliku od klasičnog modela tokova snaga, u kome referentni čvor (uveden iz istih razloga – eliminacija singulariteta) je istovremeno i balansni, sada svi čvorovi imaju karakter balansnog. Odnosno, u uspostavljanju novih kvazistacionarnih stanja, dobijenih učinkom uvedene kompenzacije reaktivne snage (i poremećaja, ako se oni razmatraju), učestvuju svi generatorski čvorovi (srazmerno svojim primarnim, odnosno sekundarnim regulacionim konstantama) i svi potrošački čvorovi (u skladu

sa svojim zavisnostima od napona i učestanosti). Ova osobina razvijene metode je ključna, jer evidentno omogućuje tačniju evaluaciju relevantnih tehničkih efekata uvedene kompenzacije reaktivne snage (i efekata poremećaja, kada se razmatraju), a time omogućuje i tačniju tehno-ekonomsku analizu njene opravdanosti.

4. TEHNO-EKONOMSKA ANALIZA OPRAVDANOSTI UVEDENE KOMPENZACIJE REAKTIVNE SNAGE

Praktična primena prethodno izložene metode upravljanja tokovima reaktivnih snaga, uvođenjem potrebnih vrednosti kompenzacije u pogodno odabrane lokacije, može da daje niz korisnih pokazatelja, koji govore o neposrednim tehničkim efektima toga uvođenja. To se u prvom redu odnosi na:

- poboljšanje naponskih prilika u analiziranom EES;
- smanjenje reaktivnog opterećenja generatora u analiziranom EES, odnosno povećanje njihove rezerve u reaktivnoj snazi;
- smanjenje gubitaka aktivne i reaktivne snage u analiziranom EES;
- promene stanja na interkonektivnim dalekovodima razmatrane interkonekcije.

Uključivanjem karakterističnih poremećaja u kontekst razvijene metode, dobijaju se sledeći pokazatelji:

- ocena kritičnosti analiziranog poremećaja, u pogledu naponsko-reaktivnih prilika, sa posebnim osvrtom na indikaciju mogućnosti nastanka naponskog sloma;
- ocena poboljšanja statičke sigurnosti rada analiziranog EES i njegovog okruženja, koje je nastalo kao posledica uvedene kompenzacije reaktivne snage;
- neophodnost uvođenja dodatne kompenzacije reaktivne snage u cilju minimizacije rizika od pojave naponskog sloma, problematike koja je danas posebno aktuelna [19], imajući u vidu poznata, veoma neprijatna iskustva savremenih EES u bliskoj prošlosti.

Naravno, sada se postavlja suštinsko pitanje kako sve ovo vrednovati, odnosno izvršiti valjanu tehno-ekonomsku analizu opravdanosti dobijenih iznosa za snage kompenzacionih uređaja.

U pomenutom cilju, za sada se fokusira samo efekat smanjenja gubitaka aktivne snage, odnosno energije u analiziranom EES-u, za koji je omogućena eksplicitnija valorizacija, a što ne bi bio slučaj sa

ostalim, prethodno pomenutim, nesumnjivo korisnim efektima.

Kad je reč o problematici gubitaka, i za nju važi konstatacija o izuzetno velikom broju publikovanih radova, koje je nemoguće citirati u okviru raspoloživog prostora za rad ove vrste. Dakle, dilema je bila kako to, u mnoštvu različitih prilaza različite složenosti, uraditi na racionalan i efikasan način, imajući u vidu svu kompleksnost problematike gubitaka, a da se u dobijene rezultate može verovati?

Autor ovoga rada se opredelio za jedan, relativno jednostavan ali i dovoljno indikativan prilaz, koji, uz odgovarajuće analize osetljivosti, može da dovede do željenog rezultata. Zapravo, reč je o prilazu, koji je već bio korišćen u Elaboratu [7], čiji rezultati su već implementirani u praksi, sa nizom pozitivnih efekata za rad EES Srbije.

U tom prilazu, efekti uvedene snage kompenzacije reaktivne snage, sagledavaju se preko promena (odnosno smanjenja – jer tada jedino kompenzacija ima praktičnog smisla) godišnjih troškova gubitaka električne energije ΔT_g , koji se određuju preko sledeće relacije:

$$\Delta T_g = \Delta P_g \cdot \tau \cdot c_g \quad (29)$$

gde je:

ΔP_g – iznos smanjenja maksimalnih gubitaka aktivne snage usled uvedene kompenzacije reaktivne snage;

τ – ekvivalentno vreme trajanja maksimalnih gubitaka aktivne snage;

c_g – cena gubitaka električne energije.

Dakle, postavlja se pitanje kako doći do adekvatnih vrednosti za veličine ΔP_g , τ i c_g .

Veličina ΔP_g se odnosi na vršno stanje, i ona će direktno proizilaziti iz rezultata primene razvijene metode za to vršno stanje, obzirom da se raspolaže sa vrednostima i strukturom gubitaka aktivne snage u polaznom stanju i stanju nakon izvršene kompenzacije.

Načini određivanja vrednosti τ , takođe su prisutni u izuzetno velikom broju publikovanih radova, od kojih se navodi referenca [20], koja, na jedan jasan i pregledan način, vrši elaboraciju razmatranog problema. Takođe, i autor ovoga rada imao je odgovarajućih iskustava sa ovom problematikom, deo kojih je izložen u [21, 22].

U Elaboratu [7] se operisalo sa vrednošću $\tau = 3\,500$ h (za $T_m = 5\,000$ h – ekvivalentno vreme trajanja maksimalnog opterećenja), a za cenu gubitaka električne energije je uzeto da iznosi 0,05 €/kWh.

Ostajući kod ovakvog prilaza, moguće je izvršiti *estimaciju* broja godina n_g za koji se isplati uložiti

na investicija za kompenzaciju reaktivne snage u iznosu IOC , sa aspekta ušteda u gubicima električne energije, na sledeći način:

$$n_g = IOC/\Delta T_g \quad (30)$$

Do veličine IOC se dolazi na sledeći način:

$$IOC = \sum_{i=1}^{NQU} QOC_{ni} c_{oc} \quad (31)$$

gde je:

QOC_{ni} – ukupan iznos potrebne snage kompenzacionih uređaja reaktivne snage, preračunatih na nominalni napon ($i \in NQU$);

c_{oc} – jedinična cena kompenzacionih uređaja.

Razvijena metoda upravljanja daje kao rezultat veličine QOC_i ($i \in NQU$), koje važe za dobijene vrednosti napona, pa se stoga, za dalju praktičnu upotrebu, one preračunavaju na nominalni napon.

Prethodno izloženo je samo jedna od niza mogućih opcija rešavanja postavljenog tehn-ekonomskog problema. Ta opcija, naravno da ne spada u sofisticiranije prilaze, jer je bazirana na odgovarajućim aprokcijama (a neke od kojih su prisutne i u strožim prilazima), koje su omogućile njenu jednostavanost. Međutim, kako će to biti pokazano u delu ovoga rada, koji se bavi primerima praktične primene razvijene metode, ova izabrana opcija, uz odgovarajuće analize osetljivosti, može da dovede do željenog rezultata, kao što je to bilo u slučaju rezultata Elaborata [7].

5. RAČUNARSKI PROGRAM UCOSFI

Na bazi izloženog matematičkog modela upravljanja tokovima reaktivnih snaga, razvijene tehnike njegovog rešavanja i izabranog načina tehn-ekonomske analize opravdanosti uvedene kompenzacije, u Institutu „Nikola Tesla” razvijen je računarski program *UCOSFI* (*Upravljanje COSFI – faktorom snage*).

Ovaj računarski program, koji pored glavnog programa ima 45 potprograma tipa subroutine, omogućuje tretiranje interkonekcija sa 10 000 čvorova, 30 000 grana, 2 000 generatora, 4 000 transformatora, 200 regulacionih basena, 100 elemenata na čijem početku se zadaje faktor snage i 500 čvorova na kojima se relociraju dobijeni iznosi snaga kompenzacije. Sve ulazne datoteke, preko kojih se definiše polazno stanje, u potpunosti su kompatibilne sa odgovarajućim datotekama koje koristi najnovija, unapređena verzija računarskog programa *STATIC* [23] i *PRIMCONT* [24].

Ta činjenica je posebno apostrofirana, jer govori o praktičnoj mogućnosti udobne komplementarne primene računarskih programa *STATIC*, *PRIMCONT* i *UCOSFI*, koji su organski delovi jedne veoma široke i kompleksne celine koja se bavi rešavanjem naponsko-reaktivne problematike u prenosnim mrežama savremenih elektroenergetskih interkonekcija. Kako je to već rečeno, karakteristike i mogućnosti ove celine biće predmet posebnog rada, koji se nalazi u pripremi.

Na slici 1 daje se uprošćeni dijagram toka odvijanja programa *UCOSFI*, odnosno toka i načina upravljanja tokovima reaktivnih snaga u normalnim i poremećenim stanjima elektroenergetskih interkonekcija.

Proračuni počinju formiranjem i sređivanjem svih potrebnih ulaznih podataka razmatrane interkonekcije (blok 1). U takve podatke spadaju i podaci sa kojima se vrše prethodno opisane tehn-ekonomske analize opravdanosti uvedene kompenzacije.

Po sređivanju ulaznih podataka, vrši se proračun polaznog stanja, odnosno proračun tokova snaga i naponskih prilika primenom procedure („samo-pokretanje”), koja je detaljno opisana u [18, 25] (blok 2). To spada u veoma važnu fazu odvijanja programa, jer se omogućuje otklanjanje uočenih grešaka u ulaznim podacima (koje nažalost nisu retke, kada je „ljudski faktor” u pitanju). Za ovo polazno stanje se utvrđuju oni pokazatelji (veličina i struktura gubitaka aktivne i reaktivne snage, veličine i struktura generisanja reaktivne snage od strane dalekovoda i veličine reaktivne rezerve generatora), čije se promene dalje prate, a koje su veoma indikativne u pogledu utvrđivanja relevantnih tehničkih efekata uvedene kompenzacije reaktivne snage.

U daljem odvijanju ovog računarskog programa, njegovom Korisniku stoje na raspolaganju opcije **I**, **II** i **III**.

Izborom opcije **I**, po određivanju tokova snaga u polaznom stanju, dalje se obavlja specifikacija potencijalno „kritičnih regiona”, sa aspekta naponsko-reaktivnih prilika (blok 3). Na osnovu zadate vrednosti za faktor snage, registruju se svi elementi (praktično se radi o TS 400/110 kV/kV i 220/110 kV/kV kada je reč o naponsko- reaktivnim prilikama u prenosnoj mreži, kao i TS 110/x kV/kV, kada je neophodno i modelovanje relevantnih delova mreža na x naponskom nivou), koji imaju manju vrednost faktora snage od zadatog.

Ujedno, formira se odgovarajuća izlazna datoteka, u kojoj se registruju svi ti elementi, čija je potencijalna „kritičnost” utvrđena na ovakav način, kao i sva čvorišta koja su povezana sa krajem tih elemenata. Uz sve to, sračunavaju se i faktori učešća tih čvorista u potrebnoj snazi kompenzacije, na bazi

vrednosti svoga tangesa. Ova izlazna datoteka formatizovana je na identičan način kao ulazna datoteka, u kojoj se definišu svi relevantni podaci vezani za utvrđivanje potrebne snage kompenzacije i njene relokacije na odabrane čvorove. Time je Korisniku značajno olakšan dalji rad oko definisanja različitih mogućih scenarija upravljanja tokovima reaktivnih snaga.

Ako je izabrana ova opcija, po izvršenoj globalnoj dijagnostici naponsko-reaktivnih prilika, program se zaustavlja, čime se Korisniku omogućuje mali predah u okviru koga ima mogućnost da racionalno osmisli dalji rad.

Izborom opcije **II**, po određivanju tokova snaga u polaznom stanju, takođe se registruju svi čvorovi (praktično je reč o TS 110/x kV/kV), koji imaju manju vrednost faktora snage od zadatog, a zatim se vrši, tamo gde je to potrebno, korekcija reaktivnog opterećenja za zadati faktor snage (blok 4). Sa tako korigovanim reaktivnom potrošnjom, vrši se određivanje tokova snaga (blok 5), posredstvom već pomenute procedure [18, 25].

Po određivanju novog ravnotežnog stanja, nastalog nakon izvršene redukcije reaktivnog opterećenja u čvorovima koja su imala manju vrednost faktora snage od zadatog, utvrđuju se promene svih relevantnih pokazatelja u odnosu na polazno stanje, a zatim se obavlja odgovarajuća tehno-ekonomska analiza, na način opisan u prethodnom poglavlju ovoga rada (blok 6). Nakon toga, program se zaustavlja, čime se Korisniku takođe omogućuje mali predah, koji će sigurno racionalno da upotrebi.

Dakle, primenom opcija **I** i **II**, uz odgovarajuću dijagnostiku, sagledavaju se globalni (pretežno) aspekti naponsko-reaktivnih prilika u analiziranom EES.

Izborom opcije **III**, za niz formulisanih scenarija (blok 7), vrši se upravljanje tokovima reaktivnih snaga, odnosno utvrđivanje snaga kompenzacionih uređaja, relociranih na unapred zadate čvorove, potrebnih da se ostvari zadati faktor snage na početku posmatranih elemenata. To je moguće uraditi za normalno stanje razmatrane interkonekcije i za stanja nakon poremećaja.

Postoje sledeće opcije izbora, odnosno formiranja liste poremećaja (blok 8):

- ispadi samo generatora (jednostruki i višestruki);
- ispadi samo elemenata (transformatora i dalekovoda);
- kombinovani ispadi (generatora i elemenata);
- automatsko formiranje liste poremećaja u razmatranoj interkonekciji (obuhvataju se ispadi, u EES-u od interesa, svih elektrana i svih elemenata koji su opterećeni iznad unapred zadatog procenta od svog termičkog limita);

– simultana promena ukupne snage potrošača u EES-u od interesa.

Prva grupa poremećaja (ispadi samo generatora), kao zasebna celina, uvedena je da bi se precizno sagledali efekti poremećaja, koji, sudeći prema dosadašnjim, ne samo našim iskustvima, mogu da budu kritični u pogledu naponsko-reaktivnih prilika.

Automatsko formiranje liste poremećaja pruža veliku udobnost Korisniku, jer su selektovani potencijalno kritični ispadi elemenata, a „poremećaji” tipa simultane promene (povećanja) ukupne snage potrošača u analiziranom EES-u, mogu biti interesantni u kontekstu utvrđivanja, komplementarno sa strožijim prilazima, među kojima spada i prilaz izložen u [24], pojave naponske (ne)stabilnosti.

Za svaki od uvršćenih scenarija, vrši se određivanje novih stanja (blok 9), koja su rezultat uvedene kompenzacije u selektivno odabranim čvorovima, neophodne za ostvarenje zadatih faktora snage na posmatranim elementima. Za stanje nastalo nakon primarne regulacije napona i učestanosti, aktuelne su raspregnute jednačine (23) i (24), uz striktno respektovanje ograničenja (3), (9) i (19).

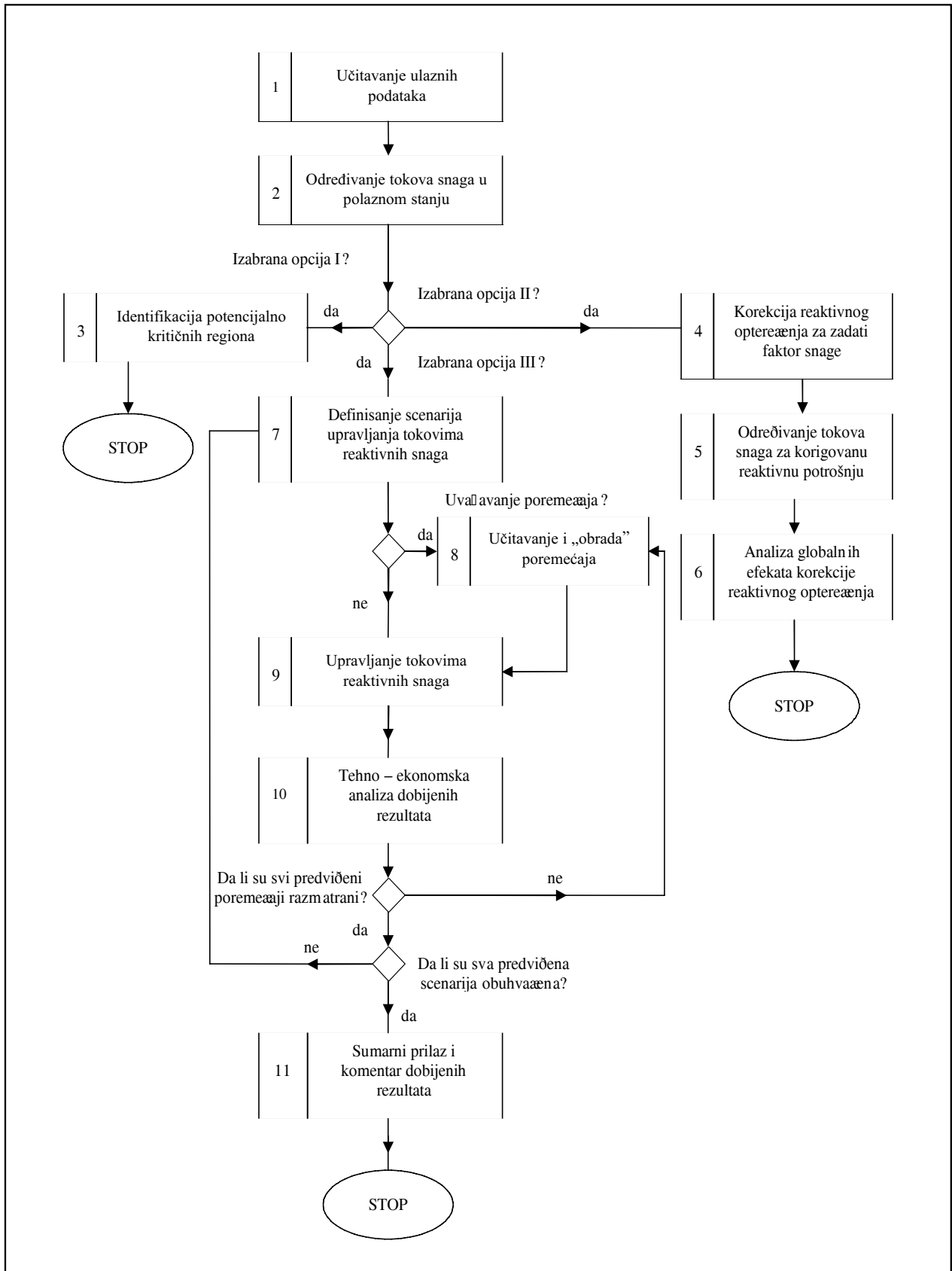
Za stanje, nastalo nakon sekundarne regulacije učestanosti i snaga razmene, koje se određuje u prirodnom kontinuitetu sa prethodnim, uz pomenute jednačine i ograničenja, aktuelne su jednačine (15), koje se odnose na generatore koji su uključeni u sekundarnu regulaciju učestanosti i snaga razmene i jednačine (16), koje definišu iznose regulacionih grešaka u posmatranim regulacionim basenima.

Za sva dobijena nova kvazistacionarna stanja određuju se relevantni pokazatelji (veličina i struktura gubitaka aktivne i reaktivne snage, veličine i struktura generisanja reaktivne snage od strane dalekovoda i veličine reaktivne rezerve generatora) i njihove promene u odnosu na polazno, referentno stanje. Zatim se obavlja odgovarajuća tehno-ekonomska analiza, na način opisan u prethodnom poglavlju ovoga rada (blok 10), čiji je jedan od indikativnih rezultata estimirani broj godina za koji se isplati uložena investicija za kompenzaciju reaktivne snage, sa aspekta ušteda u gubicima električne energije.

Po „obradi” svih, unapred pripremljenih scenarija, odvijanje računarskog programa **UCOSFI** se zaustavlja, a njegovom Korisniku tada ostaje na raspolaganju veliki broj korisnih rezultata, koji će mu, između ostalog, omogućiti da olakša primenu neke sofisticiranije, optimizacione procedure.

6. PRIMERI PRAKTIČNE PRIMENE RAZVIJENOG PROGRAMA UCOSFI

Prva praktična iskustva u primeni razvijenog računarskiog programa **UCOSFI** sticana su na prime-



Slika 1. Uprošćeni dijagram toka upravljanja tokovima reaktivnih snaga u normalnim i poremećenim stanjima elektroenergetskih interkonekcija

ru Druge UCTE sinhronne zone, koji je formirala Elektroprivreda Srbije za potrebe funkcionalnog testiranja programske celine za analize sigurnosti i automatizovanog proračuna graničnih prenosnih kapaciteta [23]. U pitanju je realna interkonekcija sa 1 059 čvorova (175 generatora i 1 413 grana), koju sačinjavaju EES Srbije i Crne Gore (SCG), Bosne i Hercegovine (istočni deo) (BH), Makedonije (MK), Rumunije (RO), Bugarske (BG), Grčke (GR) i Albanije (AL). Modelovane su kompletne viskonaponske mreže 220 i 400 kV u pomenutim EES (u EES Grčke, relevantni delovi mreže 150 kV), uz napomenu da je kompetno modelovana mreža 110 kV u EES Srbije i Crne Gore.

Dakle, sasvim odgovarajuća „dimenzija problema” za potrebe sagledavanja karakteristika i mogućnosti razvijene metode, odnosno računarskog programa *UCOSFI*. Pri tome, potrebno je napomenuti da praktični primeri nisu bili u funkciji neposrednog i celovitog rešavanja problema naponsko-reaktivnih prilika u prenosnoj mreži Srbije, jer je to predmet pomenute Studije „Planiranje izvora reaktivne snage u prenosnoj mreži EES Srbije – II faza”, čija je izrada u toku i sa čijim rezultatima će biti upoznata stručna javnost. Primeri su, dakle u prvom redu tako birani da ilustruju karakteristike i mogućnosti predložene metode, dovodeći je do velikih iskušenja u pogledu konvergencije razvijenog iterativnog postupka, a da se ujedno sagleda i njena upotrebna vrednost, u kontekstu šire celine, sa kojom će se rešavati postavljeni problem.

S obzirom na način modelovanja EES Srbije (modelovane su kompletne viskonaponske mreže 110, 220 i 400 kV) predmet opservacije bile su TS 400/110 kV/kV i 220/110 kV/kV, koje su, za razmatrano stanje, na naponskom nivou 110 kV imale vrednosti faktora snage manje od zadate u iznosu 0,95.

Razvijena metoda, odnosno računarski program omogućuje *simultano* prisustvo više elemenata na čijem početku se zadaje željena vrednost faktora snage, čije bi ostvarenje bilo postignuto uvođenjem kompenzacije u selektivno odabrane čvorove, što je višestruko provereno. Naravno, radilo se o elementima, koji se nalaze na odgovarajućoj „međusobnoj udaljenosti”, koja i dalje garantuje postojanje lokalnog karaktera naponsko reaktivne problematike.

Međutim, iz praktičnih razloga, povoljnije je da se analizira region po region, i da se kvantifikuju pojedinačni efekti, da bi se, nakon toga, vršila analiza za EES u celini.

Jedan od takvih ilustrativnih, odnosno indikativnih primera je TS 400/110 kV/kV Pančevo 2, 2 x 300 MVA. U analiziranom stanju, tok aktivne i reaktivne snage na 110 kV naponskom nivou iznosio je 2 x 144,1 MW i 2x 59,9 Mvar, odnosno vrednost faktora snage je bila 0,923. Od razvijene metode se zahtevalo da omogući da taj faktor snage bude 0,950, a da se to postigne uvođenjem potrebne kompenzacije u čvorove 110 kV, navedene u tabeli 1. U njoj se daju faktori učešća navedenih čvorova (formiranih, srazmerno svojim reaktivnim opterećenjima), dobijeni iznosi snaga kompenzacije (Q_c i Q_{cn} – preračunata na nominalni napon) i promene napona u njima (ΔV), nakon izvršene kompenzacije. Kako se to iz ove tabele može uočiti, izabrani čvorovi ne moraju da budu direktno povezani sa sabirnicama 110 kV TS Pančevo 2 (Bela Crkva, Debeljača, Vršac 1 i Vršac 2), ali moraju biti u prirodnoj i logičnoj vezi sa definisanim ciljem.

Dalje, tabela 2 pokazuje kako je to postignuto, odnosno daje kretanje maksimalnog odstupanja snaga („the maximum power mismatches”) tokom iterativne procedure rešavanja sistema jednačina (23) i (24), korekcije potrebnih snaga kompenzacije i korekcije odstupanja jedinstvene učestanosti ($\Delta(\Delta f)$).

Tabela 1.

Dobijeni iznosi snaga kompenzacije i promene napona nakon izvršene kompenzacije

Redni broj	Naziv čvora	Faktor učešća	Q_c (Mvar)	Q_{cn} (Mvar)	ΔV (kV)
1	Bela Crkva	0,051	1,2	1,4	2,06
2	Beograd 7	0,259	6,2	6,6	1,20
3	Pančevo 3	0,150	3,6	3,7	0,95
4	Pančevo 4	0,146	3,5	3,6	0,92
5	Alibunar	0,079	1,9	2,1	1,53
6	Debeljača	0,055	1,3	1,4	1,33
7	Kovin	0,067	1,6	1,7	1,05
8	Vršac 1	0,039	0,9	1,1	1,89
9	Panševo 1	0,053	1,3	1,3	0,91
10	Vršac 2	0,101	2,4	2,8	1,90
Ukupno		1,000	24,1	25,8	

Tabela 2.

Maksimalne vrednosti debalansa snaga, vrednosti korekcija potrebnih snaga kompenzacije i vrednosti korekcija odstupanja jedinstvene učestanosti tokom iterativne procedure rešavanja sistema jednačina (23) i (24)

Broj iteracije	$\max \Delta P $ (MW)	$\max \Delta Q $ (Mvar)	$\max \Delta Q_c $ (Mvar)	ΔQ_{oc} (Mvar)	$\Delta(\Delta f)$ (Mvar)
1	0,010	0,010	12,535	25,50	0,000 01
2	15,375	0,523	-0,045	-2,65	0,000 05
3	0,609	0,465	0,565	1,27	-0,000 03
4	0,656	0,400	-0,010	-0,12	0,000 03
5	0,186	0,250	0,025	0,05	0,000 00
6	0,056	0,092	-0,005	0,00	0,000 00

Dakle, uočavaju se veoma dobre karakteristike konvergencije iterativne procedure rešavanja sistema raspregnutih jednačina (23) i (24), jer je bilo potrebno svega šest iteracija za zahtevanu tačnost od 0,1 MW, odnosno Mvar. Pri tome, potrebno je napomenuti da je iterativna procedura startovala od utvrđenog stanja interkonekcije pre ugradnje kompenzacije. Međutim, moguć je i tzv. „flat” („miran”) start (naponi neproizvodnih čvorova imaju nominalne vrednosti, a uglovi, nulte vrednosti), koji takođe sigurno dovodi do rešenja, ali je potrebno nekoliko iteracija više.

Uvođenjem kompenzacije u navedenim čvorovima u ukupnom iznosu od 24,1 Mvar, odnosno 25,8 Mvar, došlo bi do smanjenja gubitaka u iznosu od 0,74 MW. Ako bi se za τ usvojila vrednost 3 500 h, za cenu gubitaka električne energije vrednost 0,05 €/kWh i za cenu 1 kvar statičke baterije kondenzatora vrednost 10 €, relacija (30) daje estimirani broj godina $n_g = 2$. Dakle, za samo dve godine bi se isplatila uložena investicija za kompenzaciju reaktivne snage, sa aspekta ušteda u gubicima električne energije. Naravno, ovo je samo aproksimacija, ali veoma indikativna u pogledu potrebe daljeg traganja za optimalnim rešenjem.

Sastavni deo analiza naponsko-reaktivnih prilika su odgovarajuće analize sigurnosti. Primenom računarskog programa *UCOSFI*, izvršene su analize statičke sigurnosti, uz respektovanje kriterijuma ($n-1$), a neki od karakterističnih rezultata se daje u narednim tabelama 3 i 4.

Tabela 3 daje promene gubitaka aktivne snage za slučajeve tretiranih ispada, odnosno neraspoloživosti, dalekovoda 110 kV. U njoj, uvedene oznake imaju sledeća značenja:

P_{ij} , Q_{ij} – tokovi aktivnih i reaktivnih snaga u polaznom stanju, pre uvođenja kompenzacije;

ΔP_{go} – promene gubitaka aktivne snage u odnosu na polazno stanje, nakon ispada, bez uvođenja kompenzacije;

ΔP_{gc} – promene gubitaka aktivne snage u odnosu na polazno stanje, nakon ispada, sa uvedenom kompenzacijom u ukupnom iznosu od 25,8 Mvar;

ΔQ_c , ΔQ_{cn} – ukupno potrebne snage kompenzacije, koje, za razmatrani ispad, obezbeđuju zadati faktor snage u iznosu 0,950 na 110 kV strani TS Pančevo 2;

ΔP_{gu} – promene gubitaka aktivne snage u odnosu na polazno stanje, nakon ispada i uvođenja prethodno pomenutih potrebnih snaga kompenzacije;

$\Delta P_{goc} = \Delta P_{gc} - \Delta P_{go}$ – razlike promena gubitaka u stanjima, nakon ispada, bez uvođenja kompenzacije i stanjima sa uvedenom kompenzacijom u ukupnom iznosu od 25,8 Mvar;

$\Delta P_{guc} = \Delta P_{gu} - \Delta P_{go}$ – razlike promena gubitaka u stanjima nakon ispada, bez uvođenja kompenzacije i stanjima sa uvedenom kompenzacijom, koja obezbeđuju zadati faktor snage u iznosu 0,950 na 110 kV strani TS Pančevo 2.

Dakle, izneti pokazatelji u ovoj tabeli na evidentan način pokazuju značajne efekte uvedene kompenzacije, u slučajevima neraspoloživosti relevantnih dalekovoda 110 kV, koji gravitiraju TS 400/110 kV/kV Pančevo 2. Ti efekti su još vidniji u tabeli 4, koja se odnosi na ispad, odnosno neraspoloživost dalekovoda 110 kV Alibunar- Pančevo. Ona daje vrednosti napona u relevantnim čvorovima za različita normalna i havarijska stanja, u kojoj, uvedene oznake imaju sledeća značenja:

0 – polazno stanje, pre uvođenja kompenzacije;

1 – polazno stanje, sa uvedenom kompenzacijom u ukupnom iznosu od 25,8 Mvar;

2 – stanje nakon razmatranog ispada, pre uvođenja kompenzacije;

Tabela 3.

Promene gubitaka aktivne snage za slučajeve tretiranih ispada

Redni broj	Ispad elementa	P_{ij} (MW)	Q_{ij} (Mvar)	ΔP_{go} (MW)	ΔP_{gc} (MW)	ΔQ_c (Mvar)	ΔQ_{cn} (Mvar)	ΔP_{gu} (MW)	ΔP_{goc} (MW)	ΔP_{goc} (MW)
1	Alibunar-Pančevo	-50,7	-18,2	10,85	8,40	45,7	54,4	5,84	-2,45	-5,01
2	Alibunar-Vršac 1	29,4	9,1	2,02	1,58	31,2	34,6	0,81	-0,44	-1,21
3	Debeljača-Vršac 2	23,2	11,9	3,02	2,65	29,9	33,1	1,81	-0,37	-1,21
4	Kačarevo-Debaljača	38,3	18,6	7,24	6,21	34,7	40,3	4,84	-1,03	-2,40
5	Kačarevo-Pančevo	-38,3	-18,6	7,38	6,21	34,9	40,5	4,88	-1,17	-2,50

Tabela 4.

Naponi u relevantnim čvorovima za različita normalna i havarijska stanja (ispad, odnosno neraspoloživost dalekovoda 110 kV Alibunar- Pančevo)

Redni broj	Naziv čvora	V (kV)				
		0	1	2	3	4
1	Bela Crkva	103,74	105,48	79,40	86,73	91,97
2	Alibunar	107,87	109,14	77,54	85,18	90,64
3	Vršac 1	104,97	106,86	80,58	87,66	92,73
4	Vršac 2	104,89	106,79	80,88	87,90	92,92

3 – stanje nakon razmatranog ispada, sa uvedenom kompenzacijom u ukupnom iznosu od 25,8 Mvar;

4 – stanje nakon razmatranog ispada, sa uvedenom kompenzacijom koja obezbeđuju zadati faktor snage u iznosu 0,950 na 110 kV strani TS Pančevo 2.

Analizirajući pokazatelje iz tabele 4, sasvim je evidentno da bi uvedena kompenzacija sprečila veoma negativne posledice ispada dalekovoda 110 kV Alibunar-Pančevo u pogledu potencijalne mogućnosti pojave naponskog sloma. Na to ukazuju dobijene veoma niske vrednosti napona u kritičnim čvorovima (79,4, 77,54, 80,58 i 80,88 kV), kada ne bi bilo kompenzacije.

Naravno, ovakav fenomen (analiza mogućnosti pojave naponskog sloma) zahteva strožiji prilaz, koji je sastavni deo već pomenute jedne veoma široke i kompleksne celine koja se bavi rešavanjem naponsko-reaktivne problematike u savremenim elektroenergetskim interkonekcijama. Sastavni deo ove celine je i, prikazana u ovom radu, metoda, odnosno računarski program **UCOSFI**, koji je u početnoj fazi praktične primene pokazao svoju veliku upotrebnost vrednost.

7. ZAKLJUČCI

U radu je prikazana jedna nova metoda (i odgovarajući računarski program **UCOSFI**) upravljanja tokovima reaktivnih snaga, za zadati faktor snage, na početku posmatranih elemenata, uvođenjem

odgovarajućih kompenzacionih uređaja u pogodno odabrane čvorove.

Ova metoda je bazirana na nestandardnim modelima tokova snaga, u kojima, za razliku od klasičnog modela tokova snaga, svi čvorovi u razmatranoj interkonekciji imaju karakter balansnog, odnosno, u uspostavljanju novog kvazistacionarnog stanja kao rezultat uvedene kompenzacije (i nastalog poremećaja, ako se razmatra), učestvuju svi generatorski čvorovi (srazmerno svojim primarnim regulacionim konstantama i statizmima primarne regulacije napona) i svi potrošački čvorovi (u skladu sa svojim zavisnostima od napona i učestanosti). Ova osobina razvijene metode je ključna, jer omogućuje tačniju evaluaciju relevantnih tehničkih efekata upravljanja tokovima reaktivnih snaga, odnosno uvedene kompenzacije.

Integralni deo razvijene metode je tehnoko-ekonomsko analiza opravdanosti dobijenih tehničkih rešenja, odnosno procena broja godina za koji se isplati uložena investicija za kompenzaciju reaktivne snage, sa aspekta ušteda u gubicima električne energije.

Karakteristike i mogućnosti razvijenog računarskog programa **UCOSFI**, baziranog na izloženoj metodi, utvrđivane su na primeru realne elektroenergetske interkonekcije. Njega tek čekaju velika iskušenja i izazovi kroz praktičnu primenu, komplementarno sa drugim relevantnim metodama i računarskim programima, na studiji koja se bavi naponsko-reaktivnom problematikom prenosne mreže Srbije i njenog okruženja.

8. LITERATURA

- [1] Zhang W., Tolbert L.M., SURVEY OF REACTIVE POWER PLANNING METHODS', IEEE Power Engeneering Society General Meeting, June 12-16, 2005, San Francisco
- [2] ZVANIČNI IZVEŠTAJI KOMISIJA ELEKTROPRIVREDE SRBIJE FORMIRANIH POVODOM POREMEĆAJA U RADU SISTEMA 18. 05. I 6. 07. 2004. GODINE
- [3] Marinković M., Ivanović B., Balkoski D., Marković A., Mijušković N. Cvijetić I., Subotić S., REKONSTRUKCIJA I ANALIZA DVA KARAKTERISTIČNA RADNA REŽIMA EES EPS-A SA DEFICITOM REAKTIVNE ENERGIJE OSTVARENA U 2004. GODINI I NJIHOVE POSLEDICE NA RAD SISTEMA EPS-A, 27 savetovanje JUKO CIGRE, Zlatibor, 29 maj-3 juni 2005 godine, referat C2
- [4] Tubić D., Stojković B., PONOVRNO POVEZIVANJE SA GLAVNIM DELOM UCTE MREŽE, časopis „Elektroprivreda”, br. 3, 2004, str. 3-8
- [5] UCTE Operation Handbook, Policy 3: Operational Security; B.Voltage Control and Reactive Power Management, final draft, 18 june 2004.
- [6] IZVEŠTAJ STRUČNOG TIMA ZA PROBLEMATIKU REAKTIVNE SNAGE I ENERGIJE U EES EPS-A, Beograd, oktobar, 2004
- [7] IZBOR NAČINA SMANJENJA REAKTIVNOG OPTEREĆENJA U ELEKTRODISTRIBUTIVNOJ MREŽI ZA 200 MVAR, Institut „Nikola Tesla”, Beograd, 2005
- [8] Popović D.P., AN EFFICIENT METHODOLOGY FOR STEADY-STATE SECURITY ASSESSMENT OF POWER SYSTEMS, Int. Journal of Electrical Power and Energy Systems, Vol. 10, No. 2, April 1988, pp. 110-116.
- [9] Okamura M. et al., A NEW POWER MODEL AND SOLUTION METHOD INCLUDING LOAD AND GENERATOR CHARACTERISTICS AND EFFECTS OF SYSTEM CONTROL DEVICES, IEEE Transaction, Vol. PAS-94, No. 3, May/June 1975., pp. 1072-1049.
- [10] Saadat M.H., STEADY STATE ANALYSIS OF POWER SYSTEMS INCLUDING THE EFFECTS OF CONTROL DEVICES, Electric and Power System Research, Vol. 2, No. 2, June 1979, pp. 111-118.
- [11] Čalović M.S., Strezoski V.C., CALCULATION OF STEADY-STATE LOAD FLOWS INCORPORATING SYSTEMS CONTROL EFFECTS AND CONSUMER SELF-REGULATION CHARACTERISTICS, International Journal of Electric Power and Energy Systems, Vol. 2, No. 2, April 1981, pp- 65-74.
- [12] Strezoski V.C., Viktor L.A., JEDAN MATEMATIČKI MODEL ZA PRORAČUN STACIONARNIH REŽIMA POVEZANIH ELEKTROENERGETSKIH SISTEMA, časopis „Elektroprivreda” br. 7-8, 1984., str. 308-317.
- [13] Strezoski V.C., Čalović M.S., STEADY-STATE SECURITY ANALYSIS ASSUMING LARGE GENERATION/LOAD DISTURBANCES, Proc. of 9th Congress of IFAC, Budapest, July 1984, pp. 7-12.
- [14] Liseev M.S. i dr., METODIKA PRORAČUNA POSTHAVARIJSKIH REŽIMA ELEKTROENERGETSKIH SISTEMA (članak na ruskom), Električevstvo No. 11, 1983, str. 18-23.
- [15] Lukašov E.S. i dr. DUGOTRAJNI PRELAZNI PROCESI U ELEKTROENERGETSKIM SISTEMIMA (knjiga na ruskom), Izd. „Nauka”, Novosibirsk, 1985.
- [16] Tinney W.F. and Hart C.E., POWER FLOW SOLUTION BY NEWTON'S METHOD, IEEE Trans. on PAS, Vol. PAS-86, No.11, November 1967, pp. 1449-1467.
- [17] Stott B. and Alsac O., FAST DECOUPLED LOAD FLOW, IEEE Trans. on PAS, Vol. PAS-93, no.3, May/June 1974, pp. 856-869.
- [18] Popović D.P., STATIČKA SIGURNOST ELEKTROENERGETSKIH INTERKONEKCIJA, monografija, Institut „Nikola Tesla”, Beograd, juni 2004.
- [19] Chattopadhyay D., Chakrabarti B.B., REACTIVE POWER PLANNING INCORPORATING VOLTAGE STABILITY, Int. Journal of Electrical Power and Energy Systems, Vol. 24, 2002, pp. 185-200.
- [20] Tasić D., Stojanović M., ANALIZA FORMULA ZA PROCENU GUBITAKA ELEKTRIČNE ENERGIJE, časopis „Elektroprivreda”, br. 2, 2002, str. 26-38.
- [21] ANALIZA TEHNIČKO-EKONOMSKE OPRAVDANOSTI RADA, REKONSTRUKCIJE I EVENTUALNE DISLOKACIJE POSTROJENJA ZA KOMPENZACIJU REAKTIVNE SNAGE U TS SRBOBRAN, Institut „Nikola Tesla”, Beograd 1989.
- [22] Popović D.P., Đukanović M., Radić M., Radović B., ANALIZA TEHNIČKO-EKONOMSKE OPRAVDANOSTI REKONSTRUKCIJE, ODNOSNO DALJEG RADA POSTROJENJA ZA KOMPENZACIJU REAKTIVNE SNAGE U TS SRBOBRAN, časopis „Elektroprivreda”, br. 5-6, 1990, str. 181-189.
- [23] Popović D.P., Dobrijević Đ., Minić S., Marinković M., Petrić A., Ivanović B., A UNIFIED APPLICATION SOFTWARE FOR STEADY-STATE SECURITY AND AUTOMATIC CROSS-BORDER TRANSMISSION CAPACITY ASSESSMENTS, EUROCON 2005, Serbia & Montenegro, Belgrade, November 22-24, 2005.

[24] Popović D.P., Mijailović S., AN EFFICIENT METHODOLOGY FOR THE ANALYSIS OF PRIMARY FREQUENCY CONTROL OF ELECTRICAL POWER SYSTEM Int. Journal of Electrical Power and Energy Systems, 22(2000), pp 331-341.

[25] Popović D.P., ODREĐIVANJE TOKOVA SNAGA U POLAZNIM USTALJENIM STANJIMA U ANALIZAMA SIGURNOSTI ELEKTROENERGETSKIH SISTEMA, časopis „Elektroprivreda”, br. 2, 2000, str. 13-26.



Dragan P. Popović rođen je 1943. godine u Beogradu, gde je završio osnovnu školu i gimnaziju. Diplomirao je 1965. godine na Energetskom odseku, magistrirao 1981. godine na smeru Elektroenergetski sistemi, a doktorsku tezu odbranio maja 1984. godine, sve na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu. Po diplomiranju, zaposlio se u Elektrotehničkom Institutu „Nikola Tesla”, gde se i sada nalazi na radnom mestu višeg savetnika u centru „Elektroenergetski sistemi”. Godine 1997. izabran je u najviše naučno-istraživačko zvanje naučni savetnik. Maja meseca 2005. godine izabran je za dopisnog člana Jugoslovenske inženjerske akademije u Odeljenju za elektrotehniku. Kao autor (pretežno) ili koautor do sada je objavio jednu monografiju, preko 170 naučnih i stručnih radova i razvio je veći broj računarskih programa za analizu relevantnih sastičkih stanja elektroenergetskih interkonekcija.

Goran S. Švenda i Radojica M. Bibić

Unapređen matematički model za regulaciju napona u distributivnim mrežama

Originalni naučni rad
UDK: 621.31; 621.3.05; 621.31.072.2

Rezime:

U radu je prikazan unapređen matematički model za regulaciju napona u višenaponskim distributivnim mrežama. Posebne prednosti predloženog modela su te što se uzima u obzir uticaj opterećenja potrošača napajanih sa tercijera tronamotajnih transformatora, kao i činjenica da vrednost pada napona transformatora zavisi od pozicije njegove regulacione sklopke. Rezultat unapređenog matematičkog modela je jedinstveno optimalno rešenje. U cilju isticanja mogućnosti i prednosti modela njegova verifikacija je izvršena na jednostavnom test primeru i realnom primeru dela distributivne mreže ED Novi Sad.

Ključne reči: distributivne mreže, regulacija napona

Abstract:

ADVANCED MATHEMATIC MODEL FOR VOLTAGE CONTROL IN DISTRIBUTION NETWORKS

In this paper an advanced mathematic model for voltage control in multiple voltage distribution networks is shown. Special advantage of the suggested model is taking into consideration the influence of consumer load supplied from tertiary side of three-winding transformer, as well as the fact that the value of transformer voltage drop depends on the position of its tape changer. The result of the advanced mathematic model is a comprehensive optimal solution. For the purpose of emphasizing possibilities and advantages of the model, the latter has been verified by both a simple test example and a real example in a part of distribution network ED Novi Sad.

Key words: distribution networks, volt control

1. UVOD

Današnja deregulacija, restrukturiranje i privatizacija elektroprivrede kao i otvoreno tržište električne energije, podstiču distributivna preduzeća i preduzeća za prodaju električne energije na malo, da distribuiraju i prodaju što više električne energije, što boljeg kvaliteta, a da pri tome smanje troškove

njene nabavke i isporuke. Iz ovoga proističe motivacija za dalje unapređenje automatizacije distributivnih mreža (DM). U skladu sa tim, u zadnjih desetak godina, za vođenje tehničkih poslova distributivnih preduzeća, sve više se nameću distributivni menadžment sistemi (DMS) [1,2] koji se sastoje od: SCADA sistema (Supervisory Control and Data Acquisition System), distributivne baze podataka (sa uklju-

Doc. dr Goran S. Švenda, dipl. ing. el.; Fakultet tehničkih nauka
– Institut za energetiku, elektroniku i telekomunikacije, 21 000 Novi Sad, Fruškogorska 11; e-mail: svenda@uns.ns.ac.yu
Radojica M. Bibić, dipl. ing. el.; DMS Grupa,
– DOO elektroenergetski inženjering, Puškinova 9A, 21 000 Novi Sad; e-mail: radojica.bibic@dmsgroup.co.yu

čeni grafičkim okruženjem) i sistema energetske funkcije za analizu, upravljanje i planiranje pogona i razvoja DM [3]. Upravo tema ovog rada je unapređenje mogućnosti jedne od DMS funkcija za poboljšanje kvaliteta električne energije - funkcije za regulaciju napona.

Kako funkcija regulacije napona predstavlja centralizovanu funkciju, svedenu na optimizacionu proceduru, rešavanje problema regulacije napona se svodi na rešavanje optimizacionog zadatka sa ograničenjima. Pri tome, u postavci problema regulacije napona izvršena je prostorna i vremenska dekompozicija problema, pri čemu je kriterijum štete [4,5] postavljen kao osnovni motiv za regulaciju napona.

Nakon uvodnog izlaganja i prikaza osnovnih pojmova u drugom delu, u trećem delu ovog rada ukratko je prikazan osnovni matematički model (OMM) za regulaciju napona u sredjenaponskim distributivnim mrežama (SN DM). Njegov detaljan prikaz dat je u [6]. Kao posledica višegodišnjeg iskustva, primene OMM na praktičnim problemima regulacije napona u SN DM [7], formiran je unapređeni matematički model (UMM).

UMM, kao praktična nadogradnja OMM, osnovni je predmet ovog rada i predstavljen je u četvrtom delu rada. Kao i osnovni, i unapređeni matematički model može da se primeni u mrežama sa i bez SCADA sistema, u realnom vremenu, odnosno za planiranje pogona. U cilju isticanja mogućnosti i prednosti UMM u odnosu na OMM, u petom delu je na jednostavnom test primeru i realnom primeru dela distributivne mreže ED Novi Sad izvršena njegova verifikacija. U okviru tih primera dati su odgovori na niz praktičnih problema karakterističnih za regulaciju napona u SN DM, uočenih u toku realizacije [7]. Nakon zaključka prikazanog u šestoj, u sedmoj glavi referentno je navedena korišćena literatura.

2. OSNOVNI POJMOVI

Matematički model za regulaciju napona SN DM zasniva se na dva ključna momenta [6,8]:

- saglasno sa prirodom osnovnih regulacionih resursa, utvrđena je dvojna dekompozicija regulacije napona: 1 - prostorna i 2 - vremenska;
- profil napona SN DM kvantifikovan je štetom koju potrošači trpe usled odstupanja na njima realizovanog u odnosu na optimalni napon.

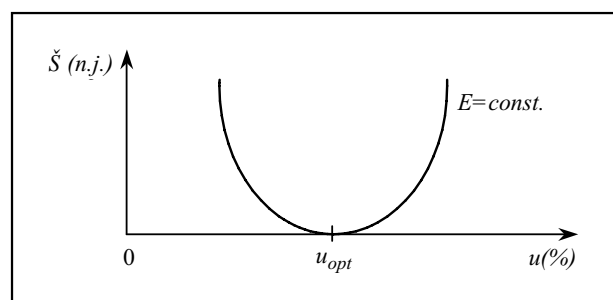
Prostorna dekompozicija omogućava rešavanje problema regulacije napona posebno za mrežu svakog napojnog transformatora, ali ne i posebno za svaki njegov namotaj. Vremenska dekompozicija omogućava rešavanje problema regulacije napona posebno u realnom vremenu i posebno u modu planiranja pogona na sezonskom, odnosno godišnjem nivou.

Ograničenja optimizacionog zadatka su donje i gornje tehničke granice napona na svim nivoima.

2.1. Kvantifikacija naponskog profila mreže – Šteta

Svaki elementarni potrošač (električni aparat), bez obzira na naponski nivo, kad se napaja električnom energijom s naponom različitim od nominalnog trpi štetu [4,5].

Zavisnost štete \check{S} koju elementarni potrošač trpi, u okolini optimalne vrednosti napona u_{opt} , predstavljena je parabolom, slika 1. Teme parabole je na apcisi. Napomena: Po potrebi ta zavisnost može biti definisana i drugim oblicima [8].



Slika 1. Zavisnost štete potrošača od modula napona

Kako se naponi u DM mogu kontrolisati (regulisati), sledi da se može kontrolisati i šteta na elementarnom, ali i na grupi potrošača. Šteta koju potrošači trpe usled odstupanja napona od optimalne vrednosti, predstavlja ključni momenat ideje o regulaciji napona u DM. U tu svrhu, šteta elementarnog potrošača \check{S} , definisana je izrazom [4,5]:

$$\check{S} = C(u - u_{opt})^2 E \text{ (n.j.)}, \quad (1)$$

gde je:

C – konstanta štete (n.j./%²kWh);

E – električna energija potrošača (kWh);

u – modul napona ostvaren na potrošaču (%) i

u_{opt} – optimalni napon (%) (za elementarni potrošač jednak je nominalnom naponu).

Naravno, postavlja se pitanje kako definisati jedinstvenu vrednost optimalnog napona za grupu potrošača, npr. na napojnim niskonaponskim (NN) sabirnicama. Jedan od načina, korišćen u ovom radu, prikazan je u nastavku.

2.2. Optimalni napon grupe potrošača

Optimalni napon grupe potrošača predstavlja optimalni napon na napojnim NN sabirnicama, sa kojih se ti potrošači napajaju (sabirnice sekundara transformatora Tr SN/NN). To je napon za koji je suma

pojedinačnih odstupanja napona elementarnih potrošača od nominalnog napona, minimalna.

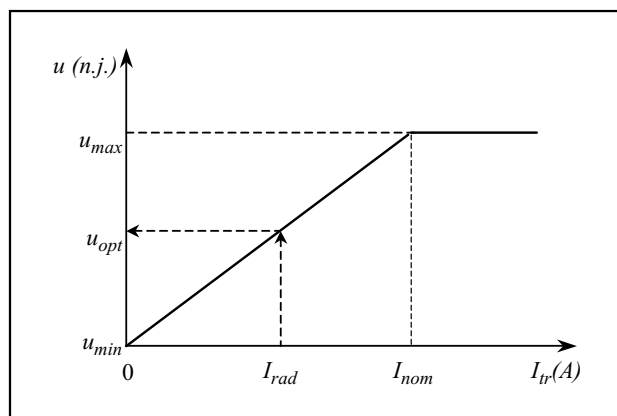
Naravno, optimalni (nominalni) napon svakog od elementarnih potrošača NN mreže nije optimalni napon i na napojnim NN sabirnicama. Odnosno, optimalna vrednost napona na NN sabirnicama nije unapred poznata vrednost i zavisi od strukture i režima celokupne NN mreže. Kako su ti podaci uobičajeno nedostupni, optimalnu vrednost nije moguće izračunati. Zato je nužno izvršiti njenu procenu.

Procena optimalne vrednosti napona napojne NN sabirnice se zasniva na relativnom opterećenju Tr SN/NN. Pritom smatra se da:

- slabo opterećena NN mreža implicira u njoj male padove napona, te je dovoljno da optimalni napon na NN sabirnicama bude $u_{opt}=u_{min}$ (uobičajeno je da je $u_{min}=u_{nom}=1,00$ (r.j.)) i
- veliko opterećenje NN mreže, izaziva velike padove napona, pa je za očekivati da potrošači daleko od napojnih NN sabirnica imaju nizak napon, te je na NN sabirnicama optimalno držati napon visoko onoliko koliko je to tehničkim granicama maksimalno dozvoljeno, $u_{opt}=u_{max}$ (npr. $u_{max}=1,05$ (r.j.)).

Pretpostavka je da će na ovaj način najvećem broju potrošača biti dostupan napon u dozvoljenim tehničkim granicama i blizak nominalnom naponu.

U skladu sa tim, vrednost optimalnog napona u_{opt} na NN sabirnicama regulacionog Tr SN/NN, kojeg opterećuje grupa NN potrošača ukupnom radnom strujom I_{rad} , definisana je dijagramom sa slike 2.



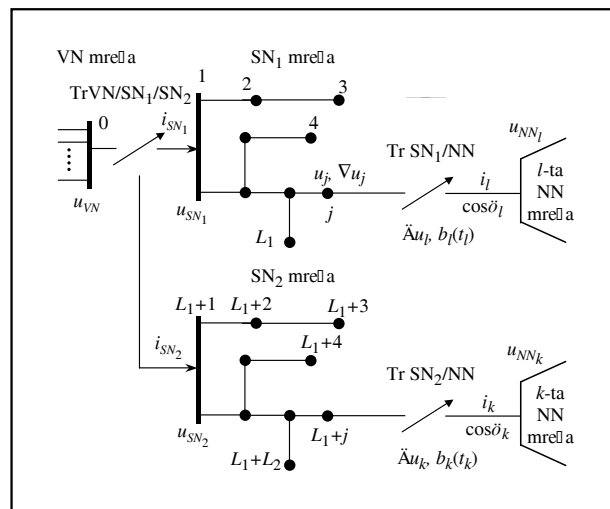
I_{tr} – struja sekundara transformatora, u (A)
 I_{nom} – nominalna struja sekundara, u (A)

Slika 2. Izbor optimalnog napona grupe potrošača

Napomena: Ukoliko postoje kvalitetnije informacije o strukturi i raspodeli potrošača u razmatranoj NN mreži moguće je izvršiti kvalitetniju procenu (proračun) njihovog optimalnog napona. Izlaganja koja slede ne zavise od kvaliteta procena optimalnog napona NN sabirnica.

3. OSNOVNI MATEMATIČKI MODEL

Razmatranja koja slede zasnivaju se na višenaponskoj DM prikazanoj na slici 3. DM se napaja preko trofaznog tronamotajnog regulacionog transformatora Tr VN/SN₁/SN₂. Sa njegovog sekundara se napaja DM SN₁ (sa L_1 SN i N_1 NN čvorova), a sa tercijera DM SN₂ (sa L_2 SN i N_2 NN čvorova). Generalno: $L_1 \neq N_1$ i $L_2 \neq N_2$. Mreža ima ukupno $L=L_1+L_2$ SN i $N=N_1+N_2$ NN čvorova.



Slika 3. Višenaponska distributivna mreža

Za OMM bitna je samo DM SN₁, dok su za razmatranja vezana za UMM od interesa obe SN mreže.

OMM za regulaciju napona [6,8] zasniva se na uređenim dijagramima trajanja potrošnje za godinu, sezonu, mesec, sedmicu, odnosno jedan dan. Pritom, dnevni hronološki dijagram potrošnje aproksimiran je sa M diskretnih vrednosti - reprezentativnih stanja. Svako reprezentativno stanje asociirano je jednom vremenskom intervalu m , $m=1,2,\dots,M$, dužine trajanja T^m (iskustva sa regulacijom napona ukazuju da je za prikaz potrošnje u razmatranom periodu dovoljno uzeti od 5 do 7 reprezentativnih stanja [8]). Prvo i M -to stanje odnose se na maksimalnu i minimalnu potrošnju razmatranog perioda, respektivno. Za OMM smatra se da je $L_1=N_1$ (odnosno $l=j$).

U skladu sa tim, šteta koju trpi N_1 NN potrošača, u DM SN₁, za vremenski interval m , trajanja T^m , može se iskazati izrazom [6,8]:

$$\check{S}^m = T^m \sum_{j=1}^{N_1} C_j [u^m - u_{opt}^m]^2 E_j^m, \quad (2)$$

odnosno:

$$\check{S}^m = T^m \sum_{j=1}^{N_1} C_j' [u_{SN_1}^m - \nabla u_j^m - \Delta u_j^m + b_j(t_j) - (u_j^m)]^2 i_j^m \varphi_j^m, \quad (3)$$

$$C_j' = 3C_j U_{SN_1}^n I_{SN_1}^b, \quad (4)$$

gde je:

C_j – konstanta štete (n.j./%²kWh);

$U_{SN_1}^n$ – nominalni napon DM SN₁ (V);

$I_{SN_1}^b$ – bazna struja (A) na naponskom nivou DM SN₁ [9];

$u_{SN_1}^m$ – napon na napojnim sabirnicama SN₁ (r.j.);

∇u_j^m – pad napona na deonicama, od sabirnic SN₁ do j -tog SN čvora (r.j.);

Δu_l^m – pad napona na l -tom Tr SN₁/NN (r.j.);

$b_l(t_l)$ – naponska podrška na l -tom Tr SN₁/NN funkciji pozicije regulacione sklopke t_l (r.j.);

(u_j^m) – optimalni napon na j -tom SN₁ čvoru (r.j.);

i_l^m – opterećenje l -tog Tr SN₁/NN (r.j.) i

$\cos \varphi_l^m$ – faktor snage l -tog Tr SN₁/NN (smatra se da su vrednosti sa primara i sekundara međusobno jednake).

Šteta za ceo vremenski interval ima vrednost:

$$\check{S} = \sum_{m=1}^M \check{S}^m. \quad (5)$$

Što je šteta \check{S} , definisana izrazom (5), manja to je globalni naponski profil mreže kvalitetniji. Mogućnost da se ta šteta kontroliše (minimizira), predstavlja osnovu za utvrđivanje regulacije napona, kao jedne od osnovnih centralizovanih analitičkih funkcija DMS [7].

U toku primene prikazanog OMM za regulaciju napona u SN DM, uočene su njegove sledeće osobine (mane):

- nezavisno se razmatraju mreže SN₁ i SN₂, napajane sa sekundara i tercijera regulacionog transformatora;
- modeluje se i razmatra mreža od napojnih SN₁ do sabirnic primara Tr SN₁/NN, dakle samo jedan naponski nivo; u skladu sa tim, smatra se da je Tr VN/SN₁/SN₂ s regulacijom pod opterećenjem s kontinualnim odnosom transformacije i da u DM nema regulacionih transformatora Tr SN₁/SN₂;
- smatra se da vrednosti impedanse kratkog spoja, a samim tim i vrednosti pada napona transformatora ne zavise od pozicije regulacione sklopke;
- zasniva se na pretpostavci da se svi potrošači mogu predstaviti jednim jedinstvenim tipom potrošnje – slični potrošači¹⁾, odnosno smatra se da se opterećenja svih potrošača „sinhrono” menjaju u vremenu; u skladu sa tim, u transformatorskoj stanici (TS) SN/NN može da se modeluje samo jedan

¹⁾ Slični potrošači – grupa potrošača čije se funkcije dnevnih hronoloških dijagrama opterećenja (struje, aktivne i reaktivne snage) mogu dobiti na osnovu dijagrama bilo kog od potrošača iz te grupe, množenjem odgovarajućom konstantom. Hronološki dijagrami faktora snaga sličnih potrošača međusobno su jednaki.

Tr SN/NN; ako TS ima više transformatora njena ukupna potrošnja predstavlja se sintetičkim SN potrošačem (postavlja se pitanje šta ako ih je više, različito opterećenih, sa različitim tipovima potrošnje - kako tada odrediti jedinstveni optimalni napon (u_j^m)) i

- za optimalnu vrednost napona SN sabirnicama i optimalne pozicije regulacionih sklopki Tr SN/NN dobija se višeznačno rešenje.

4. UNAPREĐEN MATEMATIČKI MODEL

U skladu sa navedenim osobinama (manama) i zahtevima proisteklim na osnovu praktične primene, OMM za regulaciju napona u SN DM [7] nadograđen je da pri proračunu omogući:

- jedinstven tretman SN mreža na sekundaru i tercijeru tronamotajnog regulacionog Tr i
- da se uzme u obzir uticaj pozicije regulacione sklopke na vrednost impedanse kratkog spoja, odnosno vrednost pada napona transformatora.

Da bi se to postiglo:

- mreža je modelovana od VN do NN sabirnicama;
- Tr VN/SN₁/SN₂ sa regulacijom pod opterećenjem modelovan je sa diskretnim odnosom transformacije;
- za mod realnog vremena, vrednost napona na VN sabirnicama je jedinstvena i poznata vrednost;
- za planiranje pogona, granice pretraživanja napona korena su minimalna i maksimalna očekivana vrednost napona na VN sabirnicama, dakle ne krutih 1,00 do 1,05;
- za TS SN/NN sa više transformatora (potrošača) svaki od njih se modeluje u originalu i
- razvijen je iterativni matematički model.

4.1. Jedinstven tretman sredjenaponskih mreža na sekundaru i tercijeru tronamotajnog regulacionog transformatora

U zavisnosti od opterećenja, strukture i karakteristika, DM SN₁ i DM SN₂ imaju različite optimalne vrednosti napona na svojim napojnim SN₁, odnosno SN₂ sabirnicama. Kako je njihov izvor napajanja jedinstven (postoji samo jedna VN sabirnica) i kako regulacioni transformator ima samo jednu regulacionu sklopku, nemoguće je istovremeno ostvariti optimalne vrednosti napona na SN₁ i SN₂ sabirnicama.

Ako se pri rešavanju problema regulacije napona tretira samo jedna SN mreža (npr. mreža napajana sa sekundara), postoji mogućnost da naponske prilike na drugom kraju (u mreži tercijera) budu daleko od optimalnih vrednosti. Generalno, minimalne vrednosti šteta u DM SN₁ i DM SN₂ postižu se sa

različitim vrednostima pozicija regulacione sklopke Tr VN/SN₁/SN₂. Ipak, može se pokazati da uvek postoji pozicija regulacione sklopke za koju je ukupna šteta minimalna.

4.2. Uticaj promene pozicije regulacione sklopke na vrednost pada napona transformatora

OMM se zasniva na pretpostavci da pad napona od izvora napajanja do potrošača zavisi samo od opterećenja SN DM. Ako se za deonice ova pretpostavka može smatrati dovoljno tačnom, za regulacione transformatore ista može dovesti do pogrešnih rezultata. Razlog je činjenica da se vrednost impedanse kratkog spoja transformatora, pa samim tim i vrednost pada napona na njemu, menja sa promenom pozicije regulacione sklopke.

U Prilogu rada, na primeru realnog dvonamotajnog regulacionog transformatora, izvršena je kvantifikacija promene vrednosti impedanse kratkog spoja, odnosno pada napona transformatora, u zavisnosti od promene pozicije regulacione sklopke.

4.3. Algoritam

Radi prevazilaženja prethodno navedenih mana, direktna procedura (algoritam) za rešenje OMM zamenjena je iterativnim procedurom (algoritmom) za rešenje UMM. Pritom, modifikovan je izraz (3) koji sada za vremenski interval m , trajanja T^m , glasi:

$$\begin{aligned} \check{S}^m = T^m \sum_{j=1}^N C_j' \{ u_{VN}^m - \nabla u_j^m - \\ \sum_{i \in \alpha_j} [\Delta u_i^m(t_i) - b_i(t_i)] - u_{opt.j}^m \}^2 i_j^m \varphi_j^m, \end{aligned} \quad (6)$$

gde je:

N – ukupan broj NN sabirnica DM SN₁ i DM SN₂ ($N=N_1+N_2$);

α_j – skup regulacionih transformatora od j -tih NN sabirnica do VN sabirnica;

u_{VN}^m – napon VN sabirnice (r.j.);

$u_{opt.j}^m$ – optimalni napon j -tih NN sabirnica (r.j.);

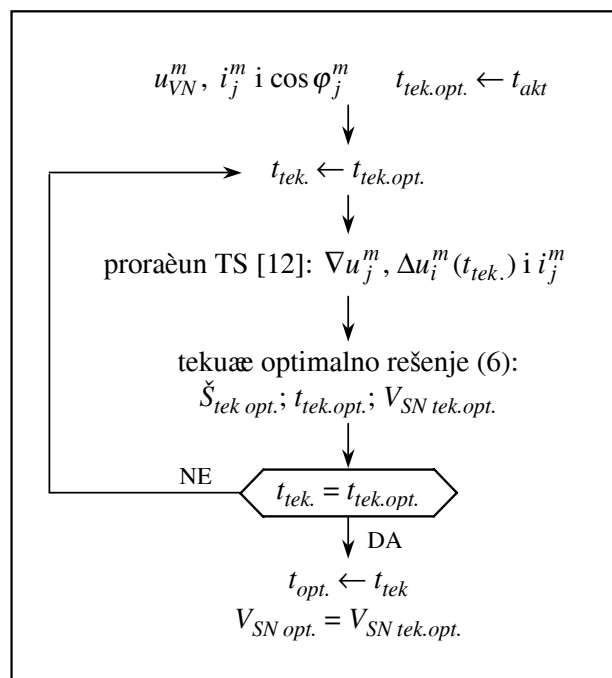
$u_{lmin}^{teh.}$, $u_{lmax}^{teh.}$ – donja i gornja tehnička granica l -tog čvora DM, $l \in$ (svi čvorovi DM) i

$t_{i min}$, $t_{i max}$ – maksimalna i minimalna vrednost pozicije regulacione sklopke i -tog Tr SN/NN (diskretne celobrojne vrednosti).

Vrednost ukupne štete za razmatran period, definisana je, kao i za OMM, izrazom (6).

Algoritam iterativnog postupka, za vremenski interval m , prikazan na slici 4, zasniva se na poznatim vrednostima napona VN sabirnica i opterećenja svih potrošača. U zavisnosti od moda rada, te vrednosti se mogu dobiti na osnovu estimacije stanja [10] (mod realnog vremena), odnosno kratkoročne

prognoze [11] (mod planiranja pogona). Za definisanu opterećenja i vrednost napona VN sabirnica, za tekuće vrednosti pozicija regulacionih sklopki $t_{tek.}$ (u prvom koraku to su aktuelne vrednosti $t_{akt.}$, a u ostalima tekuće optimalne vrednosti $t_{tek.opt.}$) računa se režim razmatrane SN mreže [12]. Na ovaj način uzet je u obzir uticaj promene vrednosti impedanse kratkog spoja transformatora, a samim tim i režima razmatrane mreže u zavisnosti od vrednosti pozicija regulacionih sklopki. Za izračunat režim sledi sprovođenje optimizacione procedure – izraz (6). Rešenje su nove trenutne optimalne vrednosti: pozicije regulacionih sklopki $t_{tek.opt.}$, štete $\check{S}_{tek.opt.}$ i (optimalnog) napona na SN sabirnicama $V_{SN tek.opt.}$. Treba naglasiti da se do konačnog optimalnog rešenja dolazi već nakon 3-4 iteracije.



Slika 4. Algoritam UMM

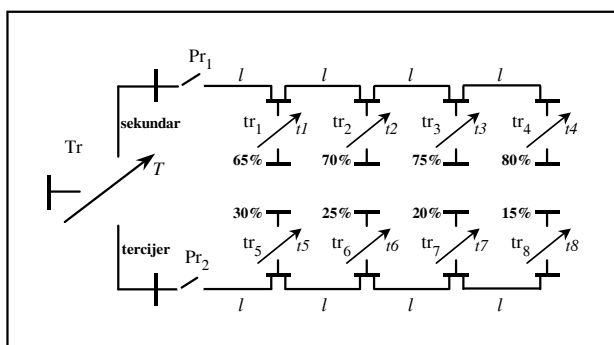
5. VERIFIKACIJA MATEMATIČKOG MODELA

Verifikacija UMM izvršena je u sledeća četiri koraka:

- analizom rezultata optimizacione procedure, kada se pri proračunu SN mreže na sekundaru i tercijeru razmatraju međusobno (ne)zavisno;
- kvantifikacijom greške koja se pri proračunu optimalnog rešenja regulacije napona čini primenom: OMM i UMM, u odnosu na „tačan proračun“;
- isticanjem doprinosa primene prostorne dekompozicije, na brzinu rešavanja optimizacionog problema;

– prikazom sumarnih efekata UMM na primeru dela realne DM ED Novi Sad.

U svim primerima, osim poslednjeg, razmatra se test mreža prikazana na slici 5. Višenaponska mreža se sastoji od Tr VN/SN₁/SN₂ (Tr) koji ima opterećenje na sekundaru (transformatori SN₁/NN: tr₁, tr₂, tr₃ i tr₄) i/ili na tercijeru (transformatori SN₂/NN: tr₅, tr₆, tr₇ i tr₈). Transformatori su povezani deonicama jednakih dužina ($l=2$ km) i jednakih vrednosti podužnih parametara ($r=0,32$ Ω/km, $x=0,33$ Ω/km, $b=1,0$ μS/km). Parametri transformatora prikazani su u tabeli 1. Njihova procentualna opterećenja (u odnosu na nominalnu snagu) istaknuta su na slici.



Slika 5. Test mreža

Tabela 1.

Parametri transformatora

	Tr	tr ₁ - tr ₄ tr ₅ - tr ₈
Sn (MVA)	31,5/31,5/10,5	1
N (kV/kV)	(110±10×1,64%)/21/10,5	(20±2×2,5%)/0,4 (10±2×2,5%)/0,4
uk (%)	14,8/8,3/2,7	6,2

5.1. Jedinствен tretman sredjenaponskih mreža na sekundaru i tercijeru tronamotajnog regulacionog transformatora

U ovom delu prikazane su vrednosti optimalnih pozicija regulacionih sklopki, napona na napojnim SN sabirnicama i štete na potrošačima, dobijene kao rezultat rešavanja optimizacione procedure, kada se pri proračunu SN mreže na sekundaru i tercijeru razmatraju međusobno (ne)zavisno. Pritom, razmatrani su primeri vezani za:

- mod planiranja pogona (poznata je minimalna i maksimalna očekivana vrednost napona VN sabirnica) i
- mod realnog vremena (poznata je aktuelna vrednost napona VN sabirnica).

Suštinska razlika ova dva moda je u njihovim rezultatima. Rezultat primene moda planiranja po-

gona su optimalna vrednost napona na SN sabirnicama i optimalne pozicije regulacionih sklopki svih regulacionih transformatora. (Napomena: ako se razmatra minimalan/maksimalan režim mreže, optimalna vrednost napona predstavlja minimalnu/maksimalnu vrednost zakona regulacije napona sekundara Tr VN/SN.) Rezultat primene moda realnog vremena su komande da se aktuelne pozicije regulacionih sklopki transformatora sa mogućnošću regulacije pod opterećenjem promene za jednu poziciju ka optimalnoj poziciji. Dakle, za razmatrani režim, rezultat moda planiranja pogona je optimalni naponski profil mreže, dok je za mod realnog vremena rezultat samo naponski profil najbliži optimalnom.

U nastavku se razmatraju tri primera, kada je Tr opterećen:

- P₁ – samo sa DM SN₁ (Pr₁ uključen, Pr₂ isključen),
- P₂ – samo sa DM SN₂ (Pr₁ isključen, Pr₂ uključen),
- P₃ – sa obe DM (Pr₁ uključen, Pr₂ uključen).

Primeri P₁ i P₂ usmereni su ka OMM, a primer P₃ ka UMM.

5.1.1. Mod planiranja pogona

Razmatra se test mreža sa slike 5. Za zadato opterećenje i očekivane minimalne i maksimalne vrednosti napona na SN sabirnicama (za primere P₁ i P₂), odnosno VN sabirnicama (za primer P₃) traženo je optimalno rešenje regulacije napona. Očekivane minimalne i maksimalne granice napona imaju vrednosti 0,95 i 1,00 (r.j.) nominalnog napona, respektivno.

Za primer P₁, u tabeli 2, prikazane su optimalne vrednosti napona (V_{SN1}) na sabirnicama SN₁ i ukupna šteta na svim potrošačima napajanih sa sekundara (\check{S}_1), a u tabeli 3 optimalne pozicije regulacionih sklopki Tr SN₁/NN (t_1, t_2, t_3 i t_4). Vrednosti vezane za primer P₂, prikazane u tabelama 2 i 3 odnose se na tercijeru transformatora ($V_{SN2}, \check{S}_2, t_5, t_6, t_7$ i t_8) i u skladu su sa komentarima za primer P₁.

Za primer P₃, u tabeli 2, prikazane su optimalne vrednosti napona na VN sabirnicama, pozicije regu-

Tabela 2.

Rezultati regulacije napona za OMM i UMM

	V_{VN} (kV)	T	V_{SN1} (kV)	V_{SN2} (kV)	\check{S}_1 (n.j.)	\check{S}_2 (n.j.)	\check{S} (n.j.)
P ₁	?	?	20,96	?	41,24	?	?
	?	?	20,43	?	41,22	?	?
P ₂	?	?	?	10,29	?	0,89	?
	?	?	?	10,04	?	0,91	?
P ₃	110,0	13	20,98	10,48	41,57	5,37	46,94
	108,1	14	20,98	10,48	41,60	5,39	47,00
	106,3	15	20,98	10,48	41,66	5,41	47,08

lacione sklopke Tr VN/SN₁/SN₂ (T), napona sabirnica SN₁ i SN₂, štete na potrošačima napajanih sa tih sabirnica, kao i ukupne štete Š. U tabeli 3 prikazane su optimalne pozicije regulacionih sklopki svih Tr SN₁/NN i SN₂/NN.

Napomena: u tabelama su sa „?” naznačene vrednosti koje se na osnovu tekućeg primera i modela ne mogu odrediti!

Tabela 3.
Optimalne pozicije regulacionih sklopki

	V_{VN}	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8
P ₁	?	3	4	4	4	?	?	?	?
	?	4	5	5	5	?	?	?	?
P ₂	?	?	?	?	?	3	3	3	3
	?	?	?	?	?	4	4	4	4
P ₃	110,0	2	3	3	3	1	1	1	1
	108,1	2	3	3	3	1	1	1	1
	106,3	2	3	3	3	1	1	1	1

U okviru razmatranog opsega mogućih napona, za jedan nivo opterećenja, na osnovu vrednosti prikazanih u tabela 2 i 3, za OMM i UMM moguće je uočiti sledeće razlike:

- na osnovu OMM dobija se više različitih optimalnih vrednosti napona SN sabirnica i u skladu sa njima više različitih optimalnih pozicija regulacionih sklopki Tr SN/NN;
- na osnovu UMM dobija se jedinstvena optimalna vrednost napona SN sabirnica i jedinstvene optimalne pozicije regulacionih sklopki Tr SN/NN;
- optimalna rešenja dobijena nezavisno za sekundar (primer P₁) i tercijer (P₂) međusobno su isključiva, tako da na osnovu OMM nije moguće definisati jedinstvenu optimalnu poziciju T, odnosno, u ovakvim situacijama rešenje OMM je praktično neprimenljivo;
- jedinstvena vrednost optimalne pozicije T dobija se na osnovu UMM, primer P₃ i
- na osnovu UMM za mreže sekundara i tercijera dobija se međusobno zavisno optimalno rešenje čija je vrednost štete veća od zbira šteta za pojedinačna optimalna rešenja.

5.1.2. Mod realnog vremena

Razmatra se test mreža prikazana na slici 5, u skladu sa prethodnom tačkom, pozicije regulacionih sklopki Tr SN/NN postavljene su na optimalne vrednosti dobijene na osnovu OMM, odnosno UMM (tabela 3). Analizira se primer kada je za zadato opterećenje vrednost napona na VN sabirnicama $V_{VN}=110,0$ kV.

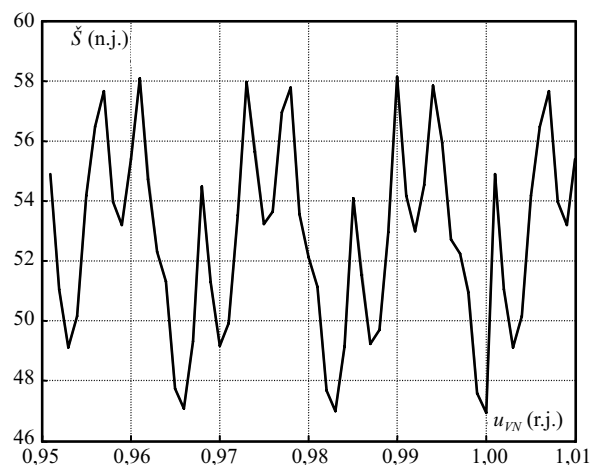
Za razmatrani primer i dva podešenja regulacionih sklopki Tr SN/NN, različite su vrednosti optimalne pozicije T: za OMM T=11, a za UMM T=13. Ukoliko je aktuelna pozicija T=12, u cilju da se aktuelne naponske prilike poprave, „pomere” ka optimalnim, ka automatskom regulatoru napona usledile bi različite komande. U prvom slučaju da se regulaciona sklopka spusti za jednu vrednost, a u drugom da se podigne za jednu vrednost. Osim optimalnih vrednosti pozicija T u tabeli 4, prikazane su i vrednosti štete na svakom od potrošača, kao i ukupna šteta u test mreži. Šteta na potrošačima u realnom vremenu znatno je veća (više od tri puta) ako se pri izboru optimalnog rešenja u modu planiranja pogona DM SN₁ i SN₂ tretiraju nezavisno i ako se pri proračunu zanemari uticaj pozicije regulacione sklopke na vrednost impedanse kratkog spoja transformatora.

Tabela 4.
Mod realnog vremena

	tr ₁	tr ₂	tr ₃	tr ₄	tr ₅	tr ₆	tr ₇	tr ₈	Tr
OMM	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8	T
	3	4	4	4	3	3	3	3	11
	\check{S}_1	\check{S}_2	\check{S}_3	\check{S}_4	\check{S}_5	\check{S}_6	\check{S}_7	\check{S}_8	\check{S}
	11,2	27,9	3,5	0,8	42,3	27,4	22,9	22,2	158,48
UMM	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8	T
	2	3	3	3	1	1	1	1	13
	\check{S}_1	\check{S}_2	\check{S}_3	\check{S}_4	\check{S}_5	\check{S}_6	\check{S}_7	\check{S}_8	\check{S}
	10,7	26,6	3,3	0,9	0,4	2,6	2,1	0,3	46,9

5.2. Tačnost metode

Na slici 6 je za SN DM prikazanu na slici 5, kvantifikovana greška koja se pri proračunu optimal-



Slika 6. Šteta na osnovu UMM i tačnog proračuna²⁾

²⁾ Vrednosti odgovaraju trofaznom regulacionom transformatoru; proizvođač Rade Končar, Zagreb.

nog rešenja regulacije napona, čini primenom UMM (tačkasta linija), u odnosu na „tačan proračun” (puna linija). Na slici su prikazane vrednosti štete koje odgovaraju optimalnom rešenju regulacije napona, u funkciji od vrednosti napona VN sabirnicama.

Pod tačnim proračunom se smatra pretraživanje svih kombinacija pozicija regulacionih sklopki svih regulacionih transformatora. Za svaku kombinaciju izvršen je proračun tokova snaga [12]. Pri tome, uzet je u obzir uticaj promene vrednosti impedanse kratkog spoja i režima DM u zavisnosti od promene pozicija regulacionih sklopki.

Treba naglasiti da nema praktične razlike u rezultatima proračuna regulacije napona dobijenih na osnovu UMM i tačnog proračuna.

5.3. Optimizacija pretraživanja

U predhodnom delu rada, za DM sa slike 5 (jedan Tr VN/SN₁/SN₂ sa 21 pozicijom i osam Tr SN/NN sa po 5 pozicija regulacione sklopke), za jednu vrednost napona korena, za tačan proračun bilo je potrebno izvršiti:

$$21 \cdot 5^8 = 8\ 203\ 125$$

proračuna tokova snaga [12]. Na klasičnom PC računaru, sa 1,7 GHz, ovaj proračun traje dva sata (za jedan proračun tokova snaga potrebno je 0,004 sec.). Kada bi se tačan proračun primenio na primeru DM, sa više stotina regulacionih transformatora, proračun bi trajao više godina!

Na osnovu prostorne dekompozicije pri rešavanju problema regulacije napona potrebno je razmatrati znatno manji broj kombinacija. Međusoban uticaja na rešenje optimizacionog problema imaju samo regulacioni transformatori koji se nalaze na liniji od potrošača do izvora napajanja. Odnosno, optimalno rešenje regulacionog Tr SN/NN, napajanog preko regulacionog Tr VN/SN, zavisi samo od vrednosti pozicije napojnog transformatora, ali ne i od vrednosti pozicija svih preostalih regulacionih Tr SN/NN koji se takođe napajaju preko tog napojnog transformatora.

Za primer sa slike 5, u toku optimizacione procedure potrebno je izvršiti svega dva-tri proračuna tokova snaga (algoritam UMM prikazan na slici 4). Pritom, za tekuće optimalno rešenje, izraz (6), nužno je razmatrati maksimalno:

$$8 \cdot (21 \cdot 5) = 840$$

kombinacija. Dakle broj kombinacija koji je potrebno razmatrati je 10 000 puta manji, a broj proračuna tokova snaga zanemarlivo mali.

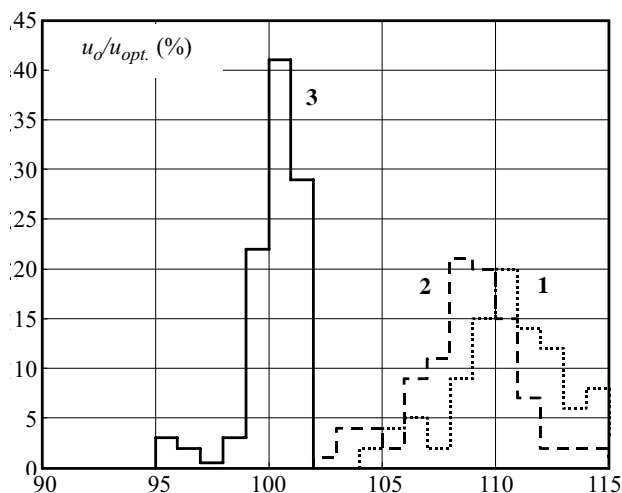
Na osnovu prostorne dekompozicije, proračun optimalnog rešenja za mrežu veličine ED Novi Sad sa 54 Tr VN/SN i SN₁/SN₂ i 1547 Tr SN/NN traje manje od 2 sekunde.

5.4. Realna distributivna mreža

Mogućnosti UMM za regulaciju napona u SN DM prikazane su na primeru dela realne DM ED Novi Sad sa 2 Tr VN/SN₁/SN₂ i 169 Tr SN/NN.

Na slici 7 prikazana je procentualna vrednost odnosa ostvarenog u_o i optimalnog u_{opt} napona na svim NN sabirnicama:

1. za zatečeno stanje (tačkasta linija),
2. nakon korekcija pozicija regulacionih sklopki transformatora sa mogućnošću regulacije pod opterećenjem (ima ih 2) ka optimalnoj vrednosti samo za jednu poziciju (isprekidana linija) i
3. nakon korekcije pozicija regulacionih sklopki svih transformatora VN/SN₁/SN₂, SN₁/SN₂ i SN/NN na optimalne vrednosti (puna linija).



Slika 7. Dijagram procentualnog udela u_o/u_{opt}

Za tri razmatrana slučaja u tabeli 5 su prikazane očekivane (srednje), minimalne, maksimalne i vrednosti standardne devijacije (σ) odnosa u_o/u_{opt} . U sledeće tri kolone dat je broj potrošača (procentualno od ukupnog broja), za koje ostvareni napon odstupaju za $\pm 1\%$, $\pm 2\%$ i $\pm 5\%$ od optimalnog napona. Prva vrsta odgovara zatečenom stanju, druga nakon korekcije pozicija regulacionih sklopki za jednu poziciju i treća nakon korekcije svih pozicija regulacionih transformatora na optimalne vrednosti.

Tabela 5.

Odstupanje napona na NN sabirnicama od optimalne vrednosti

	u_o/u_{opt}				U naponskim granicama (%)			\check{S} (n.j.)
	srednja	min	max	σ	± 1	± 2	± 5	
1	1,100 0	1,041 9	1,144 4	0,041 2	37	53	84	62 324,9
2	1,081 7	1,023 9	1,125 7	0,033 9	48	63	89	41 842,3
3	0,997 7	0,951 9	1,012 3	0,005 6	96	99	100	357,5

- Na osnovu slike 7 i tabele 5 može se uočiti da:
- nakon korekcija pozicija regulacionih sklopki transformatora sa mogućnošću regulacije pod opterećenjem ka optimalnoj vrednosti samo za jednu poziciju šteta na NN potrošačima se smanjuje za trećinu i
 - korekcijom pozicija regulacionih sklopki svih transformatora na optimalne vrednosti moguće je štetu svesti na zanemarivo male vrednosti.

6. ZAKLJUČAK

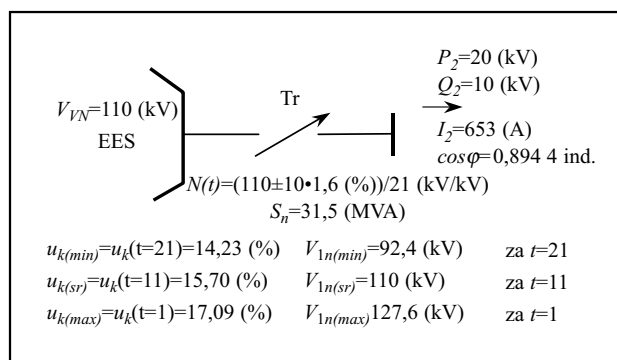
Prikazani matematički model za regulaciju napona u distributivnim mrežama omogućava:

- jedinstven tretman SN mreža na sekundaru i tercijeru tronamotajnog regulacionog Tr;
- da se pri proračunu uzme u obzir uticaj pozicije regulacione sklopke na vrednost impedanse kratkog spoja, odnosno vrednost pada napona i
- jedinstveno optimalno rešenje.

Pri tom, iterativni postupak značajno popravlja tačnost proračuna i ne zavisi od broja naponskih nivoa. Brzina prikazanog modela zasniva se na ideji prostorne dekompozicije čime je radikalno reduovan broj kombinacija pozicija regulacione sklopke, a broj proračuna tokova snaga sveden na minimum.

7. PRILOG UTICAJ POZICIJE REGULACIONE SKLOPKE NA VREDNOST IMPEDANSE KRATKOG SPOJA TRANSFORMATORA

Razmatra se dvonamotajni regulacioni Tr VN/SN, prikazan na slici 8. U cilju isticanja uticaja vrednosti pozicije regulacione sklopke na vrednosti impedanse kratkog spoja, pada napona na transformatoru, odnosno optimalnog rešenja regulacije napona, potrošnja je modelovana na dva načina, kao: *P-Q* – konstantna snaga (20-j10) (MVA), odnosno *I-cosφ* – konstantna struja 653 (A) i faktor snage 0,894 ind.



Slika 8. Dvonamotajni regulacioni transformator

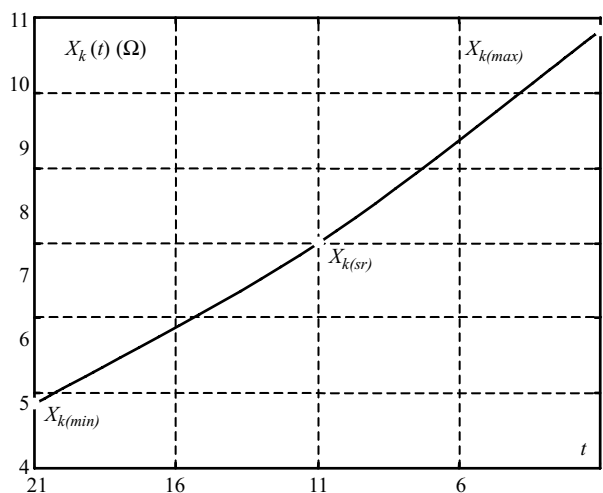
(Napomena: Vrednosti opterećenja su izabrane tako da transformatori, za dva modela potrošnje, za $t=11$, imaju bliske režime.)

Karakteristične vrednosti reaktanse kratkog spoja $X_k(t)$ za srednju i granične vrednosti pozicije regulacione sklopke su: 38,569 ($t=21$); 60,308 ($t=11$) i 88,335 ($t=1$) Ω (u primeru su zanemarene vrednosti aktivnih gubitaka i struje magnećenja transformatora). Promena vrednosti $X_k(t)$, u zavisnosti od pozicije regulacione sklopke, prikazana je na slici 9.

Funkcionalna zavisnost promene $X_k(t)$, može se predstaviti sa sledeće dve relacije (prave):

$$X_k(t) = \begin{cases} 2,174 \cdot t + 60,308 & 21 \leq t \leq 11 \\ 2,802 \cdot t + 60,308 & 11 \leq t \leq 1 \end{cases}$$

Za $V_{kor} = 110$ kV i opterećenje na sekundaru modelovano kao konstantna snaga, odnosno konstantna struja, u tabeli 6 prikazan je, u zavisnosti od promene $X_k(t)$, režim na transformatoru. Vrednosti pada napona u funkciji vrednosti pozicije regulacione sklopke prikazane su na slici 10.



Slika 9. Zavisnost reaktanse kratkog spoja od vrednosti pozicije regulacione sklopke

Kako je promena vrednosti pada napona na $X_k(t)$ srazmerna vrednosti t (za male vrednosti t ima se veći pad napona), srazmerna je i greška koja se pri proračunu čini. Npr. ako se za napon kratkog spoja usvoji vrednost koja odgovara srednjoj poziciji regulacione sklopke $u_k(t=11)$, za sve ostale pozicije se pri proračunu čini greška. Kvantifikacija te greške prikazana je na slici 10 i u tabeli 7.

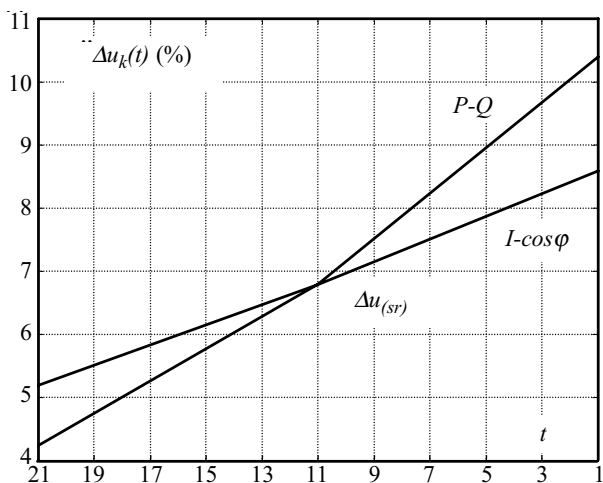
Na osnovu prikazanih rezultata može se uočiti:

- greška pri malim vrednostima t (koje „spuštaju” napon na sekundaru) pozitivne su i znatno veće od grešaka pri velikim vrednostima t (koje „podizuju” napon na sekundaru);

Režim regulacionog transformatora

Tabela 6.

t	21		11		1	
$u_k(t)$ (%)	14,23		15,7		17,09	
$X_k(t)$ (O)	38,56		60,30		88,33	
model potrošnje	$P-Q$	$I-\cos\varphi$	$P-Q$	$I-\cos\varphi$	$P-Q$	$I-\cos\varphi$
ΔU_{110} (kV)	4,69	5,72	7,52	7,52	11,43	9,49
D_{uk} (%)	4,25	5,2	6,8	6,8	10,4	8,6
V_1 (kV)	110,0	110,0	110,0	110,0	110,0	110,0
V_2 (kV)	24,1	23,9	19,7	19,7	16,4	23,9
I_1 (A)	121	148	124	124	129	107
I_2 (A)	535	653	653	653	786	653
$\cos\varphi_1$	0,862	0,855	0,842	0,842	0,810	0,826
$\cos\varphi_2$	0,894	0,894	0,894	0,894	0,894	0,894
P_1 (MW)	20,0	24,2	20,0	20,0	20,0	16,9
P_2 (MW)	20,0	24,2	20,0	20,0	20,0	16,9
Q_1 (MW)	11,7	14,6	12,8	12,8	14,4	11,5
Q_2 (MW)	10,0	12,1	10,0	10,0	10,0	8,5



Slika 10. Zavisnost pada napona transformatora od vrednosti pozicije regulacione sklopke

Greška pri proračunu pada napona

Tabela 7.

	t	$\Delta U_{110}(t)$ (kV)	$\sqrt{3} \times [\Delta U_{110}(t) - \Delta U_{110}(t=11)] \times 100 / 110 (\%)$
$P-Q$	21	4,69	$\sqrt{3} \times (4,69 - 7,52) \times 100 / 110 = -4,455$
	16	6,08	$\sqrt{3} \times (6,08 - 7,52) \times 100 / 110 = -2,267$
	11	7,52	0
	6	9,40	$\sqrt{3} \times (9,40 - 7,52) \times 100 / 110 = 2,960$
	1	11,43	$\sqrt{3} \times (11,43 - 7,52) \times 100 / 110 = 6,156$
$I-\cos\varphi$	21	5,72	$\sqrt{3} \times (5,72 - 7,52) \times 100 / 110 = -2,834$
	16	6,59	$\sqrt{3} \times (6,59 - 7,52) \times 100 / 110 = -1,464$
	11	7,52	0
	16	8,47	$\sqrt{3} \times (8,47 - 7,52) \times 100 / 110 = 1,496$
	1	9,49	$\sqrt{3} \times (9,49 - 7,52) \times 100 / 110 = 3,101$

– ako se zanemari uticaj pozicije regulacione sklopke na vrednost $X_k(t)$, najveća greška je u najtežim režimima sa naponima daleko od nominalnog (upravo u tim režimima se pred funkciju regulacije napona postavljaju najozbiljniji zahtevi) i

– ako je potrošnja modelovana kao konstantna snaga, greška pri proračunu pada napona na transformatoru za $t=1$, od 6,156 (%), odgovara opsegu od skoro četiri pozicije regulacione sklopke (6,156:1,6=3,85).

U skladu sa navedenim, pri proračunima optimalnog rešenja regulacije napona, bez obzira na model potrošnje, nužno je uzeti u obzir uticaj promene pozicije regulacione sklopke.

8. LITERATURA

- [1] Roytelman I.: POWER FLOW, OPTIMIZATION AND FAULT CALCULATION METHODS; Proceedings of IEEE Winter Meeting 1999, New York, N.Y., pp. 370-373.
- [2] Celik M. K., Liu W. H. E.: A PRACTICAL DISTRIBUTION STATE CALCULATION ALGORITHM; Proceedings of IEEE Winter Meeting 1999, New York, N.Y., pp. 442-447.
- [3] Popović D. S.: POWER APPLICATION - A CHERRY ON THE TOP OF THE DMS CAKE, DA/DSM DistribuTECH Europe 2000, Vienna, Austria, October 10-12, 2000, Specialist Track 3, Session 3, Paper 2.
- [4] Sacher Y., Le Gal G., Battaglia B.: VOLTAGE QUALITY AND REGULATION POLICY IN DISTRIBUTION NETWORKS; Revue Generale de l'Electricite R.G.E., July, 1980., pp 49-63.
- [5] Pelisser R.: LES RÉSEAUX D'ÉNERGIE ELECTRIQUE (TOME 1), Dunod, Paris, France, 1971.
- [6] Strezoski V., Janjić D.: SISTEMI REGULACIJE NAPONA RADIJALNIH DISTRIBUTIVNIH MREŽA; Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, 1997.
- [7] Strezoski V., Popović D., Bekut D., Švenda G., Gorečan Z.; ENERGETSKE APLIKACIJE ZA OPERATIVNO UPRAVLJANJE I PLANIRANJE POGONA SREDNJENAPONSKIH DISTRIBUTIVNIH MREŽA, projekat za Javno preduzeće za distribuciju električne energije „Elektrovojvodina”, Fakultet tehničkih nauka - Institut za energetiku, elektroniku i telekominukacije, Novi Sad, 1995-2005.
- [8] Strezoski V., Katić N., Janjić D.: VOLTAGE CONTROL INTEGRATED IN DISTRIBUTION MANAGEMENT SYSTEMS, Electric Power Systems Research, USA, 60 (2001) 85-97.
- [9] Strezoski V.: A NEW SCALING CONCEPT IN POWER SYSTEM ANALYSIS; IEE Proc.-Gener. Transm. Distrib. 143 (5), 1996, pp. 399-406.

- [10] Simendić Z. J., Strezoski V. C., Švenda G. S.: IN-FIELD VERIFICATION OF THE REAL-TIME DISTRIBUTION STATE ESTIMATION, 18-th International Conference on electricity Distribution, Turin, 6-9 June 2005, Session No.3
- [11] Chow J. H., Wu F. F., Momoh J. A.: APPLIED MATHEMATICS FOR RESTRUCTURED ELECTRIC POWER SYSTEMS: Optimization, Control, and Computational Intelligence, Springer, 2005.
- [12] Sirmohammadi D., Hong H. W., Semlyen A., Luo G. X.; A COMPENSATION-BASED POWER FLOW METHOD FOR WEAKLY MESHED DISTRIBUTION AND TRANSMISSION NETWORKS, IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 3, No. 2, May 1988., pp. 753-762.

Rad je primljen u uredništvo 14. 12. 2005. godine



Goran S. Švenda rođen je 1962. godine u Somboru gde je završio osnovnu i srednju školu. Diplomirao je 1988. god. na Elektrotehničkom odseku na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Magistarstrirao je 1994. godine na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu, smer Elektroenergetski sistemi, gde je 2001. godine odbranio doktorsku tezu. Zaposlen je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, gde je izabran u zvanje docenta. Od osnivanja član je DMS Grupe gde je angažovan na vođenju i izradi domaćih i međunarodnih projekata i energetske aplikacije za analizu, operativno upravljanje i planiranje pogona srednjenaponskih distributivnih mreža. Do sada autor je i koautor više od 40 naučnih radova u međunarodnim i domaćim časopisima i konferencijama.



Radojica M. Bibić rođen je 1971. godine u Somboru. Zaposlen je kao diplomirani inženjer elektrotehnike u DMS Grupi u Novom Sadu. Trenutno radi na razvoju programskog paketa za analizu, operativno upravljanje i planiranje pogona srednjenaponskih distributivnih mreža na problemima vezanim za naponsku regulaciju, kratkoročnu prognozu opterećenja. Istovremeno radi i na razvoju programskog paketa za estimaciju stanja i proračune optimalnih tokova snaga prenosnih sistema. Do sada je koautor jednog univerzitetskog udžbenika i dva rada u domaćim časopisima.

Branislav V. Đorđević

Socijalni preduslovi potrebni za realizaciju projekata hidroelektrana

Prethodno saopštenje
UDK: 621.311.21; 627.43; 627.8; 556.1; 351.793

*Učiniš li nešto za što si siguran da će naići na opšte odobravanje, nekome se to neće svideti. Predloge će drugi uvek proceniti drukčije no što ih shvata predlagač.
(Čišolnov zakon, Marfijevi zakoni, 1987)*

Rezime:

Već par decenija se suočavamo sa jednom zakonitošću: odlični projekti hidroelektrana dovode se u pitanje, pa se i sasvim zaustavljaju (nedavni slučaj sa projektom „Buk Bijela”) - zbog suprostavljanja javnog mnjenja. Taj fenomen zavređuje temeljito izučavanje, jer sada predstavlja ključni problem za realizaciju hidroelektrana i niza objekata vodne infrastrukture. U par radova, od kojih je ovaj zamišljen kao uvodni, autor želi da ukaže na neke socijalne i ekološke zakonitosti koje se moraju imati u vidu pri planiranju hidroelektrana. Ključni uzroci nesporazuma sa javnošću pri realizaciji projekata hidroelektrana su dvojaki: (1) veliki integralni razvojni projekti, sa veoma širokom lepezom razvojnih ciljeva, sasvim nepotrebno i vrlo štetno i nazivom i načinom prikaza sužavaju se samo na oblast voda - na hidroenergetske ili vodoprivredne ciljeve; (2) prikaz projekata javnosti nije na profesionalnom nivou, i uvek se sa tim veoma važnim poslom kasni. Veliki razvojni projekat mora da nosi naziv u skladu sa ciljem najvišeg reda, npr. - „integralno korišćenje, zaštita i uređenje prostora / sliva ...”, ili, „integralni razvojni projekat...”, a zatim se mora već na samom početku da podrobno definiše ciljna struktura tipa granatog stabla, u kojoj obavezno moraju biti ciljevi iz sledećih grupa: socijalni, privredno / razvojni, ekološki, saobraćajni, urbani, kulturološki, vodoprivredni, energetske. Daje se primer na slučaju „Integralni razvojni projekat uređenja, korišćenja i zaštite prostora gornjeg toka Drine u zoni sastavnica”. Autor razrađuje metodološki pristup za način prezentacije projekata javnosti, na bazi zakonitosti Socijalne psihologije.

Ključne reči: integralni razvojni projekti, hidroelektrane, vodoprivredni sistemi, socijalni aspekti planiranja, socijalna stabilnost projekata, ciljna struktura, prezentacija projekta

Prof. dr Branislav V. Đorđević, dipl. ing. građ. – Građevinski fakultet, 11 000 Beograd, Bulevar kralja Aleksandra 73

Abstract:

SOCIOLOGICAL ASPECTS FOR SUCCESSFUL LAUNCHING OF HYDRO POWER PROJECTS

Water resources development projects are often misunderstood by the public by two causes mainly: (1) large scale integrated development projects with multiple objectives are often quite unnecessarily interpreted as only pertinent for water resources and water power development; (2) the project is presented to the public rather non-professionally, and often belatedly. In order to ensure proper understanding by the public, large scale development projects should be named so as to reflect their highest-level objectives, for instance „integrated use, protection, and development of the given region / river basin...” or „integrated development project...” Then, the ramification of the objective structure should be defined at a very early stage, with clear statement of goals such as social and economic progress, environmental protection, upgrading of communications, urban improvements, cultural aspects, water resources development, water power production, etc. The paper contains also practical suggestions for how best to present such projects.

Key words: integral development, hydropower plants, water resources systems, sociological approach to planning, structure of objectives, public opinion, presenting a project

1. OSPORAVANJE OBJEKATA U OBLASTI VODA

Pri razmatranju uslova za realizaciju *integralnog upravljanja vodnim resursima* (IUVR), koje je preduslov za realizaciju preostalog hidroenergetskog potencijala SCG, mora se ozbiljno istražiti pojava koja već par decenija prati projekte razvoja vodne infrastrukture. Ta pojava je – suprotstavljanje projektima u oblasti voda, posebno projektima koji u svojoj konfiguraciji sadrže brane, akumulacije i hidroelektrane. Najpre je sredinom osamdesetih godina potpuno iracionalno, bez ikakve valjane argumentacije onemogućena izgradnja Vodoprivredno-hidroenergetskog sistema (VHS) „Studnica” na istoimenoj reci. Nedavno je zaustavljen razvojni projekat uređenja vodnih režima Toplodolske reke i Temštice u slivu Nišave i poboljšanja radnih performansi hidroelektrane (HE) Zavojski. Taj projekat je razvojni, ekološki i energetski izvanredno ocenjen, dobijen je za njega kredit pod najpovoljnijim uslovima, ali je iskop tunela zaustavljen manipulacijama sa javnim mnjenjem. Osparava se izvanredan integralni razvojni projekat uređenja, korišćenja i zaštite voda gornjih horizonata u slivu Trebišnjice. Kulminaciju tog zabrinjavajućeg trenda suprotstavljanja svim projektima u oblasti voda – čine dešavanja oko najvećeg integralnog razvojnog projekta na Gornjoj Drini, sasvim nepotrebno veoma suženo nazvanog „HE Buk Bijela”. Deklaracijom koja je usvojena o navodno ugroženoj reci Tari, ruši se čitav razvojni koncept uređenja, korišćenja i zaštite rečnih slivova u Crnoj Gori, koji bi omogućio da ta republika oko 80% svojih elektroenergetskih potreba u budućnosti podmiruje iz hidroelektrana. Čim su započeti poslovi na integralnom razvojnem projektu na reci Vrbasu, počinje formiranje i konsolidacija neformalnih

socijalnih grupa koje pokušavaju da ga onemoguće. Veoma značajni projekti na srednjoj i donjoj Drini se osporavaju pre no što je i započela njihova ozbiljnija projektna razrada.

Nastupila je i već duže vreme traje društvena i medijska klima u kojoj je osporavanje razvojnih integralnih hidrotehničkih projekata dokaz pripadnosti elitističkom intelektualnom krugu. I kako to već biva na našim prostorima, upravo ekstremistički stavovi, oni koji su krajnje neodmereni u laičkom i epskom preterivanju („Nećemo baru, hoćemo Taru”, „Nastaće Sahara u istočnoj Hercegovini”) dobijaju najveću prohodnost i publicitet u medijima, koji i ne pokušavaju da postave jedno osnovno pitanje: a kakva će biti energetska i vodoprivredna budućnost zemlje, kakva će biti opskrbljenost vodom i energijom ljudi i privrede – ukoliko se ne dozvoljava građenje brana i akumulacija, koje su drevne civilizacije bile prisiljene da grade i pre tri, četiri milenijuma. I tada su akumulacije i veliki hidrotehnički sistemi građeni iz istih razloga zbog kojih ih moramo graditi i sada – da razumnim korišćenjem, uređenjem i zaštitom voda omogućimo dalji opstanak i razvoj naše civilizacije.

Pravilno shvatanje i prihvatanje razvojnih projekata postalo je ključni problem za njihovu realizaciju. Zbog toga se moraju brižljivo razmotriti socijalne dimenzije tih procesa. Najpre se treba osloboditi zabluda da društvo u celini apriorno shvata istinu da mu opstanak i razvoj bukvalno zavise od razvoja vodne infrastrukture, te da će samo zbog toga prema hidrotehničkim objektima imati blagonaklon stav. Ponašanje socijalnih sistema je mnogo složenije, te se na stvaranju kooperativnosti socijalnog okruženja prema projektu mora strpljivo raditi od samog početka planiranja sistema. Kao što se tokom planiranja nekog velikog sistema ostvaruju i anali-

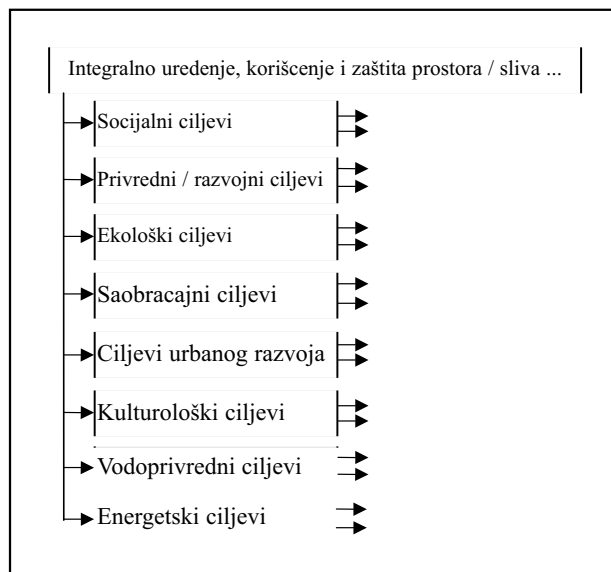
tički dokazuju hidrološka, hidraulička, geotehnička, konstrukcijska, seizmička, ekonomska stabilnost projektnog rešenja, po istoj analogiji planer je dužan da ostvari i dokaže još dve veoma važne stabilnosti projekta, od kojih u novije vreme odlučujuće zavisi njegova ostvarljivost – **socijalna i ekološka stabilnost integralnog sistema.**

Rad se bavi isključivo problemima socijalne stabilnosti projekata. Integralni razvojni projekat u oblasti voda može se oceniti kao socijalno stabilan ukoliko su:

- rešeni socijalni i svi ostali ciljevi projekta u okviru složene ciljne strukture,
- izvršene pripreme socijalnog okruženja da svojim kooperativnim (ili bar neutralnim) stavom omoguće njegovu realizaciju. Sažeto rečeno: socijalno stabilan projekat je onaj koji je tako pripremljen, najavljen i predstavljen – da većina javnosti sa nestrapljenjem očekuje da se krene sa njegovom realizacijom. Razmotrimo pristup kojim se to ostvaruje.

2. NAJVAŽNIJI POČETAK – SVEOBUHVAATNA CILJNA STRUKTURA

Dosadašnja iskustva pokazuju da klicu neuspeha poseju investitor i planer već na samom početku, prilikom izbora – naziva projekta. Začudjuće uporno i kratkovidno ponavljamo istu grešku. Velike razvojne projekte, čiji bi naziv po najvišem cilju u ciljnoj strukturi trebalo da glasi: „Integralno uređenje, korišćenje i zaštita sliva ... (ili prostora ...)”, začudjuće uporno nazivamo sasvim suženo, i sasvim netačno – „Hidroelektrana ...”, ili „Vodoprivredni sistem ...”, ponekad kombinujući te dve reči, kao što je učinjeno u slučaju VHS „Studenica”. Takav pristup već na samom početku učini podozrivim i zabrinutim sve ostale korisnike tog prostora, koji već u samom nazivu projekta vide opasnosti za svoje interese na tom prostoru. Suženo formulisanim nazivom projekta stvara se prvi, veoma opasan „halo efekat”¹⁾ – ostali korisnici prostora stiču nepovoljan sud o valjanosti projekta, jer ne vide sebe u svemu tome. Slikovito – nazvavši projekat samo po ciljevima iz hidroenergetike i/ili vodoprivrede investitor i njegov projektant su načinili stratešku grešku, koja se u očima javnosti odmah prenosi na sve ostale delove projekta. Kasnije tvrdnje planera da su uvaženi interesi ostalih korisnika prostora izazivaju samo još veće njihovo podozrenje, jer ta tvrdnja nije potkrepljena odgovarajućom jasnom ciljnom strukturom projekta.



Slika 1. Okvirna šema polaznih grana ciljne strukture integralnog razvojnog projekta

Uspeh projekta počiva na podrobno, sveobuhvatno, mudro i jasno definisanoj **ciljnoj strukturi** sistema koji se planira. Više atributa koji su namerno upotrebljeni označavaju:

podrobno – shvatiti da je izrada ciljne strukture najvažnija aktivnost planera, od koje odlučujuće zavisi uspeh projekta;

sveobuhvatno – ciljnom strukturom treba obuhvatiti sve korisnike prostora, sa svim njihovim ciljevima koje treba dovesti u sklad u okviru integralnog rešenja sistema;

mudro – unapred predvideti neformalne grupe koje će se javiti kao oponencija projektu, kako bi se na vreme, još tokom formiranja ciljne strukture, za njih našli ubedljivi projektni odgovori;

jasno – ciljna struktura mora da bude eksplicitna, jasna, i sa njom mora da bude upoznata čitava javnost, na samom početku prezentacije projekta.

Čak bi se mogla formulisati i pravila za prezentaciju projekta javnosti:

– prezentaciju uvek početi sa prikazom kompletne ciljne strukture, obavezno naslovivši projekat prema razvojnom cilju prvog reda („Integralno uređenje, korišćenje i zaštita prostora ...”);

– ciljeve u oblasti hidroenergetike i vodoprivrede u ciljnoj strukturi nikako ne treba stavljati na prvo mesto, i naći im pravu meru – da ne štrče po stepenu pridavane značajnosti u odnosu na ciljeve drugih korisnika prostora;

1) Vrlo važan sociološki fenomen, po kome se samo jedan negativan sud o nekom projektu prenosi u vidu lančane reakcije i na sve ostale attribute tog projekta – čak i na one za koje bi se očekivala nesporna pozitivna ocena.

- ciljnu strukturu započeti sa socijalnim, razvojnim, urbanim, ekološkim ciljevima, u skladu sa zakonitostima formiranja stavova ljudi (Teorija stavova);
- dobro obraditi ciljnu granu koja se odnosi na ekološke aspekte uređenja i zaštite prostora, ne samo zbog toga što će ona biti pažljivo razmatrana od strane neformalnih ekoloških grupa koje će se sigurno formirati, već zbog toga što je valjano rešenje svih aspekata uređenja i zaštite prostora i delotvorno upravljanje ekosistemima – naš veliki civilizacijski dug.

Početni deo granatog stabla jedne ciljne strukture prikazan je na slici 1. Treba zapaziti važnu činjenicu: cilj najvišeg reda mora da bude tako formulisan da svaki korisnik prostora može u njemu da sagleda sebe – i svoje ciljeve. Najbolje je ukoliko se projekat nazove, kao što je to učinjeno na slici 1 „Integralno uređenje, korišćenje i zaštita prostora / sliva ...”, ili „Projekat integralnog razvoja područja ...”. To je sasvim suprotno od dosadašnje naše prakse, po kojoj su u suštini veliki razvojni projekti potpuno nepotrebno i veoma štetno sužavani u samom nazivu samo na hidroelektranu ili vodoprivredni sistem, sa svim negativnim efektima koji su pratili tako jednostranu najavu projekta.

U skladu sa prethodnim, ciljnu strukturu treba započeti sa grupama socijalnih, privrednih / razvojnih, ekoloških, saobraćajnih i drugih ciljeva koji su veoma bitni za stvaranje utiska o stvarnoj kompleksnosti projekta, pa tek nakon njih ići na ciljeve u oblasti hidroenergetike i vodoprivrede. Ciljna struktura se postepeno razvija na ciljeve nižeg reda (strelice koje su ostavljene sa desne strane svake grupe ciljeva), sve dok se ne formira kompletna struktura ciljeva, sve do onih naizgled manjih ciljeva, koji su veoma bitni za neke socijalne grupe, kako bi i one

stekle pozitivan stav o projektu i zauzele kooperativan stav²⁾.

Svaka grana ciljne strukture razgranava se dalje u odgovarajuće detaljnije hijerarhijske strukture ciljeva, pri čemu se eksplicitiraju svi ciljevi koji su relevantni sa stanovišta integralnog razvoja razmatranog područja. Ciljeve istog nivoa dekompozicije (ciljeve navedene na slici 1) treba smatrati ravnopravnim – podjednako značajnim, jer bi se svaka diskriminacija na tom planu, npr. da se kulturološki ili ekološki ciljevi smatraju usputnim, marginalnim, može kasnije da vrati kao bumerang, jer bi sigurno dovela do formiranja neformalnih grupa³⁾ iz tih oblasti koje će oštro osporavati projekat, nastojeći po svaku cenu da ga onemoguće.

U grani socijalnih ciljeva moraju se obuhvatiti ciljevi usmeravanja demografskog razvoja u željenom pravcu, migracione politike, zapošljavanja i zadržavanja radno sposobnog stanovništva u zonama iz kojih su se do tada ljudi iseljavali, itd. Privredni ciljevi bi trebalo da uoče mogućnosti aktiviranja ostalih privrednih potencijala i resursa tog područja. Posebno treba sagledati ciljeve razvoja tercijalnih delatnosti (sektori usluga, turizma, ugostiteljstva, itd), jer se preko njih najbolje ostvaruju željeni socijalni cilj zadržavanja radno sposobnog stanovništva na tom području. Ciljevi iz domena saobraćaja slede iz prostornih planova i ostalih planskih dokumenta. Ciljevi u tom domenu, oni koje treba da plati onaj ko prvi započinje projekat – hidroenergetika ili vodoprivreda – često su veoma skupi, a mi ih ne iskazujemo kao deo ciljne strukture, nego kao nešto što se podrazumeva⁴⁾.

Ciljevi zaštite životne sredine treba da obuhvate ekološke, ali i sve druge ciljeve zaštite sredine. Pritom se moraju obuhvatiti svi relevantni aspekti

2) Da bi bilo jasno na šta autor misli, u ciljnoj strukturi za „Razvojni projekat uređenja, korišćenja i zaštite sliva Studenice”, u grupi kulturoloških ciljeva bilo bi vrlo delotvorno da su se našli sledeći konkretni ciljevi kao što su: prikladno uređenje šireg prostora oko manastira „Studenica”, rešenje grejanja manastirskih objekata, itd., a u grupi ekoloških ciljeva: poboljšanje režima malih voda Studenice, revitalizacija ribnjaka u slivu (Pridvorica) za proizvodnju riblje mladi salmonidnih vrsta, spasavanje populacije evropskog lipljena (riblje vrste) koja je bila ozbiljno ugrožena znatno pre planiranja tog sistema, itd.

3) Projekat sistema „Studenica” su onemogućile neformalne grupe (NFG) iz oblasti kulture (slikari, konzervatori, istoričari umetnosti), kojima su se naknadno priključili i nedovoljno obavešteni predstavnici Crkve, neargumentovanom tvrdnjom da će freske biti u opasnosti zbog građenja akumulacije čija je brana 10 km uzvodno, potpuno zaklonjena iza planine Čemerno. Akcenat je bio na promeni mikroklima, pa je u polemiku uveden čak i izraz „nano klima” - klima na samoj površini freske. Kasnije, kada je odbojan stav prema projektu već formiran i konsolidovan, nisu pomogli matematički modeli, urađeni od strane vrhunskih svetskih meteorologa, koji su nedvojbeno pokazivali da se svaki uticaj nove akvatorije na promenu temperature i vlažnosti gubi na rastojanju od oko 600÷800 m od akumulacije, što je prisutno i u knjigama niza autora koji su istraživali taj fenomen. I još nešto, važno kao sociološki fenomen: nedavno je neposredno kraj manastira Mileševa, ne dalje od 100 m od čuvene freske „Belog andela” sam manastir napravio veliki ribnjak, i niko ne dovodi u pitanje mikroklimu, odnosno - „nanoklimu” neposredno na površini freske. Planeri iz toga mogu izvući dobru poruku o tome kako treba pametno formirati složene ciljne strukture integralnih razvojnih projekata - vodeći računa o NFG koje će ih osporavati.

4) Samo dva primera nespretnosti investitora i planera na tom planu: Pri izgradnji HE Višegrad (upravo tako je suženo nazvan i taj u suštini integralni razvojni projekat) realizacija magistralnog puta duž akumulacije koštala je isti red veličine kao i sam objekat hidroelektrane. Put je izgradila i platila energetika kao nosilac projekta, ali on nigde nije eksplicitno unesen u ciljnu strukturu, već se podrazumevao kao neka usputna obaveza energetike. Energetika je platila i saniranje stubova nizvodnog drvnog mosta u Višegradu, ali to nigde nije ušlo u ciljnu strukturu kao cilj projekta, već je taj vrlo značajan posao tretiran kao obaveza koja se obavlja - usput. Slična je situacija sa akumulacijom „Stuborovni” na reci Jablanici iznad Valjeva. Radi njene realizacije izgrađena je deonica novog magistralnog puta, koja je korenito poboljšala saobraćajne uslove na tom magistralnom putnom pravcu (izvedeni su veliki mostovi i vijadukti kako bi put dobio elementi magistralnog puta), ali to nigde nije eksplicitirano u ciljnoj strukturi tog zaista integralnog razvojnog projekta.

životnog okruženja: zahtevani vodni režimi i klase kvaliteta vode vodotoka, zahtevi očuvanja životne sredine u zoni naselja, ciljevi očuvanja biocenoza vodenih ekosistema i priobalja, zone rezervata i drugih prostora posebnih ekoloških namena, itd. Ekološki ciljevi se ne bi smeli da postave usko, samo sa gledišta vodenih ekosistema. Uvek se mora razmatrati i varijanta „ne graditi sistem”, i u skladu sa njom moraju se definisati ciljevi koji obuhvataju i varijantna rešenja bez razmatranih hidroelektrana (problemi aerozagađenja, kiselih kiša, radijacionih rizika, poboljšanje životnih uslova u naseljima ugroženim površinskim kopovima ili termoelektranama, itd). Hidroenergetska rešenja se moraju sagledavati u svetlu alternativnih izvora energije. Mora se napustiti sadašnja praksa da se pri ocenjivanju hidroenergetskih rešenja posmatraju samo neki negativni efekti u najužoj zoni sistema, a da se potpuno zanemaruje činjenica da je hidroenergija ekološki najčistiji vid obnovljive energije – koji je najpovoljniji sa gledišta najšireg okruženja, ukoliko se poredi sa drugim vidovima energije, posebno onim do kojih se dolazi korišćenjem fosilnih goriva.

Varijanta „ne graditi sistem” („do nothing”) mora se obavezno ekološki upoređivati sa integralnim razvojnim projektom koji u sebi sadrži i hidroelektrane. To upoređivanje mora se obaviti po svim relevantnim ekološkim kategorijama:

- voda kao resurs i osnovni biotop;
 - tlo/ zemljište kao sredina i resurs;
 - vazduh kao sredina koju treba štiti;
 - zagađenje čvrstim otpacima;
 - zagađenje tečnim otpacima;
 - termičko zagađenje životne sredine;
 - buka kao zagađenje;
 - rizici od radijacionog zagađenja;
 - uticaj na biocenoze pri promeni stanja u nekom biotopu izgradnjom objekta;
 - estetski ugođaj kao kategorija životne sredine.
- Da je primenjen taj pristup upoređivanja varijanti u slučaju Sistema Gornje Drine (Sistem sa HE Buk Bijela i alternativa – nov blok TE Pljevlja II) – sasvim u drugom svetlu bi se sagledavali ekološki parametri akumulacije „Buk Bijela”.

Ekološki ciljevi treba obavezno da obuhvate i ciljeve u domenu antierozione zaštite i konzervacije slivova. Ti važni ciljevi do sada nisu uopšte iskazivani kao cilj projekta, već kao neka propratna obaveza koju treba rešiti zbog zaštite akumulacije. Me-

đutim, biološke mere zaštite i konzervacije slivova (melioracija pašnjaka, obnova degradiranih šuma i zasnivanje novih produktivno-zaštitnih šuma na zemljištima najnižih bonitetnih klasa) imaju veliki i privredno – ekonomski značaj, jer u dugoročnom smislu stvaraju osnovu da se ti prostori kasnije štite i razvojno unapređuju upravo kroz ekološki umešnu eksploataciju tako kultivisanih, zaštićenih površina.

Važan segment ciljne strukture su kulturološki ciljevi. Oni do sada nisu eksplicitno definisani u razvojnim projektima, što je i bio jedan od ključnih uzroka sučeljavanja sa neformalnim grupama iz te oblasti. Čak ni najvrednija ostvarenja u sferi zaštite i revitalizacije spomenika kulture nikada nisu eksplicite tretirana kao cilj projekta, pa time i velika nematerijalna dobit od njega, već se dopuštalo da se stvara pogrešna slika o negativnom uticaju vodnih sistema na spomenike kulture⁵⁾. Zbog toga je važno ciljnom strukturom eksplicitno obuhvatiti: (a) sve ciljeve u oblasti trajne zaštite i obnove kulturno – istorijskih dobara, (b) izgradnju novih objekata za potrebe kulture i obrazovanja – izvedenih u okviru razmatranog projekta. U svetu je uobičajeno da se veliki sistemi tretiraju kao mecene određenih kulturnih i obrazovnih institucija. Kod nas se to takođe čini, ali kroz davanja koje nisu javno iskazana, te se ne tretiraju kao udeo razvojnog projekta u realizaciji kulturoloških ciljeva. Stav javnosti prema nekim velikim projektima bio bi znatno kooperativniji kada bi se unapred znalo, kroz definisane ciljne strukture integralnog uređenja prostora, da će se u okviru projekta obnoviti određeni spomenici kulture, da će se neki objekti naselja za graditelje preurediti nakon izgradnje u školu ili dom kulture, a samo naselje u turistički kompleks koji će poslužiti kao baza za aktiviranje turističkih potencijala tog područja, da će biti urađeni pristupni putevi do pojedinih do tada zabačenih spomenika kulture, itd.

Iz navedenog se može izvući važan zaključak. Pošto svi drugi ciljevi nisu jasno iskazani od samog početka u jedinstvenoj ciljnoj strukturi, javnost ne uočava višeciljni karakter planiranog sistema, njegov značaj za integralni razvoj, uređenje i zaštitu prostora sliva, već se njegova uloga sužava samo na hidroenergetske ili vodoprivredne ciljeve. Pošto se ostali efekti ne iskazuju na vreme, eksplicitno i jasno, najčešće se tretiraju kao „cena” po kojoj drugi korisnici prostora dozvoljavaju elektroprivredi da svoj sistem sagradi na „njihovom” prostoru. Ta

5) Već je zaboravljeno, zbog nesprenosti investitora i planera da sistematski komuniciraju sa javnošću, da je najčuveniji evropski arheološki objekat - Lepenski Vir - otkriven i konzerviran u okviru projekta HE Đerdap, da je čuvena „Trajanova tabla” spasena i učinjena pristupačnom u okviru tog istog projekta, da je veoma ugrožen manastir „Piva” spasen od destrukcije prenošenjem i obnovom na novoj lokaciji u okviru projekta „Piva”, da se na isti način postupilo i u slučaju manastira Dobričevo, Arslanagića mosta, itd., koji su ne samo preseljeni, već i potpuno obnovljeni, tako da sada graditeljski spaseni mogu mirno da sačekaju naredne vekove.

krupna metodološka manjkavost – veoma suženo prikazivanje ciljeva integralnog uređenja i korišćenja prostora – ima vrlo nepovoljnu socijalnu dimenziju: konfrontiranje subjekata koji u suštini imaju iste ciljeve. To će se ilustrovati prikazom kako je bilo potrebno prikazati neke segmente ciljnih struktura nekih sistema koji se osporavaju.

2.1. Sistem na gornjem toku Drine

Umesto nespretno i netačno odabranog naziva projekta – „HE Buk Bijela”, projekat je od samog početka trebalo da bude predstavljan kao „*Integralni razvojni projekat uređenja, korišćenja i zaštite prostora gornjeg toka Drine u zoni sastavnica*”. U okviru tog cilja najvišeg reda, treba izdvojiti grupe ciljeva, u skladu sa ciljnom matricom definisanom na slici 1.

- Socijalni ciljevi. Nakon konstatacije da je sadašnje socijalno i demografsko stanje na čitavom širokom potezu sliva Pive i Tare vrlo nepovoljno zbog delovanja procesa depopulacije (izazavanog smanjenjem uslova za privređivanje na tom prostoru), detaljno bi se definisali socijalni ciljevi: poboljšanje socijalnog i demografskog stanja u najširim socijalnim granicama delovanja projekta (područje na potezu od Foče, do približno Nikšića, Šavnika, sa čitavim gornjim platoima Pivske planine, Bioča, Treskavca i Durmitora); stvaranje uslova za vraćanje radno sposobnog stanovništva, itd.
- Ekonomsko / razvojni ciljevi, vrlo tesno spregnuti sa socijalnim ciljevima, podrazumevaju stvaranje uslova za privređivanje u čitavoj zoni socijalnih granica projekta. Ti ciljevi bi se razložili na ciljeve obnove i revitalizacije stočarstva u planinskim područjima (spregnut sa ciljevima u oblasti turizma), ciljeve u tercijalnim delatnostima (turizam, ugostiteljstvo, servisne usluge), kao deo novog ekonomskog ambijenta koji je najtešnje povezan sa socijalnim i saobraćajnim ciljevima. Deo tih ciljeva bi se ostvarivao – što je trebalo naglašeno istaći u ciljnoj strukturi – iz resursne rente, koju država treba da usmerava prema opštinama na čijim se teritorijama grade akumulacije i energetska postrojenja. Voda je njihov primarni razvojni resurs, te je i logično da se vodna renta, kao vid naknade za korišćenje voda, mora usmeravati u područja na kojima se koriste vodni potencijali. Samo na taj način će opštine biti zainteresovane za očuvanje i zaštitu potencijala od obezvređivanja.
- Saobraćajni ciljevi, vrlo tesno povezani sa prethodna dva cilja, podrazumevaju uspostavljanje magistralnog putnog pravca u čitavoj široj zoni uticaja integralnog projekta (realizacija magistral-

nog puta Foča – Plužine – Nikšić, i mreže lokalnih puteva, koji su vrlo bitni za stabilizaciju socijalnih prilika na tom području (naveli bi se lokalni putevi koji se revitalizuju ili grade). Magistralni put Foča – Plužine – Nikšić, koji bi bio najatraktivniji putni pravac iz Srbije prema moru, postaje ključna razvojna poluga područja, jer omogućava razvoj tercijalnih privrednih aktivnosti u široj zoni uticaja (porodični pansioni, hoteli i restorani, pumpne stanice, servisi, itd).

- Ekološki ciljevi: zaštita svih vodenih i priobalnih ekosistema u zoni uticaja. Ta grana ciljeva bi se razvila i po hidrografskim sistemima (Tara, Piva, Drina), i po abiotičkim i biotičkim faktorima (upravljanje režimima voda, biodiverziteti, ihtiofauna, itd). Primer cilja u domenu ihtiofaune: ostvariti režime voda na reci Tari kojima se obezbeđuje opstanak svih sadašnjih ribljih populacija (uz nabiranje dominantnih vrsta), reobionita, i stvaraju uslovi za razvoj za povećanje biološke raznovrsnosti (isklinjavanje usporne zone, sa nizom pritoka koje ostaju u prirodnom stanju što omogućava vrlo povoljne uslove za razvoj plemenitih reofilnih i reoksenih vrsta). U toj ciljnoj strukturi se predviđaju i ciljevi u domenu vrlo operativnog ekološkog monitoringa, kako bi se ekološka stanja u sistemu stalno pratila i poboljšavala odgovarajućim upravljanjem sistemom.
- Urbani ciljevi: detaljna sistematizacija ciljeva za urbanizaciju i sanitaciju naselja, od Foče pa uzvodno, sa detaljnim prikazom ciljeva u svim gradskim i seoskim naseljima u zoni uticaja. U Foči se definišu ciljevi uređenja vodnih režima, kao i ciljevi povezivanja grada sa budućom uređenom obalom duž akvatorije Drine. Kao ciljeve predvideti uređenje, sanitaciju i revitalizaciju seoskih naselja u blizini nove akvatorije (nabrojati konkretno: Papratište, Brabino Brdo, Donje Kruševo, itd), koja se mogu uspešno uklopiti u koncept turističkog razvoja tog područja).
- Kulturološki ciljevi – vrlo konkretna razrada ciljnih grana, u okviru koje bi se definisali ciljevi: preseljenje crkve Šćepanice sa izgradnjom pratećih objekata (parohijski dom, itd), revitalizacija manastira Svetog Jovana Preteče i izgradnja puta do njega, preseljenje nekropole stećaka, zaštita šehitskih spomenika u Pustom Polju, itd. Vrlo važna grana ciljne strukture, zbog stvaranja kooperativnog odnosa prema projektu.
- Ciljevi turističkog razvoja podrazumevaju stvaranje uslova za najintenzivniji turistički razvoj najšire zone projekta. Razradili bi se ciljevi koji pokazuju čitav spektar turističke ponude u uslovima postojanja magistralnog puta i novih kanjonskih akvatorija: kombinacija splavarenja Tarom sa kru-

žnom turom brodićima duž akumulacije do brane na Pivi, nastavak akumulacijom duž Pive i Komarnice, obilazak buduće brane na Komarnici, i nastavak plovidbe duž akumulacije u kanjonima Komarnice i Pridvorice do Šavnika; organizovane planinarske ture po Bioču, Magliču, Pivskoj planini, Durmitoru; organizovani obalasci nacionalnih parkova, obilazak sakralnih objekata, itd.

- Hidroenergetski ciljevi: specifikacija ciljeva u okviru realizacije HE Buk Bijela (snaga, energija, vršna uloga u sistemu, operativna rezerva u EES), HE Foča, HE Komarnica, manje HE u izvorišnom delu Pive, itd.
- Vodoprivredni ciljevi: ciljevi uređenja vodnih režima u akumulacijama „Buk Bijela”, „Piva”, „Komarnica” (ublažavanje poplavnih talasa, povećanje protoka u malovođu, itd).

Sasvim je izvesno da bi tako detaljno definisana ciljna struktura (ovde su dati samo okviri za njeno formiranje), uz njeno blagovremeno predstavljanje javnosti, eliminisala praktično sve razloga koji su doveli do formiranja neformalnih grupa koje osporavaju izgradnju sistema. Hidroenergetika bi se pojavljivala u toj ciljnoj strukturi samo kao jedan od korisnika tog razvojnog projekta. Ona je sistem koji početnim investiranjem i obavezama u okviru svog dela projekta (realizacija saobraćajnica, kao i najvećeg dela kulturoloških, urbanih i privredno / razvojnih ciljeva i zbrinjavanja stanovništva) stvara inicijalne uslove za realizaciju i svih ostalih ciljeva iz ciljne strukture. Slikovito – hidroenergetika je u ovom razvojnom projektu samo jedna od „lokomotiva” koja vuče kompoziciju mnoštva ciljeva integralnog razvoja, socijalnog i ekonomskog preporoda čitavog tog područja.

2.2. Razvojni projekat „Studenica”

I u slučaju tog projekta neuspeh je nastao već na samom početku, kada je sasvim nepotrebno sužen ciljni prostor, te je sistem najavljen samo kao hidroenergetski i vodoprivredni, pa je kao takav i naslovljen (VHS „Studenica”). Izostavljena je čitava lepeza razvojnih ciljeva, koji su implicitno podrazumevani, ali nisu nigde decidoano istaknuti. Navode se samo neki od njih. Socijalni ciljevi: socijalna obnova sada demografski veoma ugroženog gravitirajućeg planinskog područja tog rubnog dela Starog Vlaha, koje bi sa novim putevima koji su bili predviđeni projektom dobio veliku razvojnu šansu u tercijalnim delatnostima; socijalni boljitak u velikom gravitirajućem konzumnom području sistema (Šumadija, Pomoravlje) koje je ugroženo zbog korišćenja nekvalitetnih lokalnih izvorišta (dovodjenje čiste vode u zone koje su sada ugrožene endemskim ne-

fritisom). Saobraćajni ciljevi – izgradnja puteva koji bi udahnuili život u taj sada potpuno izolovan planinski kraj; ekonomski / razvojni ciljevi – korenit preporod tog veoma pasivnog kraja; ekološki ciljevi – poboljšanje režima malih voda na Studenici i Ibru, zaštita i kultura sliva, u okviru planiranih mera antierozione zaštite, poboljšanje ihtioloških uslova na Studenici i Ibru (vraćanje populacije Lipljana u Studenicu); urbani ciljevi – sanitacija i uređenje seoskih naselja. Bilo je neophodno posebno detaljno razraditi granu kulturoloških ciljeva, jer se moralo predvideti formiranje neformalnih grupa upravo iz kulturološke oblasti koje će se suprotstavljati projektu, ukoliko se ne predvide odgovarajući atraktivni ciljevi upravo u toj oblasti. Tu granu ciljne strukture je trebalo proširiti na način kako je to objašnjeno, uvođenjem novih ciljnih sadržaja (npr. obnova priprate manastira Sopoćani, predaja naselja za graditelje nakon završetka gradnje manastiru na korišćenje, itd). Sa tako definisanom i jasno obrazloženom ciljnom strukturom, koja bi bila obrazložena prema principima prikazanim u tački 4, dobio bi se sasvim drugi ishod – projekat bi bio očekivan sa nestrpljenjem, kao razvojna šansa za taj veoma zapostavljen pasivan kraj Srbije. Drukčiji bi bio i stav Crkve, da su ciljevi revitalizacije sakralnih spomenika naše prošlosti adekvatno obrađeni i na vreme objašnjeni.

3. POSEBNO RELEVANTNI SOCIJALNI PARAMETRI PROJEKATA

Najveću stratešku težinu u projektu ima socijalna grana ciljne strukture. Nivo njene razrade iskazuje ozbiljnost planera da mu projekat bude prihvaćen. Ti ciljevi se ne smeju odnositi samo na otklanjanje socijalnih posledica, već moraju da obuhvate sva socijalna poboljšanja koja se projektom žele ostvariti.

Ključni socijalni fenomeni koji moraju da budu tretirani pri definisanju te grane ciljne strukture su:

- poboljšanje demografske strukture u socijalnim granicama projekta,
- pozitivno (pre)usmeravanje migracionih tokova,
- poboljšanje standarda stanovništva,
- smanjenje nivoa nezaposlenosti, posebno u mlađim radno sposobnim populacijama,
- poboljšanje zdravstvenih uslova života stanovništva,
- povećanje socijalne sigurnosti stanovništva zbog stabilizacije uslova privredivanja,
- poboljšanje socijalnih uslova življenja zbog rešenja u oblasti voda (snabdevanje vodom, povećanje stepena zaštite od poplava, poboljšanje sanitacije naselja),

- poboljšanje socijalne sigurnosti zbog realizacije novih saobraćajnica u okviru razvojnog projekta,
- ostvarenje povoljnijih uslova za obrazovanje i zadovoljenje kulturnih potreba,
- poboljšanje uslova za rekreaciju na uređenim akvatorijama i obalama,
- poboljšanje opšteg zadovoljstva ljudi u socijalnim granicama projekta.

Bitno pitanje je – mogu li se sociološki ciljevi kvantificirati? Odgovor je decidan – da, mogu se kvantificirati. Demografska struktura se kvantificira demografskim pokazateljima (brojem stanovnika po starosnim grupama, polu, itd); migracija pokazateljima migracije; ekonomski i društveni standard pokazateljima dohotka i/ili potrošnje pojedinih dobara po stanovniku; zaposlenost pokazateljima zaposlenosti; zdravstveni nivo pokazateljima broja oboljenja i javnim zdravstvenim standardom (broj lekara na 1 000 stanovnika, pokazatelji stopa oboljenja i smrtnosti, itd.); sanitarni standard merilima kao što su broj stanovnika obuhvaćenih javnim vodovodima i savremenim kanalizacionim sistemima, procentom stanovnika koji imaju kupatilo u kući; socijalna sigurnost se meri utroškom pojedinih vitalnih prehrambenih i drugih dobara, procentom porodica sa potpuno rešenim stambenim pitanjem, prosečnom površinom stana po članu porodice; uslovi za obrazovanje pokazateljima školskog prostora po učeniku, udaljenošću škola od sela, obrazovnom strukturom stanovništva; uslovi za negovanje kulturnih i duhovnih potreba odgovarajućim specifičnim pokazateljima gustine i posećenosti kulturnih institucija; uslovi za rekreaciju pokazateljima površina rekreacionih objekata po stanovniku, površinom akvatorija koje služe za tu svrhu. Čak se i zadovoljstvo ljudi svojim socijalnim statusom kvantifikuje procentom zadovoljnog stanovništva na osnovu objektivnih socioloških anketa. Drugim rečima, svi se pokazatelji obuhvaćeni socijalnim ciljevima mogu kvantifikovati objektivnim merilima, što omogućava verifikaciju tih ciljeva i kontrolu u kojoj su meri oni realizovani u okviru projekta uređenja prostora.

3.1. Socijalne granice projekta

Socijalne granice projekta su ključno pitanje koje se mora razmatrati već tokom izrade ciljne strukture. Te granice su znatno šire od neposrednog područja na kome se projekat realizuje i obuhvataju ukupnu teritoriju na kojoj će se dugoročno osećati relevantni pozitivni i negativni socijalni i ekonom-

ski efekti projekta. Treba ukazati na lošu praksu da se granice projekta tretiraju suženo, svedene često samo na usku zonu realizacije sistema. Kod akumulacija koje služe i za snabdevanje vodom granice projekta su kompletan sliv izvorišta, u kome se obavljaju mere zaštite izvorišta, čitava zona sistema, i konzumno područje u koje se voda dovodi. Ukoliko su akumulacije u ulozi aktivne odbrane od poplava i uređenje vodnih režima, što je čest slučaj kod akumulacionih hidroelektrana, socijalne granice projekta su još šire, jer obuhvataju i čitavu nizvodnu dolinu, u kojoj se osećaju efekti zaštite. Granice projekta velikih hidroelektrana se protežu na čitavo područje EES-a, u kome će se osećati pozitivno delovanje tog postrojenja, što često obuhvata područje cele republike⁶⁾.

U okviru socijalnih granica projekta razlikuju se:

- zona raseljavanja,
- zona neposredno oko zone raseljavanja (zona jakih uticaja objekata sistema),
- zona doseljavanja raseljenih (vrlo bitna za rešenje problema socioloških odnosa na relaciji „starosedoci – doseljeni”),
- zona u kojoj su nesumnjivi i merljivi pozitivni uticaji sistema (područje koje se snabdeva vodom, čitava zona koja se štiti od poplava, zona melioracionih sistema u koju se dovodi voda, itd),
- najšira zona socijalnih uticaja, u kojoj se dešavaju socijalne i ekonomske posledice realizacije ili ne-realizacije razvojnog projekta. Te najšire granice kod velikih projekata, onih koji se stalno fazno dopunjavaju, obuhvataju i zone u kojima se nalaze proizvodni kapaciteti industrija materijala i konstrukcija, onih koje su angažovane na realizaciji projekta, zone iz kojih se radnom snagom popunjavaju izvođačke firme, itd.

3.2. Identifikacija socijalnih grupa

Socijalne grupe su vrlo bitan segment analize. Razlikuju se sledeće socijalne grupe:

- koje nesumnjivo dobijaju projektom;
- koje bi gubile projektom, ukoliko se ne preduzmu mere za neutralisanje negativnih efekata merama predviđenih projektom (prekvalifikacija, preseljenje i obezbeđenje sredstava za porodični posao, itd),
- grupe koje nisu tangirane projektom, ali koje će se na osnovu drugih motiva (npr. staleških) suprotstavljati projektu, formirajući neformalne grupe

6) Deo članka koji sledi - o socijalnim aspektima razvojnih projekata - ne odnosi se samo na hidroelektrane, već i na termoelektrane, koje se sreću sa velikim problemima raseljavanja stanovništva zbog realizacije površinskih kopova.

(videti kasnije), te za koje treba naći valjane projektno odgovore na osnovu ciljne strukture.

3.3. Identifikacija relevantnih procesa

Identifikacija relevantnih procesa u socijalnim granicama projekta:

- utvrđivanje migracionih tokova – zone iseljavanja i doseljavanja, što je bitno za projektna rešenja;
- dinamizam bitnih socijalnih pokazatelja na nivou naselja u zoni raseljavanja, oko te zone i u zoni doseljavanja;
- izrada modela za prognozu socijalnih promena koje će se odvijati na prostoru u okviru socijalnih granica promena. To je bitno za strategiju razvojnog projekta, jer je jedna situacija ukoliko je područje obuhvaćeno projektom već ozbiljno ispražnjeno migracijom – odlaskom radno sposobnog stanovništva, a sasvim druga ukoliko to nije slučaj, ako postoje mlađe populacije, kojima treba ponuditi odgovarajuće razvojne programe, pre svega kao porodične poslove i u tercijalnim delatnostima. Moraju se raditi dva scenarija razvoja socijalnih procesa: (a) ukoliko se realizuje razmatrani razvojni sistem, (b) u slučaju alternative „ne graditi ništa”.

3.4. Prognoza mogućih socijalnih konflikta

Socijalna analiza obavezno mora da se pozabavi prognozom mogućih konflikta u socijalnim granicama projekta, i da za sve te potencialne konflikte nađe rešenja koja ih otklanjaju i/ili ublažavaju. Neki od najčešćih potencijalnih konflikta:

- stanovnici na slivu u zoni planiranih objekata i sistema (koji trpe zbog raznih ograničenja korišćenja prostora) – žitelji u zoni isporuke vode i energije;
- žitelji sa uzvodnog dela sliva – nizvodni žitelji (posebno bitno sa gledišta zagađivanja i zaštite voda);
- stanovnici koji se zbog dislociranja iz zone objekata sistema doseljavaju u neko područje – starosedeoci;
- žitelji iz plavnih zona – žitelji koji nisu ugroženi plavljenjem.

Da bi projekat bio sociološki stabilan, bitno je da se na vreme determinišu svi potencijalno mogući konflikti između socijalnih grupa, i da se za njih nađe valjano rešenje. Jedan od ključnih instrumenata za rešenje tih konflikta je – usmeravanje resursne rente. Voda je dragocen obnovljiv resurs, te onaj ko je koristi za to treba da plati resursnu – vodnu rentu. Ta renta se na određen način već i sada plaća (naknada za korišćenje voda), ali je u pitanju njeno

(pre)usmeravanje. Deo resursne rente treba da bude usmeren upravo prema onima koji trpe određena prostorna ograničenja zbog očuvanja vodnog potencijala, kao vid kompenzacije za to. Pravilno usmeravanje vodne rente je jedini pravi instrument zaštite vode kao resursa, čak i u fazama kada se ona još ne koristi, kada treba samo štititi prostor na kome će se nekad graditi objekti sistema. Bitan je princip: nijedna od socijalnih grupa ne sme da gubi projektom, jer tada projekat sasvim sigurno nije sociološki stabilan i biće onemogućen – bilo direktnim suprotstavljanjem te socijalne grupe, bilo putem formiranja neformalne grupe, u koju će ući i svi ostali oponentni.

3.5. Prevazilaženje konflikta

Uzroci konflikta oko razvojnih projekata su dvojaki: (a) konflikti interesa, (b) konflikti vrednosti i uverenja. Vrlo često se oni i prepliću. Jedini delotvorni način za njihovo prevazilaženje, shodno Socijalnoj psihologiji, jeste – pregovaranja (bargaining). Istraživanja su pokazala [11] da se kroz pregovaranja može da reši sama suština izvora konflikta. Tokom pregovaranja mogući su razni pristupi. Jedan od najefikasnijih pristupa zasniva se na prevazilaženju suprotnosti putem recipročnih ustupaka [10,13]. Drugi način je uvođenje novih ciljeva, čija bi realizacija mirila interese učesnika u konfliktu. Za dogovaranja je potrebno znati neke važne socijalne zakonitosti.

- Određeni oblik ponašanja (kooperacija, kompeticija) jedne strane izaziva isti takav tip ponašanja druge strane. Znači, ako se jedna strana opredelila za kompetitivni način ponašanja tokom pregovora (strategija moći, prisile, obmane, zastrašivanja), izazvaće odgovarajuće kompetitivno ponašanje druge strane. I suprotno, taktika otvorenosti, uvažavanja i razumevanja pobudiće sličan odgovor druge strane i jačaće kooperativni odnos tokom pregovora.
- Ne valja započinjati pregovore sa pozicije snage, čak i kada se poseduje socijalna moć. To će stvoriti odbojnost druge strane, otežati pa i onemogućiti dogovaranja. Agresivnost, bezobzirnost, želja za dominacijom, autoritarnost – sve su to osobine koje otežavaju, često i onemogućavaju pregovaranja.
- Najjače dejstvo imaju valjani argumenti koji se iznose odmah na samom početku pregovora (formiraju određeni stav), ili se pak ostavljaju za sam kraj. Zato ključne argumente treba mudro rasporediti: jedne upotrebiti na početku, radi formiranja određenog stava i stvaranja duha saradnje, druge ostaviti za kraj, kada imaju karakter presudnih či-

njenica. Time se, uz izvesne ustupke koji se pritom učine, drugoj strani pruža mogućnost da svoje ustupke ne tretira kao poraz.

- Iznošenje i slabosti vlastite pozicije (one koja je poznata drugoj strani) daje veću uverljivost drugim argumentima koji se u tom kontekstu saopštavaju i jača atmosferu poverenja i kooperativnosti.
- Za pregovore sa socijalnim grupama kojima treba rešiti neke važne egzistencijalne probleme u okviru projekta (raseljavanje, zamenu vrednosti, itd) posebno je važno znati:
- ne sme se ići na ucenu; treba ponuditi odmah realne kompenzacije i druge atraktivne ciljeve koji će ih učiniti zainteresovanim za realizaciju projekta; nuđenje malih naknada i kompenzacija stvorice blok otpora, koji se kasnije teško može savladati i sa znatno većom ponudom;
- ako se pregovara sa predstavnicima grupa, treba predhodno utvrditi ko su u njoj stvarni lideri, te pregovarati sa njima, a ne sa formalnim predstavnicima, ukoliko oni nemaju stvarnu socijalnu moć u grupi.

3.6. Rešavanje zbrinjavanja stanovništva – test kompetentnosti planera

Razvojni projekti sa velikim akumulacijama često zahtevaju raseljavanje većih grupa žitelja na slivu, pa i čitavih naselja. To je sociološki jedan od najdelikatnijih poslova, kome treba prići sa najvećom studioznošću. Često uspeh čitavog projekta, čak i ako je energetski i ekonomski najatraktivniji, zavisi isključivo od kvaliteta rešenja problema preseljavanja stanovništva.

Sa stanovišta migracije stanovništva u zoni sistema razlikuju se četiri sociološke grupe: <1> žitelji koji se moraju preseliti iz zone potapanja; <2> stanovnici područja koji će se naći u ulozi domaćina tu doseljenog stanovništva; <3> imigranti koji se u zonu omeđenu socijalnim granicama građenog sistema doseljavaju u potrazi za poslom, sledeći ubrzanije aktiviranje prirodnih i ekonomskih potencijala tog područja; <4> prolaznici, koji na područje sistema dolaze kao turisti, ili prolaze novim putevima sagrađenim u okviru integralnog razvoja sliva, itd. Sa gledišta socijalnih planiranja za potrebe projekta, posebno su važna prva i druga grupa. Za njih treba imati u vidu sledeće sociološke zakonitosti.

(A) Zakonitosti ponašanja grupa stanovništva koja mora da se iseli iz zone gradnje objekata sistema.

- Raseljavanje ljudi doživljavaju kao veliku traumu koja dovodi do stresova. U tim ljudima raste otpor, koji se, ukoliko se blagovremeno ne nađu za njih

prihvatljiva rešenja, može da pretvori u vrlo snažnu i organizovanu oponenciju projektu, koja može da onemogući i najatraktivnije sisteme.

- Planer ne sme dozvoliti da se u ljudima koje treba iseliti javi i jača osećanje da su njihovi vlastiti interesi ravnodušno žrtvovani zbog interesa drugih, bogatijih ljudi iz razvijenijih sredina. Ukoliko i ti ljudi ne nađu u projektu i svoj vlastiti životni interes, sve kasnije akcije doživljavajuće kao svojevrsne socijalne pritiske, što će sve više uvećavati njihovo protivljenje realizaciji tog sistema.
- Ljudi koje treba raseliti imaju kooperativan stav u odnosu na integralni projekat samo ukoliko im se odgovarajućim razvojnim projektima obezbedi bolja ekonomska i socijalna perspektiva od one koju bi imali da se taj integralni sistem ne realizuje. To se može uspešno ostvariti ukoliko se određena sredstva, namenjena podsticaju razvoja manje razvijenih delova zemlje, usmere upravo u razvoj onih područja gde će se naseljavati stanovništvo iseljeno iz zona potapanja.
- Pri planiranju načina raseljavanja treba uzeti u obzir sve relevantne socijalne činjenice: zanimanje, mogućnost prekvalifikacije, starosnu i polnu strukturu, stepen srodstva ljudi, susedske odnose, konfesionalnu pripadnost, ekonomski položaj domaćinstava, dotadašnji društveni standard, itd. U tom domenu nema nebitnih pitanja. Projekat može da propadne samo zbog nespretno odabrane lokacije sa gledišta konfesionalne pripadnosti raseljenih i domaćina, zbog zanemarivanja dotadašnjeg društvenog standarda u naselju koje se raseljava, itd. Ukoliko se iseljavanjem obuhvataju čitava naselja ili veći njihovi delovi, poželjno je sociološkim istraživanjima utvrditi stepen međusobne povezanosti i navika takvih zajednica, pa u skladu sa tim ići na plansku gradnju novih naselja, u kojima će se zadržati svi željeni susedski i drugi odnosi, kako bi trauma zbog napuštanja starih domova bila što manja. Jasno je da i komunalni standard tih novih naselja mora da bude bolji od onog koji su ti ljudi imali do tada, uključiv tu i izgradnju svih onih objekata na koje su žitelji navikli (religijski objekti, mesta sastajanja i druženja – dom kulture, kafane, itd). Delikatna dužnost je preseljavanje i grobalja i sakralnih objekata.
- Vrlo su bitni – blagovremenost i pravičnost – bez taktiziranja i pogađanja (videti o Teoriji stavova u narednoj tački). Žiteljima koji se raseljavaju treba odmah ponuditi dovoljno privlačne ekonomske programe kao kompenzaciju. Investitori greše kada žiteljima koje žele da rasele ponude malo, u nameri da kroz pogađanje prođu jeftinije. Sociološki – to je pogrešan pristup. Nehuman, potcenjivački pristup u prvim kontaktima dovešće do formiranja

- odbojnog stava žitelja koji treba da se isele, koji se kasnije ne menja ni sve atraktivnijim ponudama. Kada se takav odbojan stav konsoliduje i organizuje, dovešće do obaranja projekta, što se vrlo često događalo. I to sve zbog investitora koji ne shvata sociološke zakonitosti formiranja stava ljudi, kao i kasniju veliku postojanost tih stavova.
- Što ranije započeti pripreme za raseljavanje – to bolje. Odmah celovito i za stanovnike prihvatljivo rešiti problem raseljavanja, uz odgovarajuće razvojne programe kao kompenzaciju i za njih i za njihove domaćine na području doseljavanja. Započeti što pre programe prekvalifikacije i obučavanja. Otvoriti se za sve korisne inicijative koje dolaze od žitelja, stvarajući duh saradnje i potpomažući sve procese njihove konstruktivne samoorganizacije na novim lokacijama življenja.
 - Krupni socijalni događaji dovode do uočljivih promena na planu socijalne moći. Često ti događaji dovode do radikalnog smanjivanja uticaja i autoriteta lokalnih vlasti i do pojave stvarnih lidera i autoriteta koje narod poštuje i sledi. Treba pratiti takve procese pomeranja težišta socijalne moći i na vreme uspostaviti kooperativne odnose sa onim ljudima čije mišljenje ima veliku težinu pri zauzimanju stavova o projektu i načinima rešavanja problema raseljavanja. Njima detaljno obrazložiti planove preseljavanja i podstaći ih na aktivnu saradnju, uvažavajući njihove sugestije.
 - Pažljivo odabrati vreme raseljavanja. Kod sistema koji se dugo grade to može da bude i postupan proces, uz maksimalno uvažavanje želja žitelja. Zemljoradnicima svakako ostaviti mogućnost da obave žetvu, čak i ako je to zemljište već isplaćeno. Ništa tako ne iritira zemljoradnike kao nepotrebno uništavanje nedozrele letine. Ulazak mašina u neobrane njive rečito svedoči da je investitor vrlo trapavo obavio svoj zadatak.
 - Dosta je rasprostranjeno loše pravilo da investitor isplati zemljište i imovinu porodicama koje se raseljavaju, skidajući sa sebe svaku dalju obavezu za njihovu egzistenciju. Dugoročno gledano to je loš pristup. Pokazalo se, na objektima koji su izvedeni takvim načinom obeštećenja raseljenih, da na taj način bogatije porodice obično prođu zadovoljavajuće, jer znaju da brzo i pametno investiraju, dok siromašni prođu vrlo loše. Novac koji dobiju

najpre im se učini golemim, ali ga ne investiraju brzo i mudro, te ubrzo postanu socijalni slučajevi, jer su ostali bez ikakve imovine i zanimanja. Pri sledećim projektima upravo će takvi loši primeri imati neuporedivo veću težinu pri formiranju stava ljudi u odnosu na raseljavanje⁷⁾. U zemljama koje masovno grade akumulacije, investitor pravi i realizuje veoma detaljne socijalne programe, čiji je cilj da se za svaku konkretnu porodicu iznađu sasvim prihvatljiva socijalna i ekonomska rešenja (porodični posao, prekvalifikacija i promena zanimanja), kako se ne bi desilo da nakon iseljavanja i potrošenog novca ostanu nezbrinuti⁸⁾.

- Investitor koji je „dobro prošao” na jednom sistemu, raseljavajući ljude površno, uz nepravičnu i zakasnelu nadoknadu, naneo je neprocenjivu štetu sistemima koji će se kasnije graditi, jer će se odmah nakon takvog slučaja formirati čvrst odbojni stav prema svim sličnim projektima.

(B) Zakonitosti ponašanja grupa stanovnika koja će se naći u ulozu domaćina raseljenom stanovništvu.

- Naseljavanje na nekom području veće skupine ljudi sa strane stvara, po pravilu, rezervisan, pa i odbojan stav starijih stanovnika. To je posledica određenih socijalnih i ekonomskih zakonitosti koje prate takve procese: rastu cene nekih proizvoda što ne odgovara nekim grupama starijih stanovnika, javljaju se podele pri izboru lokalnih vlasti, različiti su običaji, navike, nekada dolazi i do narušavanja ravnoteže u polnoj strukturi, itd. U seoskim sredinama mogu da se jave oštri sukobi zbog zemlje: zemlju na koju su računali neki meštani kupuju ljudi sa strane, koji imaju više novca; na opštinske pašnjake ulazi stoka „dodoša”, itd. Zbog toga se mora posvetiti velika pažnja odnosima između domaćina i pridošlica.
- Pravi način da se prevaziđu konflikti između starijih stanovnika i pridošlica leži u razvojnim projektima koji donose boljitak i jednima i drugima. Kooperativan stav domaćina se može ostvariti samo ukoliko i oni nađu svoj vrlo jasno iskazan interes u toj akciji raseljavanja, koja donosi njihovom kraju nove razvojne i ekonomske mogućnosti.
- Posebnu pažnju treba posvetiti uređenju i urbanizaciji naselja u koja se doseljavaju pridošlice, da

7) I sada se priča o lošim primerima reseljavanja još od pre pet decenija, iz vremena objekata „Prve petoljetke”, kada su skromnim nadoknadama „na ruke” uklonjeni ljudi iz njihovih domova i stvorene mnoge socijalno razorene porodice, bez zanimanja i stabilnih izvora prihoda. Ti rdavi primeri svete nam se i sada, jer loše primere ljudi pamte - veoma postojano.

8) Obilazeći nova naselja u Španiji, u kojima su smešteni žitelji područja koja se potapaju, autor se uverio koliko je savesno i studiozno taj posao obavljan. Nakon detaljnih anketa (vodilo se računa ko želi sa kim da bude sused u novim naseljima!) ljudima je omogućeno da u okviru projekta raseljavanja pokrenu porodične poslove, pre svega u zanatskoj radinosti, tercijalnim delatnostima i malim porodičnim preduzećima. Zahvaljujući takvom pristupu ljudi su nestrpljivo iščekivali da projekat bude realizovan, jer su njime ostvarivali lični boljitak. Upravo zahvaljujući takvoj mudroj politici Španija je bez većih socijalnih tenzija sagradila oko 1300 brana koje spadaju u kategoriju „visokih brana”.

to ne bi bio izvor konflikata. Investitor ne sme da dopusti da zbog doseljavanja bude smanjen nivo društvenog i komunalnog standarda koji su već imali strosedeoci (opterećenje školskog prostora, nivo zdravstvenih usluga, opskrbljenost prodavnicama, itd). Pri dogradnji postojećih naselja za pridošlice, mora se izgraditi i sva prateća nova komunalna infrastruktura koja će ne samo održati, već i poboljšati već dostignut društveni standard i nivo komunalnih usluga tog naselja. U protivnom, to će biti izvor stalnih konflikata starosjedelaca i pridošlica.

- Zapošljavanje u novim objektima mora da bude smišljeno dozirano radnom snagom iz obe socijalne grupe – pridošlica i starosjedelaca. Favorizovanje pridošlica biće uzročnik stalnih socijalnih konflikata, koji će život u tom prostoru učiniti nesnošljivim. Treba voditi računa i o starosnoj dobi i polu nezaposlenih, te razvojne programe planirati u skladu sa tim (sklad između „muških” i „ženskih” preduzeća, kako bi se stvorile šanse za brak i zadržavanje na tom prostoru mlađeg stanovništva).
- Objektima u sferi kulture, sporta, razonode i druženja i promišljenim akcijama na tom planu, treba podsticati što lagodnije komuniciranje između starosjedelaca i pridošlica, kako bi se premostio jaz koji postoji između tih grupa. Dobar investitor će donacijama sportskim klubovima, izgradnjom lokalnih igrališta i drugim sličnim potezima pomoći proces integracije tih dveju socijalnih grupa.

4. VAŽNOST VALJANE PREZENTACIJE PROJEKATA

Investitori i inženjeri – planeri integralnih razvojnih projekata – do sada su pravili velike greške upravo zato što nisu shvatali jednu vrlo važnu društvenu činjenicu. Njihov posao nije da samo dođu do najpovoljnijeg rešenja i razrade ga da bude stabilno po svim neophodnim vidovima stabilnosti (hidrološka, hidraulička, geotehnička, konstrukcijska, ekonomska, ekološka i sociološka stabilnost projekta), već je njihov veoma važan posao, koji niko drugi ne može obaviti – da projekat jasno, sažeto i vizuelno pregledno pripreme za prezentaciju javnosti. I da tokom prezentacije projekta donosiocima odluka i javnosti primene ključne zakonitosti socijalne psihologije. Ovde će se navesti samo neke od najvažnijih zakonitosti, u vidu postulata, koje se moraju imati u vidu pri prezentiranju projekata.

4.1. Prvi izadi sa činjenicama o projektu

Taj postulat proističe iz Teorije stavova. U prirodi čoveka je da o svakom pitanju želi da ima stav

[12,13]. Na formiranje stava odlučujuće utiču prve informacije i način njihove prezentacije. Prva informacija o nekom pitanju formira impresiju kao „smer mišljenja”, druga, ako je u saglasnosti sa prvom produbi taj smer mišljenja, a treća, ako je u saglasnosti sa prve dve učini da ta ličnost zauzme – stav. Sve činjenice koje se kasnije saznaju – nakon formiranja stava – prilagođavaju se tom stavu, te kao takve gotovo da nisu ni bitne. Zato, pri delovanju na javnost zaista doslovno važi načelo „prvi saopšti činjenice”, „prvi izadi u javnost”. Taj postulat, proveren mnogim opitima „in vivo”, često se ne shvata. Planeri ne koriste prednost „vučenja prvog poteza”. U slučaju VHS „Studenica” bilo je nužno da planer prvi izade u javnost sa stvarnim činjenicama: da u Šumadiji i Pomoravlju hara endemski nefritis zbog korišćenja nekvalitetne vode, da lokalna izvorišta više ne zadovoljavaju potrebe, te da se rešenje može naći samo u integralnom projektu koji bi rešio brojne socijalne, razvojne i druge probleme na širem potezu Srbije – od veoma pasivne zone Starovlaških planina, pa sve do Šumadije. Umesto toga, mi smo sačekali da prve (dez)informacije, vrlo bitne za formiranje stava javnosti, dođu iz grupe osoba lično zainteresovanih da se zaustavi projekat. Njihove prve informacije su bile perfidno izvitoperene, lažne („Brana na rubu manastirske porte”, „Kiperi će tutnjati kroz dvorište manastira”, apokaliptičke slike o podzemnim vodama koje uništavaju crkve, promeni mikroklimе koja će uništiti freske, itd). Te dezinformacije su učinile da javnost zauzme odbojan stav, tako da su se sve kasnije analitičke činjenice – rezultati matematičkih i fizičkih modela i studija – tretirale sa podozrenjem. Već formiran stav ljudi je vrlo tvrdokorna kategorija, jer se od njega „odbijaju” naknadno pristigle informacije.

Potpuno ista se ista stvar desila i sa „Sistemom Gornje Drine”. Umesto da mi prvi krenemo sa informacijama da u taj veoma pasivan kraj, ugrožen procesima depopulacije i ekonomskog beznada treba uneti jedan veliki razvojni projekat, koji će doneti radikalno ekonomski i socijalni preokret i boljitak, mi smo pasivno sačekali da se prvi oglasi lobi koji je vrlo smišljeno prvi krenuo sa dezinformacijama. Postoje pouzdane informacije da su neki od učesnika prvog mitinga kod Šćepan Polja, koji je imao zadatak da detonira „medijsku kapislu”, dobili novčanu naknadu za svoje prisustvo, jer je bilo bitno da se sa što više medijske pompe sruši „prva domina” koja će izazvati poznati „domino efekat” – koji je zaista ubrzo usledio. Usledio je zahvaljujući našem naivnom i pogrešnom uverenju da trenutno najbolji razvojni projekat u Evropi – ne može biti sporan.

Slična je stvar i sa drugim razvojnim projektima koji su postali „slučajevi” prevashodno zbog nepoi-

manja ovog veoma važnog sociološkog postulata da investitor i planer moraju prvi da krenu u visoko profesionalno pripremljenu akciju prezentacije projekta.

4.2. Edukacija o realnoj situaciji u oblasti vode i energije

Jedan od glavnih uzročnika nesporazuma na relaciji „javnost – razvojni projekti” leži u zabrinjavajućoj neobaveštenosti najvećeg dela javnosti o sve težoj situaciji u domenu vode i energije i o rešenjima koja se moraju realizovati kako bi se izbegla ozbiljna kriza u obezbeđivanju tih za ljude najvitalnijih resursa. Kod ljudi koji se ne bave poslom planiranja u oblasti energije i vode stvorena je pogrešna i opasna iluzija da smo bogati energetske i vodnim i resursima, koje samo treba aktivirati, te da se lako mogu naći alternative za objekte na koje se stavlja embargo. Upravo taj slogan: „Nadite drugo rešenje”, koji se čuje kada se grupe intelektualaca suprotstavljaju pojedinim sistemima, rečito govori o toj iluziji o energetske i vodnom bogatstvu koje omogućava mnoge opcije. Međutim, planeri ne smeju da krivicu za to prebacuju na druge. Zagledani u svoje planove i proračune i komunicirajući uglavnom međusobno, planeri su zaboravili da je njihov zadatak dvojak: (1) da utvrde dugoročne perspektive razvoja i da nađu rešenja kojima se obezbeđuje kontinuitet u podmirivanju potreba za energijom i vodom u budućnosti; (2) da sa tim sumornim perspektivama upoznaju narod, pripremajući ga da shvati da se snabdevanje tim najdragocenijim resursima u budućnosti može ostvariti samo složenim, skupim i sa gledišta životne sredine ne uvek bezbolnim rešenjima. Valja priznati da je do sada uspešno rešavan samo prvi zadatak, dok je drugi bio potpuno zanemaren, zbog čega je javnost, čak i ona najobrazovanija (netehnička inteligencija, novinari) potpuno neobaveštena o pravom stanju stvari u domenu energije i vode, što je jedan od osnovnih uzročnika oštre opopencije prema planiranim razvojnim projektima.

4.3. Delovanje javnog mnjenja

Nijedan graditeljski poduhvat na svetu nije sam po sebi dobar i loš, već to postaje tek kada se spoji sa ljudskim interesima. Treba imati u vidu tu činjenicu, da će odnos ljudi prema razvojnim projektima zavisiti od toga u kojoj meri im se na vreme, jasno i plastično objasni projekat sa stanovišta ljudskih potreba – materijalnih i spiritualnih. Važno je podsetiti i na veoma bitnu istinu: nije dovoljno činiti dobro, potrebno je da i oni za koje se to čini budu u to uvereni! A možemo ih uveriti samo umešnim komuni-

ranjem, vodeći računa o zakonitostima pri formiranju javnog mnjenja.

Ma da poseduje izvesnu vlastitu otpornost na spoljne uticaje, pre svega zbog delovanja konvencionalnih načina mišljenja, javno mnjenje se ne svodi na rezultantu individualnih mišljenja, niti na mišljenje većine u pogledu nekog događaja, te se na njega dobro organizovanom akcijom može vrlo efikasno uticati. Bitno je znati da „javno mnjenje ima osobinu da se širi kao mrlja ulja” [14], da reaguje po principu „domino efekta”, zbog čega i jeste izuzetno važno ko prvi počinje da na njega deluje organizovanim prezentiranjem informacija.

U javnom mnjenju razlikuju se trajnija mišljenja i mišljenja koja se tek formiraju. Mora se znati da mišljenja o razvojnim projektima spadaju u ovu drugu kategoriju: prednost ima onaj informator koji smislenije i brže nastupi sa informacijama – u nastojanju da on utiče na formiranje javnog mnjenja. Što je čovek o nekom problemu manje obavešten, utoliko mu je mišljenje o tome manje postojano, to je podložniji da potpadne pod uticaj stavova koji mu se po određenim propagandnim zakonitostima prvi serviraju. Događanja u vezi sa velikim razvojnim projektima koji su dovedeni u pitanje odigravala su se po šemi koja je vrlo poznata u Socijalnoj psihologiji [13,15]: dovoljno je organizovanim nastupom manje neformalne grupe formirati izvesnu „kritičnu masu” negativnih ocena nekih projekata, o kojima javnost ništa ne zna, nakon čega će nastupiti lančana reakcija, koja se može vešto kanalisati poznavanjem određenih zakonitosti delovanja na javno mnjenje. Valja znati: javno mnjenje deluje kao filter koji propušta samo one elemente koji odgovaraju već postojećem raspoloženju [14]. Zato treba na vreme stvarati u javnosti blagonaklono raspoloženje za razvojne projekte, isključivo dobro argumentovanim i pravovremeno saopštenim informacijama, čime se formiraju stavovi ljudi o značaju i neophodnosti gradnja njima neophodnih objekata. Treba znati zakonitosti bitne za delovanje na javno mnjenje.

– Stavovi ljudi imaju spoznajnu, emocionalnu i voljnu komponentu. Informacije treba tako plasirati da deluju na sve tri komponente: spoznajnu – predočavanjem jasno formulisanih činjenica, emocionalnu – delovanjem na emocije ljudi (opponenti razvojnih projekata, pošto nemaju argumente, deluju prevashodno na tu komponentu, što se vidi i u sloganu lansiranom iz neke marketinške agencije o „Tari i bari”) i voljnu – mobilizatorskim delovanjem na volju (ljudi iz pasivnih krajeva žele da se uključe u projekte koji ih izvode na put razvoja). Greška je ako se na profesionalno vešto delovanje na emotivnu komponentu ljudi odgovara sa gomilom cifara i nejasnim stručnim žargonom, što produbljuje stere-

otip o inženjerima kao suvoparnim ljudima koji ne vode računa o ekološkom i kulturološkom okruženju. Delovanje i na emocionalnu komponentu je važno kada se susrećemo sa predrasudama, koje po Socijalnoj psihologiji predstavljaju stav koji nije zasnovan na činjenicama [11], već je prevashodno formiran delovanjem na emocionalnu komponentu. Predrasude se mogu postupno razbijati samo na sličan način kako je do njih i došlo – delovanjem na emocije, ali sa suprotnim usmerenjem.

- Pristrasna filtracija informacija. Da bi smanjio vrednost informacija koje su u suprotnosti sa njegovim već zauzetim stavom, čovek nesvesno uključuje zaštitne mehanizme pristrasne filtracije činjenica koje mu se predočavaju. To delovanje nije vremenski neograničeno, tako da ljudi čak i sa jakim filtrima pristrasne filtracije menjaju stav pod navalom dobro plasiranih novih informacija i delovanjem i na emocionalnu komponentu. Zaključak je jasan: (a) pravovremenim delovanjem ti formiraj stav o projektu umesto da ga kasnije menjaš; (b) ako je stav već formiran, možeš ga promeniti samo profesionalno plasiranim informacijama koje utiču na sve tri komponente stava.
- Treba računati sa zakonitostima izobličavanja smisla činjenica. Kada su u pitanju socijalni i ekonomski interesi – izvrtanje smisla je uvek u smeru koji najviše odgovara zaštiti tih interesa. Štete koje ljudi imaju od neke gradnje biće preuveličavane, koristi, ako ih treba platiti, biće umanjivane.
- Socijalne grupe (formalne i neformalne) menjaće smisao informacija na način koji odgovara interesima grupe, koji jača poziciju i ugled njihove grupe.
- Izobličavanje činjenica je spontan proces – ne tretira se kao obmana! Neutralizacija efekata izobličavanja činjenica može se ostvariti samo blagovremenom i svima razumljivom argumentacijom.

4.4. Pojava i delovanje neformalnih grupa

Svi veliki projekti su praćeni formiranjem neformalnih grupa (NFG) koje im se suprotstavljaju. U Socijalnoj psihologiji (SP) postoji podrobno razrađena teorija NFG [13,15], pri čemu je za realizatore projekata bitno da znaju sledeće:

- NFG mogu da nastanu i spontano, ali se najčešće generišu formiranjem kritične mase početnog jav-

nog delovanja, koga detonira – **klika**. Prema SP klika je neka manja NFG čije lične interese ugrožava projekat, zbog čega ona koristi NFG da bi ga onemogućila.

- NFG se najčešće okuplja oko različitih kratkoročnih interesa. Nema formalnog vođu, ali se brzo nameću privremeni lideri. Članovi NFG nisu ni svesni da su uloge podeljene bez ikakvog dogovora. Pošto se okuplja zbog kratkoročnih interesa, u njoj se, po pravilu, nalaze predstavnici sasvim različitih interesnih grupa. Tako su se u svim do sada formiranim NFG koje su se formirale protiv građenja hidroelektrana (kod nas i u svetu) nalazili i predstavnici „zelenih”, ali i nuklearni i termo lobi. Šema delovanja je ista: ekološkim pokretima se poverava da budu udarna pesnica NFG, dok lobisti akciju finansijski pomažu iz senke. Nakon ostvarenja cilja – zaustavljanja projekta, NFG se raspada. Planer mora da predvidi pojavu NFG i da blagovremeno u ciljnoj strukturi nađe ciljeve koje će im suziti manevarski prostor za delovanje⁹⁾.

4.5. Izbegli „halo efekat” pri oceni projekta

Važan efekat po kome se na osnovu loše ocene samo jednog segmenta koji je u projektu loše obrađen, takav loš sud prenosi na ceo projekat. Zato, u integralnom projektu ne postoje važni i manje važni segmenti, a još manje segmenti koje smemo zane-mariti u fazi planiranja. Ukoliko loše uradimo ekološki deo, ili sociološki deo projekta raseljavanja i zbrinjavanja stanovništva, možemo biti sigurni da će se po zakonitostima „halo efekta” taj negativni sud preneti na ceo projekat, bez obzira na njegovu perfekciju. Znači, sve delove projekta treba obraditi valjano!

4.6. Računati sa selektivnom percepcijom ljudi

Ljudi najpre i najbolje zapažaju ono što žele da vide, ono što ih posebno interesuje, što je u njihovom najbližem okruženju. Zato izlaganje prilagoditi tome, zadržavajući se i na detaljima koji su bliski ljudima koji vas slušaju. To je jedan od najdelikatnijih momenata sa gledišta „halo efekta”, jer potcenjivanje neke lokalne naizgled sitne vrednosti može imati veoma negativan efekat¹⁰⁾.

9) U projektu VHS „Studentica”, u kome oponenti zaista nisu u rukama imali ni jedan argument „protiv”, te su forsirali isključivo emocionalnu komponentu, rezultat bi, najverovatnije, bio sasvim drukčiji da su u ciljnu strukturu uneli odgovarajući kulturološki ciljevi, koji bi bili atraktivni upravo za oponente koji su se kasnije našli u NFG koja se suprotstavljala sistemu. U to vreme je priprata manastira „Sopčani” bila bez krova, i za takav veliki projekat bi bila sitnica da njegovu obnovu unese u svoju ciljnu strukturu, isto kao što je moglo da bude u ciljeve uvršteno i to da će se graditeljsko naselje nakon završetka građenja obnoviti i predati manastiru na trajno korišćenje. To bi podrazumevalo i da se sa crkvenim vlastima unapred utvrdi lokacija tog naselja, u skladu sa njegovim kasnijim funkcijama.

10) Jedan veoma važan projekat je dospelo u veliku krizu zbog jednog - drveta. Samouvereni i dosta osion projektant je liniju regulacije reke nizvodno od brane vukao kako ga je vodio krivuljar, te je pod udar trase regulacije došlo i drvo – „zapis” na obali, koje je selo decenijama tretira-

4.7. Pravo vreme za prikaz projekta

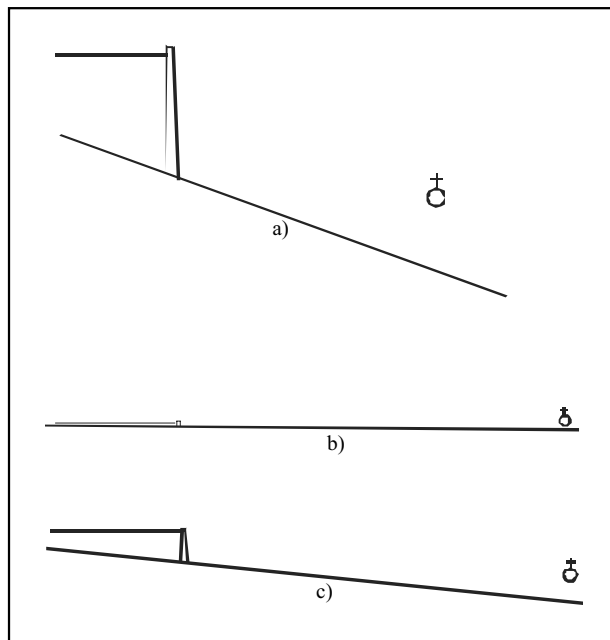
Već je istaknuta prednost vučenja prvog poteza u informisanju o projektu. Zato je pravo vreme – onda kada Investitor dobro pripremljen **prvi** krene da prikaže projekat. Najava razvojnog projekta je posebno delotvorna ako se odvija u vreme nekih nepodmirenih ljudskih potreba, kada je percepcija ljudi posebno usmerena ka informacijama koje im pružaju nadu. Energetski ciljevi će najbolje biti shvaćeni u vreme energetske krize, o potrebi realizacije regionalnih vodovoda informator će biti najpažljivije saslušan u vreme redukcija vode, učinke akumulacija na ublažavanje povodnja ljudi će najbolje prihvatiti nakon poplava, ulogu sistema u zaštiti ekosistema objašnjavati pozivajući se na krizne periode kada su reke doživljavale ekološku agoniju zbog sinergetskog¹¹⁾ delovanja malih protoka, visokih temperature vode i malog sadržaja kiseonika, ukazujući na prednosti poboljšanja vodnih režima ispuštanjem vode iz čeonih akumulacija.

4.8. Prezentacija projekta – posebno umeće

Prezentacija integralnih projekata je posebno umeće, koje ne leži svima. Velika graška se čini kada se prezentacija projekta poverava formalno najvišem po rangu u obrađivačkom timu, te ta dužnost često zapadne sposobnim inženjerima, koji nisu vični tom veoma delikatnom poslu. Prikaz projekta, naročito u njegovim početnim fazama (setimo se zakonitosti Teorije stavova!) zahteva posebno brižljive pripreme, i ima neke važne metodске zakonitosti.

- Odabrati pravilan redosled prezentacije. Treba krenuti sa sažetom, udarnim atributima projekta („Predstavljamo vam integralni projekat koji mnoštvom razvojnih ciljeva treba da donese prosperitet do sada zaostalom području ...”), a zatim se sažeto i pregledno iznose ključni ciljevi iz ciljne strukture i ključne performanse projekta, prema redosledu iz ciljne strukture.¹²⁾
- Informacije treba sažimati tako da deluju udarno, ubedljivo, sa jasnom vizuelizacijom i za manje obaveštene. Na tom planu se često prave velike greške. Primer je kada neinventivni i prilenj obra-

divač iz projekta izvadi tabele od po stotinak cifara i prikazuje ih nekoliko sekundi, sa napomenom da su tu prikazane potrebe za energijom ili vodom. To kod slušalaca izaziva najpre dosadu, koja brzo prerasta u nervozu i animozitet i prema prikazivaču, ali, i prema celom razmatranom projektu.



Slika 2. Poprečni profil VHS „Studenića” u zoni brane i istoimenog manastira. (a) vrlo karikirana razmera, (b) bez karikiranja, (c) srednje rešenje. Zapaziti nepovoljan efekat karikiranja! Rastojanje od manastira od brane je 9,75 km.

- Pri grafičkim prikazima voditi računa o „dvoseklom maču” pri karikiranju razmera. Može se desiti da karikirana razmera kod neobaveštenih stvori pogrešan utisak u odnosu na stvarno stanje. Na slici 2 se prikazuje takav primer za VHS „Studenića”. Projektant je u prvim izlaganjima vrlo nepromišljeno prikazao sistem u jako karikiranoj razmeri – sabijene dužine, razvučene visine (slika a), čime je veoma uzбудio neupućene (autor je bio na tom skupu u SANU), jer je u takvoj razmeri izgledalo da se brana nestvarno nadnosi nad manastirrom.

lo kao sveto drvo, zaštitivši ga i ogradom da ga ne bi „skrnavila” stoka. Projektant je sve to bagatelisao (čak je meštane „poučavao” da ne zakeraju „zbog jednog drveta”), umesto da se munjevito izvini, zahvali se na tome što su ga upozorili na njegov veliki previd i odmah obeća da će greška biti ispravljena, tim pre što nije bilo zaista nikakvog razloga da se insistira baš na takvoj trasi regulacije. A drvo je i bez toga bilo zaista unikalno, te je zahtevalo i ekološku zaštitu. Ta osionost i tvrdoglavost je izazvala „halo efekat” koji je ozbiljno ugrozio ceo projekat.

11) Združeno delovanje više uticaja, kojim se značajno povećava efekat tog delovanja u odnosu na sumu pojedinačnih uticaja.

12) Postoji loša praksa da se u komuniciranju sa javnošću primenjuje isti pristup kao kada se projekti izlažu pred stručnim savetima. Krene se sa monotonim izlaganjima o podlogama (hidrološkim, hidrogeološkim, geotehničkim, ...) uz uobičajeno samosažaljevanje obrađivača tih delova zbog oskudnih podataka. Na stručnom savetu se to još i može razumeti, jer tim žalopojkama obrađivači svojim šefovima i ostalom staležu žele da pokažu koliko su se mnogo trudili, pa su i pored svih teškoća nekako obavili posao. Međutim, takav isti pristup pri javnoj prezentaciji - da najpre pričamo o podlogama, vajkajući se zbog nepotunosti polaznih podataka, pa da tek nakon toga krenemo sa prikazom sistema - pogibeljan je sa stanovišta Teorije stavova na sticanje utiska javnosti o valjanosti projekta. Takav pristup stvoriće odbojan stav prema projektu.

- Obraćanje javnosti uvek ima dve komponente: *informacionu*, kojom saopštavamo željene informacije – one kojima želimo da utičemo na formiranje stava, *komunikacionu*, kojom se održava pažnja slušaoca. Vešt prezentator stalno prepliće te dve komponente, oprezno dozirajući obim novih informacija. Jedno je sigurno: prikazivač projekta koji je svoje slušaocima zasuo bujicom cifara, govoreći u nerazumljivom esnafskom žargonu – stvoriće potpuno suprotan, odbojan efekat.
- Prezentacija projekta se ne sme ponavljati na isti način, već se mora prilagođavati sistemu vrednosti auditorijuma. Zemljoradnicima ne treba pričati o procentima ekonomskog rasta, MW snage, već o tome koliko ih taj sistem štiti od poplava, ili još bolje, kako se zamišlja otkup njegovih proizvoda (ukoliko ste pokrenuli pitanje povećanja prinosa u melioracionom sistemu budite sigurni da će vas upravo to pitati – sa velikim pravom), zdravstvene radnike podsetiti na hidične epidemije koje se otklanjaju projektom, a ribolovcima znalački objasniti sažetke ihtološkog elaborata o upravljanju vodnim režimima u cilju poboljšanja kvaliteta ribljih staništa u akvatorijama.

4.9. Ne zadržavati se u pasivnoj odbrani

Jedna od velikih slabosti jeste – pasivno ćutanje čak i u situaciji kada je osporavanje projekta tek započelo. Jedno od načela SP je veoma jasno: na akciju oponenta moraš što pre odgovoriti sa daleko više argumenata, delujući na sve tri već navedene komponente – spoznajnu, emocionalnu i voljnu. Ako se na osporavanja projekta ne odgovori brzo i sa ubeđljivim argumentima, stiće se utisak o nesigurnosti planera. Zato za projekte integralnih sistema u Projektom zadatku treba zahtevati i profesionalnu pripremu za njegov prikaz donosiocima odluke i medijsku prezentaciju. Pritom se treba čuvati nerazumljivih, tehnokratski obrazloženih rešenja! Mnogo greše planeri koji se u želji da zvuče „naučnije” koriste ljudima nejasnu esnafsku terminologiju. Takav pristup odmah otvara „pukotinu poverenja” („credibility gap”), koja se postepeno širi i izaziva sasvim suprotan efekat od željenog.

5. ZAKLJUČCI

– Ključni razlog nespornosti sa javnošću u vezi sa hidroenergetskim projektima je taj što se već u samom početku planiranja ciljevi tih u suštini integralnih razvojnih projekata sasvim nepotrebno sužavaju samo na oblast voda – na hidroenergetske i vodoprivredne namene. Zbog toga je potreban radi-

kalan zaokret na tom planu – već pri izboru naziva projekta i pri formiranju ciljne strukture.

– Naziv projekta treba da jasno označava njegovu integralnu i razvojnu komponentu. Najčešće je to cilj najvišeg reda u okviru složene ciljne strukture, koja treba da obuhvati sve ciljeve – socijalne, privredno / razvojne, ekološke, saobraćajne, urbane, kulturološke, vodoprivredne, energetske. U toj ciljnoj strukturi svi korisnici prostora treba eksplicitno da vide svoj interes i ulogu u realizaciji projekta.

– Da bi integralni razvojni projekat u oblasti voda bio prihvaćen on mora pored uobičajenih stabilnosti koje se u projektu analitički dokazuju (hidrološka, hidraulička, geotehnička, konstrukcijska, ekonomska stabilnost) da bude i – sociološki i ekološki stabilan. To se postiže valjanom razradom i prikazom socijalne i ekološke grane u okviru ciljne strukture.

– Pri razmatranju opcija obavezno treba obuhvatiti i varijantu „ne graditi ništa”, po svih deset relevantnih ekološko-resursnih kategorija (voda, tlo, vazduh, čvrsti otpaci, tečni efluenti, termičko zagađenje, buka, radijaciono zagađenje, uticaj na biocenozu, estetski ugođaj kao kategorija životne sredine). Opciju odustajanja od realizacije projekta treba obavezno proveriti i po uticaju na sociološko okruženje. Ta opcija je uvek znatno nepovoljnija po socijalno okruženje, a po pravilu je nepovoljnija i po ekološko okruženje. Naime, opcija „do nothing” uvek vodi u stagnaciju, nazadovanje i produbljivanje siromaštva čitavog kraja kome je zbog zabrane realizacije uskraćen veliki razvojni projekat. A upravo je siromaštvo – najveći neprijatelj životne sredine!

– U okviru socioloških analiza posebnu pažnju posvetiti: definisanju socijalnih granica projekta; identifikaciji socijalnih grupa koje dobijaju projektom i koje bi gubile ukoliko se valjano ne reši problem njihovog zbrinjavanja; analizi relevantnih socioloških procesa i prognozi mogućih konflikata, predviđanju neformalnih grupa koje će se formirati da bi se suprotstavljale projektu.

– Uspeh projekta zavisi od valjanog rešavanja problema zbrinjavanja stanovništva iz zona raseljavanja. Projekat se može tretirati kao integralni, razvojni i sociološki stabilan samo ukoliko su sve socijalne grupe našle u njemu svoj interes. Oblast tercijalnih delatnosti je najpogodnija za ekonomsko i socijalno zbrinjavanje stanovništva. Punu pažnju posvetiti i zoni doseljavanja raseljenih, da ne bi nastupile socijalne tenzije zbog pogoršanja ekonomskih, socijalnih, urbanih i drugih uslova na tim područjima.

– Integralni razvojni projekat treba da ima i poseban deo koji se odnosi na prezentaciju projekta donosiocima odluke i javnosti. U okviru toga su posebno bitni sledeći principi. (a) Pojaviti se prvi sa

informacijama o projektu! (b) U skladu sa Teorijom stavova treba odabrati valjan redosled i način saopštavanja činjenica o razvojnim komponentama i efektima projekta. (c) Voditi računa o zakonitostima formiranja i delovanja javnog mnjenja. (d) Sistematski raditi na edukaciji ljudi o stvarnom stanju u oblasti vode i energije. (e) Voditi računa o zakonitostima valjanog komuniciranja sa javnošću. (f) Pravovremenim i valjano raspoređenim i plasiranim informacijama treba formirati utisak i stav o projektu, umesto da se kasnije energija troši na ispravljanje i demantovanje dezinformacija. (g) Treba na vreme predvideti pojavu neformalnih grupa i za neutralisanje njihovog delovanja treba pravovremeno naći ubedljiva rešenja. (h) Pri prikazu i obrazlaganju projekta treba računati sa selektivnom percepcijom ljudi. (i) Jasnim, sažetim i svima razumljivim informacijama treba izbeći mogućnosti pojave „jaza nepoverenja”, koji se uvek javlja kada se ljudima nejasnim esnafskim jezikom i gomilom cifara i podataka pokušava da obrazloži projekat.

6. LITERATURA

- [1] Bloch, A.: Marphy's Law, Price / Stern / Sloan Publishers, Inc.L.A., 1977
- [2] Đorđević, B.: UPRAVLJANJE VODAMA I UREĐENJE VODA. Uvodni referat na II Kongresu o vodama Jugoslavije, Ljubljana, 1986.
- [3] Đorđević, B.: VODOPRIVREDNI SISTEMI, Naučna knjiga, Beograd, 1990.
- [4] Đorđević, B.: O SOCIOLOŠKOJ STABILNOSTI VODOPRIVREDNIH PROJEKATA, Vodoprivreda, No 129-130, 1991.
- [5] Đorđević, B.: CYBERNETICS IN WATER RESOURCES MANAGEMENT, WRP, Fort Collins, 1993.
- [6] Đorđević, B.: O PROCEDURI PROJEKTOVANJA HIDROTEHNIČKIH SISTEMA, Vodoprivreda, 169 – 170, 1997.
- [7] Đorđević, B.: DO ODRŽIVOG RAZVOJA – KROZ RAZVOJ INTEGRALNIH SISTEMA I AKTIVNO UPRAVLJANJE VODAMA. GLAVA 2 U: KORIŠĆENJE RESURSA, ODRŽIV RAZVOJ I UREĐENJE PROSTORA (GRUPA AUTORA), IAUS, Beograd, ISBN 86-803329-26-6, 1999.
- [8] Fiedler, F.E.: A THEORY OF LEADERSHIP EFFECTIVENESS, McGraw-Hill, New York, 1967.
- [9] Jezernik, D.: GRUPE I GRUPNA DINAMIKA, Rad, Beograd, 1972.
- [10] Katz D. and Kahn, R.L.: THE SOCIAL PSYCHOLOGY OF ORGANIZATIONS, Wiley, New York, 1966.
- [11] Peršić, B. (1974): STAVOVI I PREDRASUDE, Rad, Beograd, 1974.
- [12] Raven, B.H. and J.Z. Rubin: SOCIAL PSYCHOLOGY: PEOPLE IN GROUPS, Wiley, New York, 1976.
- [13] Rot, N.: OSNOVI SOCIJALNE PSIHOLOGIJE, ZIUS, Beograd, 1988.
- [14] Supek, R.: MASOVNE KOMUNIKACIJE I PROPAGANDA, Školska knjiga, 1972, Zagreb.
- [15] Shaw, M.E.: GROUP DYNAMICS, McGraw Hill, 1996, New York.
- [16] Zvonarević, M.: SOCIJALNA PSIHOLOGIJA, Školska knjiga, 1985, Zagreb.
- [17] Watson, R.M.: SOCIAL PSYCHOLOGY, Lippincott, 1976.

Rad je primljen u uredništvo 09. 02. 2006. godine



Branislav V. Đorđević rođen je 1938. godine u Skoplju. Maturirao je 1956. godine u gimnaziji u Kruševcu. Na Građevinskom fakultetu u Beogradu diplomirao je 1961., magistrirao 1967. i doktorirao 1974. Od 1962. do 1971. radio je u Institutu za vodoprivredu „Jaroslav Černi” (šef Odseka za hidroenergetiku). Godine 1971. prelazi na Građevinski fakultet u Beogradu, na kome je 1984. izabran za redovnog profesora. Na tom fakultetu predavao je predmete „Korišćenje vodnih snaga”, „Vodoprivredni sistemi” i „Ekološki inženjering”. Redovni je član Akademije inženjerskih nauka Srbije i Crne Gore, član Naučnog društva Srbije, a na Univerzitetu „Sv. Kiril i Metodije” u Skoplju izabran je i promovisan u najviše zvanje - professor honoris causae, kao jedini profesor iz oblasti građevinarstva. Kao jedan je od utemeljivača Teorije vodoprivrednih sistema, kao nove grane Tehničke kibernetike, predavao na redovnim i magistarskim studijama na više drugih univerziteta. Niz godina je bio šef Katedre za hidrotehniku. Bio je mentor za 23 magistarske teze i 12 doktorata na svim univerzitetima u SFRJ. Njegova specijalnost su složeni hidrotehnički sistemi sa hidroelektranama, višenamensko korišćenje, uređenje i zaštita voda, kao i ekološki aspekti realizacije složenih sistema. Autor je preko 290 bibliografskih jedinica iz šireg spektra hidrotehlike. Od toga 8 knjiga kao jedini autor (jedna izdata u SAD), dve kao prvi autor, u tri strane knjige autor poglavlja, u 12 knjiga autor delova i poglavlja. Za knjige „Korišćenje vodnih snaga I i II” nagrađen 1984. Oktobarskom nagradom Beograda. Njegovo kapitalno delo iz oblasti teorije vodoprivrednih sistema, objavljeno u SAD (1993) - *Cybernetics in Water Resources Management* - bazna je monografija u svetu iz te oblasti i citira se u tom svojstvu. Dru-

ge često citirane knjige: *Vodoprivredni sistemi*, *Objekti hidroelektrana*, *Hydroenergetsko korišćenje voda*. Kao učesniku na mnogim međunarodnim i nacionalnim naučnim skupovima često mu je poveravana uloga generalnog izvestioca ili uvodnog predavača. Bio je delegat SFRJ u Komitetu za vode EEK UN, sada je član Komiteta za vodne resurse Međunarodne asocijacije za hidrološke nauke i ekspert za vodne resurse Evropskog saveta. Urednik je časopisa „*Vodoprivreda*”. Radio je na planiranju svih većih hidroelektrana i vodoprivrednih sistema u SFRJ, kao i na izradi najvažnijih strateških dokumenata u SFRJ: *Prostorni plan Srbije*, *Vodoprivredna osnova Srbije*, *Vodoprivredna osnova Crne Gore*, *vodoprivredne osnove više velikih slivova u bivšoj SFRJ*, *Strategija dugoročnog razvoja vodoprivrede Srbije*, *Strategija razvoja vodoprivrede Republike Srpske*. Bio je konsultant za više projekata kompleksnih sistema u Aziji, Africi, Južnoj Americi. Dobitnik je više nagrada za naučni rad i Ordena rada sa zlatnim vencem.

Saša Stojković

Uticaj mikro hidroelektrana na struje kratkih spojeva u distributivnoj mreži

Stručni rad

UDK: 621.311.212; 627.8; 621.313.12; 621.313.3.32; 621.316

Rezime:

U ovom radu analiziran je uticaj mikro hidroelektrane snage do 100 kW, priključene na niskonaponsku distributivnu mrežu, na struje kratkih spojeva u distributivnoj mreži. Prikazan je simulacioni model, zasnovan na realnim podacima o elementima mreže, kao i na upotrebi programa Alternative Transients Program (ATP - EMTP).

Analiziran je uticaj asinhronih mikro generatora na udarnu struju kratkog spoja. Osim toga, simulacijom kratkog spoja pokazano je da uređaji relejne zaštite, zbog prirode asinhronih generatora, mogu biti u nepovoljnim uslovima, kada se radi o detekciji kvarova na osnovu struje kvara.

Ključne reči: distribuirana proizvodnja, mikroelektrana, hidroelektrana, kratak spoj, udarna struja kratkog spoja, ATP-EMTP

Abstract:

INFLUENCE OF MICRO POWER PLANTS ON SHORT-CIRCUIT CURRENTS IN DISTRIBUTION NETWORK

In this paper the influence of micro power plant up to 100 kW on the short-circuit currents in distribution network is analyzed. The micro power plant is connected to the low voltage part of distribution network. Simulation model based on real network element data is presented. The analysis is made by Alternative Transients Program (ATP-EMTP).

Influence of induction generators on the peak short-circuit currents is analyzed. It is shown by simulations of short circuits that relay protection may, due to the nature of induction generators, be in unfavourable conditions when detection of fault is based on fault current.

Key words: embedded generation, micro power plant, hydropower plant, short circuit, peak short-circuit current, ATP-EMTP

1. UVOD

Pojam distribuirane proizvodnje označava proizvodne jedinice priključene direktno na distributivnu mrežu, kako na niskom, tako i na srednjem naponu. Opšta saglasnost o ograničenosti neobnovljivih

izvora energije na planeti, ekološki aspekt zagađenja čovekove okoline i težnja za daljim poboljšanjem kvaliteta života doveli su do razvoja malih, efikasnijih i nezagađujućih elektrana. Indukcioni generatori korišćeni su za proizvodnju električne energije uglavnom do šezdesetih godina. Međutim, zahvalju-

Dr Saša Stojković, docent, – Tehnički fakultet, 32000 Čačak, Svetog Save 65

jući robusnosti, jednostavnosti konstrukcije, pojednostavljenom upravljanju i malim dimenzijama po proizvedenom kilovatu, postaju veoma atraktivni na polju distribuirane proizvodnje u mikro i mini hidroelektranama i elektranama na vetar. Razvoj energetske elektronike i mikroprocesorskog upravljanja doveo je do toga da se u velikoj većini mikro i mini hidroelektrana i elektrana na vetar snage do 500 kW koriste indukcionim (asinhroni) generatori [1].

U većini zemalja smatra se da su male elektrane one čija je snaga do 10 MW. Kod nas je ta granica 16 MVA. Međutim, u poslednje vreme, preciznije su definisane male elektrane kao mikro, mini i male elektrane. Mikroelektrane su one čija je snaga do 100 kW. Njihova osnovna karakteristika je da se od ostalih elektrana razlikuju po jednostavnosti u tehničkom i zakonskom smislu. Mini elektrane imaju generatore čija je snaga 100-1 000 kW, a male elektrane 1 000 - 10 000 kW. Snaga preko 10 000 kW svrstava elektranu u tzv. velike elektrane [1]. U ovom radu tema su mikro hidroelektrane (snage do 100 kW), koje imaju asinhronne generatore kao izvore.

Postoji više razloga za masovno uvođenje distribuirane proizvodnje u celom svetu [2]:

- sniženje emisije štenih gasova,
- energetska efikasnost i racionalno korišćenje energije,
- deregulacija tržišta električne energije,
- iskorišćavanje različitih vidova raspoložive energije,
- sve veće potrebe za električnom energijom,
- lakše pronalaženje raspoložive lokacije za distribuiranu proizvodnju električne energije nego što je to za velike elektrane,
- mogućnost modularne i tipske izvedbe proizvodnih postrojenja,
- kratko vreme za projektovanje i izgradnju malih elektrana uz niske investicione i eksploatacione troškove, i
- blizina distribuirane proizvodnje u odnosu na potrošnju, čime se izbegavaju troškovi prenosa.

Međutim, poznato je da je distribuirana proizvodnja električne energije donela i izvesne tehničke probleme, kao i probleme vezane za upravljanje. Naime, klasične distributivne mreže su radijalne i sa jasnim tokom energije od prenosne mreže prema potrošačima. Projektovanje, eksploatacija i relejna zaštita takvih mreža potpuno su uhodane i poznate aktivnosti. Uvođenje distribuirane proizvodnje u tu mrežu (na srednjem i niskom naponu) menja u izvesnim slučajevima smer tokova snaga i struja kratkih spojeva u pojedinim elementima mreže, zbog čega pristup projektovanju i eksploataciji ovakve mreže mora biti temeljno analiziran.

Mašine za proizvodnju električne energije analizirane u ovom radu su niskonaponski asinhroni generatori koji se priključuju na niskonaponsku mrežu. Jedna od većih prednosti upotrebe asinhronih generatora je da su to, ustvari, asinhroni motori, čija je proizvodnja dobro organizovana i u našoj zemlji. Asinhroni generator svojim radom utiče na naponske prilike i tokove snaga u niskonaponskoj mreži, gde je priključen, pa tome treba posvetiti odgovarajuću pažnju. U Tehničkoj preporuci TP 16 Osnovni tehnički zahtevi za priključenje malih elektrana na mrežu Elektrodistribucije Srbije [3] dato je uputstvo o izboru snage generatora, kako oni ne bi kvarili naponske prilike u mreži. Ovaj problem je, za naše uslove, detaljnije analiziran u okviru nacionalnog projekta u okviru energetske efikasnosti pod nazivom "Razvoj modela mikro hidroelektrane na brani sistema za navodnjavanje sa ispitivanjem i analizom rada u distributivnom i izolovanom sistemu", a rezultati analize prikazani su u [4]. Analiza prikazana u ovom radu takođe se odnosi na taj projekat.

Generatori u okviru distribuirane proizvodnje utiču i na kvalitet električne energije, najviše na flikere i više harmonike. U [3] su date preporuke za brzu proveru ovog uticaja na distributivnu mrežu.

Četvrti, veoma važan uticaj, je uticaj distribuiranih generatora na povećanje struje kratkih spojeva u distributivnoj mreži. Taj uticaj važan je, kako za proveru elektrodinamičkih napreznja opreme, tako i za izbor i podešavanje uređaja relejne zaštite.

Asinhroni generatori u izvesnoj meri povećavaju udarnu struju kratkog spoja, čime povećavaju dinamičko napreznje postojeće opreme. U slučajevima kada se struja trofaznog kratkog spoja u niskonaponskoj mreži približava graničnoj vrednosti, potrebno je obratiti pažnju na ovu činjenicu. To je najčešće slučaj kada se mreža brzo razvija, uz rast vrednosti struja kvarova.

Značaj analiza struja kratkih spojeva u mrežama sa distribuiranom proizvodnjom danas je veoma veliki, ne samo zbog dinamičkih napreznja opreme, već i zbog koncepcije i podešavanja relejne zaštite. Relejna zaštita ovakvih mreža veoma se razlikuje od zaštite radijalne mreže bez izvora, i to iz više razloga. Distributivna mreža više nije radijalna i struje kratkih spojeva u delovima mreže ne moraju imati samo jedan smer. Kada se mesto kratkog spoja nađe između izvora u velikim elektranama i distribuiranog generatora, napajanje mesta kvara je dvostrano. To menja koncepciju relejne zaštite. Dakle, osim što treba asinhroni (ili neki drugi distribuirani) generator isključiti pri kvarovima u njemu samom, treba ga isključiti i pri bilo kojem kvaru u distributivnoj mreži. Delovanje zaštite zavisi i od mesta i vrste kvara. U nekim slučajevima postoje problemi sa

ostvarivanjem selektivnosti zaštite, a posebno je interesantna tzv. „zaštita od gubitka mreže”, tj. zaštita od ostrvskog rada. Ostrvski rad bi, zbog primene tehnike automatskog ponovnog uključenja u srednjenaponskoj mreži, mogao da dovede do dovođenja pod napon asinhronog generatora u uslovima opozicije faza, što je veoma opasno i za njega i za potrošače.

Pojačane struje kratkih spojeva utiču i na prekidnu moć opreme koja se od ranije nalazi u mreži i nije predviđena za nove uslove sa asinhronim generatorima.

Zbog svega toga, analiza struja kratkih spojeva u mreži sa distribuiranom proizvodnjom veoma je značajna. U ovom radu prikazani su rezultati analize struja svih vrsta kratkih spojeva na karakterističnim mestima priključenja generatora. Dva asinhrona generatora snage po 55 kW priključena su zajedno (u isti čvor mreže) i rade sa naznačenom strujom. Analizira se uticaj asinhronog generatora na udarnu struju kratkog spoja, kao i na rasklopnu struju niskonaponskih prekidača. Cilj je da se za različitu vrstu kvara (trofazni, dvofazni sa zemljom i jednofazni kratak spoj) analizira ponašanje generatora jer je praksa pokazala da ponekad struja kvara ne može biti kriterijum za detekciju kvara u mreži, već su to napon ili frekvencija.

Moguć broj kombinacija mesta kvara i mesta priključenja generatora je veliki. Zbog toga su za analizu odabrani karakteristični slučajevi. Međutim, simulacioni model je takav da se, zahvaljujući grafičkom pretprocesoru, promena izbora mesta kvara ili mesta gde je priključen generator izvodi krajnje jednostavno. To pruža velike mogućnosti za analizu.

Što se tiče zakonske regulative, najvažniji dokument je već pomenuta Tehnička preporuka br. 16 [3]. U njoj se ukazuje na četiri osnovna kriterijuma za priključenje malih elektrana, od kojih je jedan kriterijum snage (struje) kratkog spoja. Međutim, provera ovog kriterijuma zahteva se samo za slučaj da je instalisana snaga male elektrane iznad 1 MVA. Za manje snage elektrane smatra se da distribuirani generatori ne mogu znatnije da povećaju struju (snagu) kratkog spoja u distributivnoj mreži.

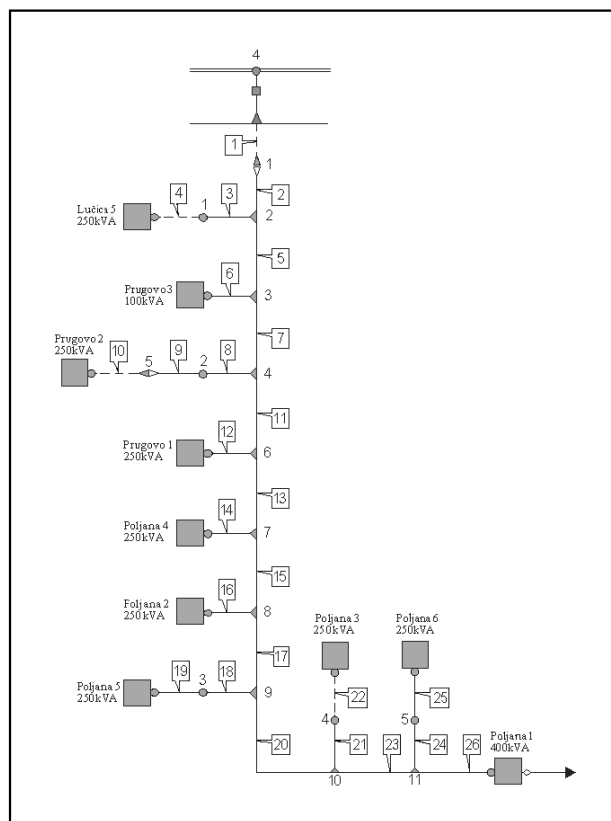
Prikazan je simulacioni model, zasnovan na realnim podacima o elementima mreže, kao i na upotrebi programa za elektromagnetne i elektromehaničke prelazne procese Alternative Transients Program (ATP - EMTP) [5].

2. SIMULACIONI MODEL

Simulacioni model je zasnovan na realnim 110 kV, 35 kV i 10 kV elementima dela distributivne mreže u Požarevcu [6]. Pretpostavljena snaga krat-

kog spoja na sabirnicama 110 kV transformatorske stanice (TS) 110/35 kV/kV je 5 000 MVA (najveća moguća prema Tehničkim preporukama Elektro-distribucija Srbije). Transformatorska stanica 110/35 kV/kV ima dva transformatora snage po 31,5 MVA, prenosnog odnosa 110/36,75 kV/kV, sprege Yy0. Napon kratkog spoja iznosi 11,6 %.

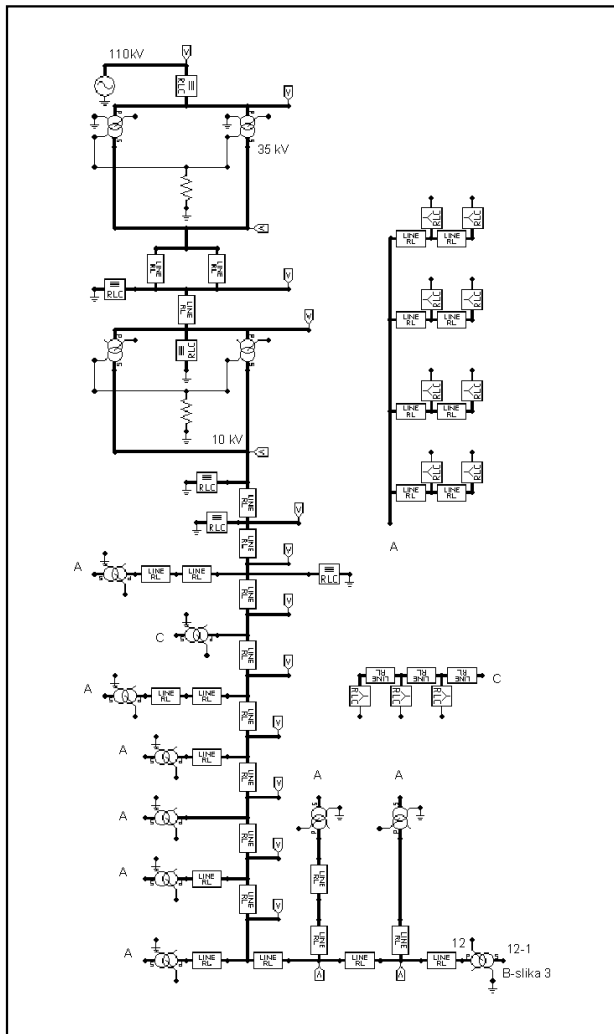
Do transformatorske stanice 35/10 kV/kV „Požarevac 4” vode dva paralelna nadzemna voda, na koje se nastavlja kabl. U [4, tabela I] dati su podaci o ovim vodovima, kao i o 10 kV-nom izvodu sa 26 deonica, koji je jedini od 10 kV-nih izvoda analiziran u ovom radu. U TS 35/10 kV/kV „Požarevac 4” paralelno rade dva transformatora snage po 8 MVA, prenosnog odnosa 35/10,5 kV/kV, sprege Dy5 i napona kratkog spoja 7,20 %. Za sve transformatore pretpostavljeno je da im omska otpornost namota iznosi 10 % reaktanse istog namota. Na slici 1 prikazan je analizirani 10 kV-ni izvod br. 4.



Slika 1. Izvod br. 4 u TS 35/10,5 kV/kV

Na slici 2 prikazan je simulacioni model, definisan pomoću programa ATP-EMTP [5].

Sa slike 1 može se videti da je najveći broj transformatora 10/0,42 kV/kV snage 250 kVA. Sprega je Dyn5, a struja praznog hoda iznosi 3 %. Relativni napon kratkog spoja je 4 %. Svi podaci, osim snage, isti su i za transformatore snage 100 kVA i 400 kVA.



Slika 2 Simulacioni model dela distributivne mreže

Za sve transformatore 10/0,42 kV/kV pretpostavljeno je da u svakoj simulaciji imaju isti prenosni odnos, što, naravno, u praksi nije slučaj, budući da se on podešava prema naponskim prilikama. Na slici 1 nisu prikazani asinhroni generatori. Oni će biti prikazani na slici 3.

Podaci o niskonaponskoj mreži pretpostavljeni su u skladu sa potrebama analize, a i zbog toga što autoru rada realni podaci nisu poznati. Pretpostavljen je $\cos\varphi$, čija je vrednost 0,9. Za potrošače je primenjen model konstantne impedanse. Pretpostavljeno je da su svi transformatori 10/0,42 kV/kV opterećeni naznačenim opterećenjem. Raspored potrošača, za koje je pretpostavljeno da su jednaki, prikazan je na sl. 2. Pretpostavljeno je i da je niskonaponski kabl tipa NKBA 3x70/35 mm² Cu svuda isti, sa parametrima: dužina: 200 m, $r_1=0,271 \Omega/\text{km}$, $x_1=0,074 \Omega/\text{km}$, $r_0=3,97r_1$ i $x_0=7,36x_1$ [7, str. 417].

Asinhroni generator definisan je snagom, brzinom i uobičajenim parametrima ekvivalentne šeme -

omskim otpornostima i reaktansama rasipanja statora i rotora (svedeno na stator), kao i reaktansom magnećenja. Podaci o generatoru su: $P_n=55 \text{ kW}$, $U_n=400 \text{ V}$, $s_n=1,4667 \%$, $n_n=739 \text{ o/min}$, $\cos\phi_n=0,81$, $\eta_n=92,5 \%$, $I_n=106 \text{ A}$, $M_n=710 \text{ Nm}$, $J=2,56 \text{ kg}\times\text{m}^2$. Zahvaljujući ljubaznosti tehničkog direktora Kompanije Sever - Subotica mr Jovana Radakovića i inženjera Jovana Milovanovića dobijeni su i podaci o parametrima ekvivalentne šema generatora, koji su sastavni deo dinamičkog modela generatora. Autor ovog rada im je na tome veoma zahvalan jer analiza ovim znatno dobija na realnosti.

U svim simulacijama reaktivna snaga asinhronog generatora kompenzovana je, prema preporuci proizvođača generatora, kondenzatorom kapaciteta po fazi $C=697 \mu\text{F}$. U svakoj simulaciji sa generatorima pretpostavljeno je da su dva generatora priključena na iste sabirnice i da proizvode istu snagu (jednako negativno klizanje).

Analiza struja kratkih spojeva u ovom radu zasnovana je na modelovanju elektromagnetnih i elektromehaničkih prelaznih procesa koji nastaju pri kratkom spoju. To je najrealniji model i on ne zahteva bilo kakve pojednostavljujuće pretpostavke o zanemarivanju oprećenja ili naponskom profilu, već se procesi modeluju diferencijalnim jednačinama. Rešenje se dobija programom ATP-EMTP [5]. Osim tačnosti, prednost je i što se ovim softverskim alatom mogu simulirati različite vrste kratkih spojeva, i to na različitim mestima u distributivnoj mreži.

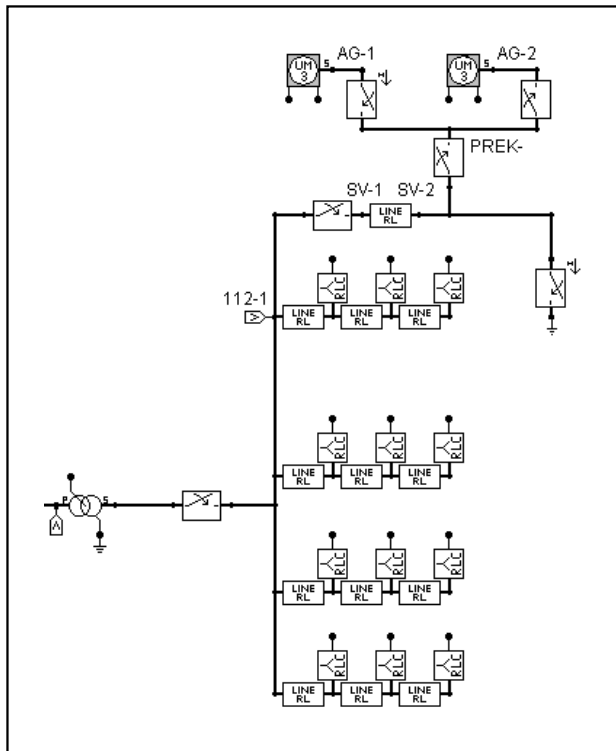
3. REZULTATI NUMERIČKIH SIMULACIJA

3.1 Uticaj mikrogeneratora na udarnu struju kratkog spoja

Spojni vod je vod kojim je mikroelektrana povezana na niskonaponsku stranu transformatora 10/0,42 kV/kV. Tehničkom preporukom 16 (TP 16) definisani su tip i zaštita ovog voda. U ovom radu pretpostavljeno je da je tip niskonaponskog (NN) spojnog voda isti kao što su ostali kablovi u niskonaponskoj mreži i da je dugačak 200 m (već pomenuti kabl NKBA 3x70/35 mm² Cu). Takođe se pretpostavlja da pri kvaru ne reaguje nikakva zaštita.

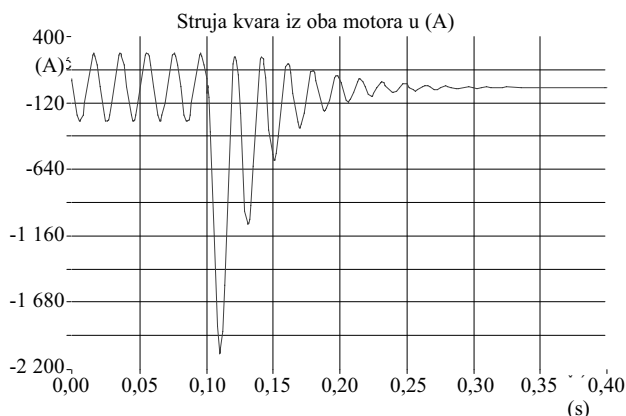
Na slici 3 prikazan je poslednji transformator 10/0,42 kV/kV na analiziranom 10 kV-nom izvodu (krajnje desno na sl. 1). On je snage 400 kVA i napaja četiri odvoda sa podjednakim potrošačima, pri čemu je opterećenje nazivno. Na NN sabirnice transformatora 10/0,42 kV priključena su preko spojnog voda dva asinhrona generatora snage po 55 kW, koji rade u podjednakim uslovima, tj. sa jednakim klizanjem. Moment inercije jednog generatora je, prema prospektu proizvođača, $J=2,5 \text{ kgm}^2$. Turbina ima

svoj moment inercije, koji obično nije veći od onog za generator, pa je pretpostavljeno da je i njen moment inercije $J=2,5 \text{ kgm}^2$. Spojni vod je između čvorova SV-1 i SV-2. Mesto kratkog spoja prikazano je prekidačem prema zemlji.



Slika 3. Deo simulacionog modela koji prikazuje priključenje dva asinhrona generatora na distributivnu mrežu

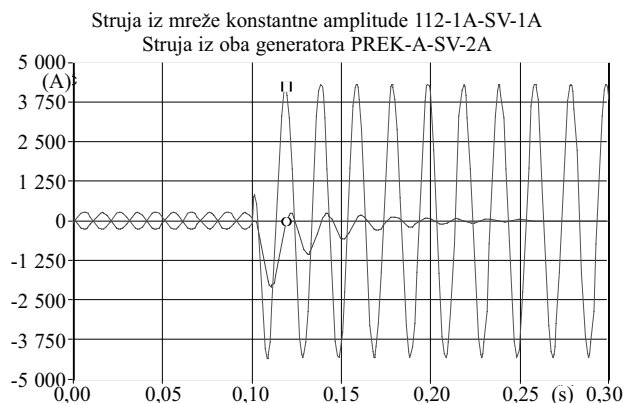
Najpre je analiziran trofazni kratak spoj sa zemljom na sabirnicama gde je u mikroelektrani priključen generator. Jasno je da je u tom slučaju uticaj asinhronog generatora na udarnu struju kratkog spoja najjači. Na slici 4 prikazana je ukupna struja kvara u fazi A koju daju oba motora. Kvar nastaje u trenutku $t=100 \text{ ms}$. On je u trenutku kada je na mestu



Slika 4. Ukupna struja kvara oba motora u fazi A

kvara trenutna vrednost napona jednaka nuli, pa je asimetrija struje kvara iz generatora najveća moguća.

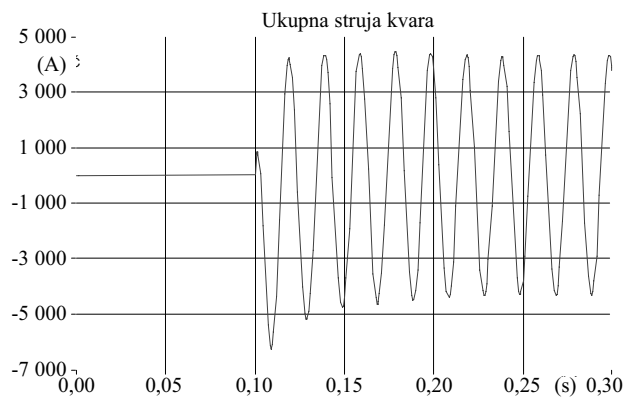
Slika 4 pokazuje da, kao i kod asinhronih motora, u trenutku kvara struja naglo poraste, tako da je njena udarna vrednost u ovom slučaju 2 076 A. Struja kvara se brzo prigušuje jer mašine usled trofaznog kvara nemaju pobudu. Ova struja kvara sabira se sa strujom kvara sa strane mreže, pa je ukupna udarna struja povećana. To može da dovede do povećanih dinamičkih napreznja opreme, za koje oprema možda nije dimenzionisana. To je potrebno proveriti. Na slici 5 prikazane su struje kvara iz oba generatora i sa strane mreže.



Slika 5. Struja sa strane mreže 112-1A-SV-1A i iz oba generatora PREK-A-SV-2A

Slika pokazuje da, zbog opadanja brzine rotora, maksimumi obe struje nisu u istom trenutku. Zbog toga je analiza struja kratkih spojeva programom za elektromehaničke procese, kakav je ATP-EMTP, tačnija od postupka prema standardu IEC 909 [8]. Amplituda struje kvara sa strane mreže iznosi 4 326 A. Na slici 6 posebno je, radi preglednosti, prikazana ukupna struja kvara, koja napreže opremu.

Udarna struja iznosi $I_{ud}=6 251 \text{ A}$. Dakle, u slučaju trofaznog kratkog spoja na sabirnicama u mi-



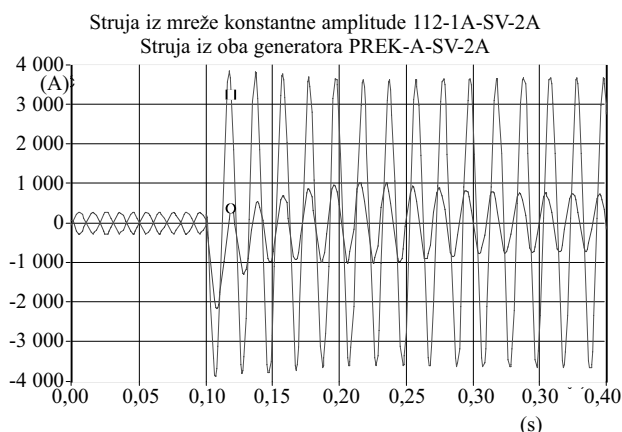
Slika 6. Ukupna struja kvara na sabirnicama

kroelektrani gde su priključeni asinhroni generatori udarna struja kvara, za kvar na prikazanom mestu, povećana je za 50,7 %. To je relativno veliki uticaj, pa treba proveriti postojeću opremu u pogledu dinamičkih naprezanja, koja zavise od kvadrata trenutne vrednosti struje.

Urađena je i simulacija trofaznog kvara u slučaju da je mikroelektrana priključena na prvi transformator 10/0,42 kV/kV duž izvoda. Naravno, amplituda struje sa strane mreže je nešto veća (4 713 A) zbog manje impedanse do mesta kvara. Struja iz oba generatora je nešto veća (2 435 A) zbog toga što je napon na priključcima generatora viši jer je mikroelektrana bliža transformatoru, a pretpostavljeno je isto klizanje. Ukupna udarna struja u tom slučaju je 6 992 A i veća je od one kada ne bi bilo mikroelektrane za 48,3 %.

Vratimo se na slučaj kada je mikroelektrana priključena na poslednji transformator duž izvoda.

Na slici 7 prikazana je struja koju pri dvofaznom kratkom spoju sa zemljom daje mreža, kao i struja iz oba generatora.



Slika 7. Struja iz mreže 112-1 A - SV-2A i ukupna struja iz oba generatora PREK-A - SV-2A

Vidi se da, za razliku od trofaznog spoja, struja iz oba generatora ne pada na nulu, već se uspostavlja. Udarna struja iz generatora iznosi 2 187 A, a udarna struja iz mreže je 3 875 A. Ukupna udarna struja je 6 000 A, što znači je ona veća od vrednosti udarne struje iz mreže za 55 %. Struja u fazi B slična je struji faze A (slika 7), pa nije prikazana.

Dakle, na osnovu krivih prikazanih na slikama, kao i na osnovu brojnih vrednosti komponenti udarne struje, može se reći da je pri dvofaznom kratkom spoju sa zemljom situacija sa udarnom strujom slična onoj kod trofaznog spoja, za ovo mesto kvara. Generalizacija nije moguća, već treba analizirati konkretnu situaciju. Udarna struja u fazi A iz mreže je ovde za 10 % niža, ali je udarna struja iz genera-

tora za 5 % viša, pa je ukupna udarna struja za 4 % niža u odnosu na vrednosti pri trofaznom kvaru.

Analiziran je i jednofazni kratak spoj na istom mestu. Slika sa krivama nije prikazana zbog ograničenog prostora, a slična je prethodnim slikama. Udarna struja u fazi A koja dolazi iz oba motora zajedno iznosi 710 A. Amplituda struje iz mreže je 2 274 A, a udarna vrednost ukupne struje na mestu kvara je 2 810 A. U odnosu na slučaj bez priključene mikroelektrane udarna vrednost struje kvara povećana je za 23 %, što je relativno veliki uticaj. Međutim, treba napomenuti da struja kratkog spoja iz mreže može, zavisno od parametara mreže i snage kratkog spoja, da ima manje ili veće vrednosti, dok struja kratkog spoja iz generatora zavisi od vrste kvara, parametara generatora i rastojanja generatora od mesta kvara. Zbog toga je potrebno analizirati konkretan slučaj, a procenti povećanja udarne struje važe samo za konkretan slučaj. Ipak, važno je da relativan uticaj mikroelektrane na udarnu struju kratkog spoja može da bude veoma jak, što je slučaj u ovom radu. Slučaj koji je bio analiziran najpovoljniji je jer se radi o kratkom spoju na mestu gde je priključena mikroelektrana.

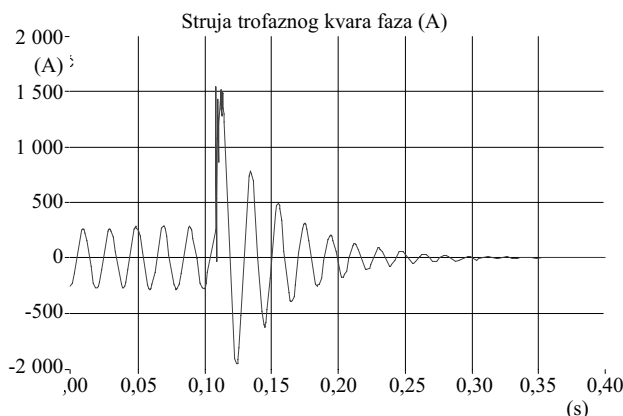
Analizirani su i kvarovi na niskonaponskim sabirnicama transformatora 10/0,42 kV/kV. Mikroelektrana je od njih razdvojena niskonaponskim spojinim vodom, u ovom primeru, dugačkim 200 m. Udarna vrednost struje kvara sa strane mreže iznosi 15 289 A. Dva generatora daju udarnu struju od 1 664 A, pa je ukupna udarna struja 16 953 A. Udarna struja je povećana za 10,8 % u odnosu na slučaj kada mikroelektrane nema. Za dvofazni spoj sa zemljom povećanje je 7,6 %, a pri jednofaznom kratkom spoju 6,6 %. Međutim, prema Tehničkim preporukama Elektrodistribucije Srbije, oprema u stanicama na strani niskog napona dimenzioniše se na vrednost od 22 kA ustaljene struje trofaznog kvara. Njena udarna vrednost iznosi oko $2,55 \times 22 = 56$ kA, pa je očigledno da je povećanje udarne struje za 10,8 % beznačajno jer je struja sa strane mreže znatno manja od 22 kA. Problem sa udarnom strujom i sa prednom strujom rasklopne opreme može nastati jedino u slučaju kada se struja kvara iz mreže po vrednosti približava graničnoj struji za dimenzionisanje opreme u stanici. U tehničkoj preporuci 16 se i navodi da generatori male snage teško da mogu biti da utiču na ovu pojavu, pa se proverava koja je opisana u ovom radu zahteva samo za elektrane snage veće od 1 MVA.

Za kvarove koji su još dalje od mikroelektrane situacija u smislu udarne struje je povoljnija, ali mogu nastati problemi sa podešavanjem zaštite. Takav primer prikazan je u sledećem delu rada.

3.2. Uticaj struja kvarova iz mikroelektrane na rad relejne zaštite

Generatori u okviru distribuirane proizvodnje veoma utiču na koncepciju relejne zaštite jer distributivna mreža u tom slučaju nije više sa jednim smerom aktivne snage. Prema TP 16, spojni vod u distributivnoj stanici ima osigurač ili, u ovom analiziranom slučaju, niskonaponski prekidač. U mikroelektrani na početku spojnog voda takođe je prekidač, za ovu snagu mikroelektrane, naznačene struje 250 A. Prekidači imaju elektromagnetni i termički okidač, kojima se štiti spojni vod. U mikroelektrani postoji i sistemska zaštita, koja reaguje na poremećaj ravnoteže između proizvodnje i potrošnje reaktivne (naponska) ili aktivne energije (frekventna zaštita). To su vremenski stepenovane prenaponska, podnaponska, nadfrekventna i podfrekventna zaštita. Osnovni problem koji nastaje su moguća nedovoljna selektivnost zaštite, kao i neselektivno isključenje generatora, pa analizi uslova za rad zaštite treba posvetiti znatno veću pažnju. Ovde se samo ukazuje na problem. Osim ovih zaštita, generator ima i zaštitu od unutrašnjih kvarova.

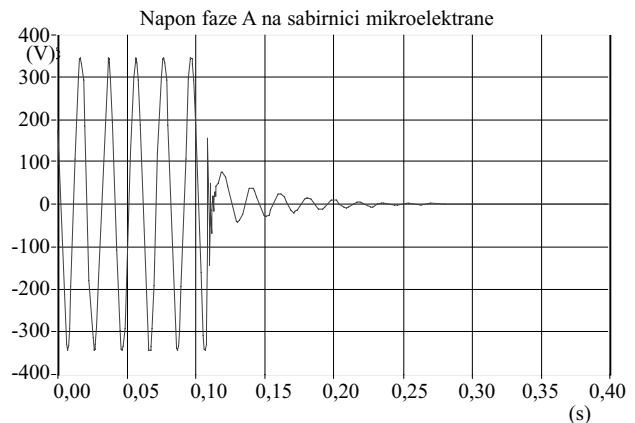
Pretpostavlja se da su niskonaponski prekidači na obe strane spojnog niskonaponskog voda odabrani u skladu sa TP 16. Niskonaponski prekidač naznačene struje 250 A ima elektromagnetni okidač koji može da se podesi na četiri do deset puta veću struju od naznačene. Neka je, naprimer, okidač podešen na najmanju struju, tj. 1 000 A. Pretpostavlja se trofazni kvar na spojnem vodu na samom početku voda, na strani transformatora 10/0,420 kV/kV, u čvoru SV-1 na slici 3. Struja sa strane mreže je dovoljno jaka da bez problema izazove reagovanje prekidača između čvorova 112-1 SV-1 na slici 3. Pretpostavlja se da trajanje prekidanja iznosi 20 ms (prema prospektu 15-25 ms). Isključenje struje kvara sa strane mreže simulisano je jer bi se bez toga dobila pogrešna predstava o daljem toku prelaznog procesa. Struja trofaznog kvara u fazi A prikazana je na



Slika 8. Struja trofaznog kvara - faza A

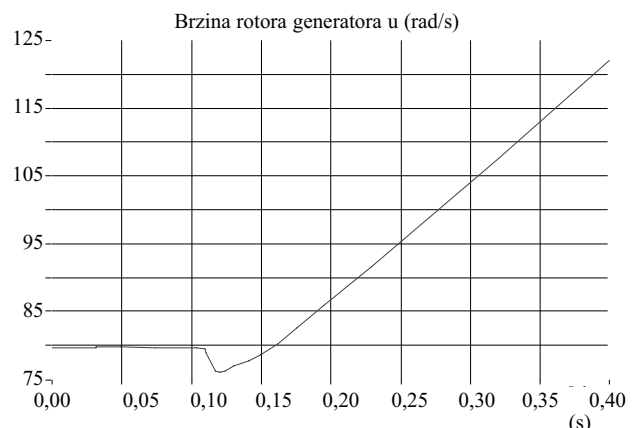
slici 8. Kvar nastaje u takvom trenutku da je asimetrija struje u fazi A najmanja.

U ovoj struji nema jednosmerne komponente. Njena efektivna vrednost je 950 A. U drugim dvema fazama struja je malo veća - 1 184 A u fazi B i 1 020 A u fazi C. Jasno je da su te struje na granici da izazovu delovanje okidača, pa je osetljivost neprihvatljivo mala, a reagovanje nepouzđano. Zbog toga što u ovakvim slučajevima sa asinhronim generatorima struja brzo nestaje, posebnu pažnju treba posvetiti podešavanju okidača. Slika 8 pokazuje da okidač eventualno može, u ovom slučaju, da reaguje samo u prvoj periodu, posle čega struja naglo opada, pa su uslovi za rad strujne zaštite relativno nepovoljni. Međutim, rešenja se, prema podacima iz strane literature, traže tzv. odloženim delovanjem zaštite, koje se zasniva na detekciji neke druge električne veličine - napona, frekvencije ili broja obrtaja. Naprimer, na slici 9 prikazan je napon u fazi A posle nastanka kvara.



Slika 9. Napon faze A na sabirnici mikroelektrane

Slika jasno pokazuje da napon naglo opada i nestaje u toku nekoliko oscilacija, pa to može detektovati podnaponska zaštita generatora, a takođe i sistemska naponska zaštita. Brzina rotora naglo raste,



Slika 10. Brzina rotora u (rad/s)

što je poznata činjenica, jer se sva kinetička energija turbine predaje rotoru generatora. Zbog toga treba da reaguje zaštita od previsokog broja obrtaja.

Slike pokazuju da je, zbog složene prirode prelaznih procesa u asinhronom generatoru, za izbor i podešavanje zaštite potrebno izvršiti veći broj simulacija različitih kvarova i na različitim mestima u mreži. Često struja kao električna veličina nije pogodna za detekciju kvarova, pa je potrebno detaljno analizirati ponašanje sistema zaštite u mikroelektrani.

Drugi čest problem je znatno veći broj pogrešnih delovanja zaštitom jer se teže postiže selektivnost. Pretpostavimo, naprimer, kvar na početku jednog od niskonaponskih odvoda, koji su u stanici štice visokoučinski osiguračima. Oni su brza zaštita, ali i okidači u niskonaponskim prekidačima spojnog voda takođe reaguju veoma brzo (15-25 ms). Pri kvaru, naprimer, iza osigurača NN voda na njegovom početku struja kvara dolazi ne samo sa strane mreže, već i iz generatora. Zbog toga struje kvara prolaze i kroz osigurač voda, ali i kroz okidače prekidača u spojnom vodu, koji su neusmereni. Zbog toga se može desiti da prikiđač spojnog voda reaguje prvi i nepotrebno isključi generator, pa tek onda osigurač NN voda prekine struju kvara. Ovakvo neselektivno isključenje je moguće, ali su posledice neselektivnog isključenja generatora najčešće od malog značaja jer se radi o maloj snazi. Međutim, to može da dovede do zabune jer se može pomisliti da je spojni vod u kvaru. I ovakve situacije se efikasno mogu analizirati programima za elektromehaničke i elektromagnetne procese, kakav je ATP-EMTP.

3.3. Uticaj mikroelektrane na prekidnu moć rasklopne opreme

Ovaj uticaj može biti od značaja jedino ukoliko se radi o priključenju generatora na srednjenaponsku mrežu, i to samo u slučajevima gde struje kratkih spojeva dostižu granične vrednosti. U tim slučajevima generator povećava asimetriju struje koja se prekida. Problem se tu analizira izračunavanjem tzv. asimetrične struje prekidanja u trenutku razdvajanja kontakata.

Kod mikroelektrana priključenih na niskonaponsku mrežu ova opasnost praktično ne postoji zbog male snage elektrane (do 100 kW), a i zbog činjenice da je prekidna moć visokoučinskih osigurača izuzetno velika, mnogo veća od dozvoljenih struja trofaznog kratkog spoja u distributivnim mrežama u Srbiji. Inače, ovaj uticaj mogao bi se uzeti u obzir preko tzv. Džulovog integrala osigurača i prekidača, jer se radi o niskonaponskoj opremi čiju moć prekidanja određuje upravo ovaj integral. To je integral kvadrata struje za vreme prekidanja i predstavlja

oslobođenu toplotu po jednom Ω . Postupak bi bio relativno složen jer podaci o ovom integralu najčešće nisu poznati korisnicima.

4. ZAKLJUČCI

Mikroelektrana sa asinhronim generatorima koji se priključuju na niskonaponsku mrežu može, kao i distribuirani generatori većih snaga, da dovede do tehničkih problema.

Prvi problem je uticaj generatora na povećanje udarne struje kratkog spoja. Pri kvaru generator kratkotrajno daje struju kratkog spoja, ali je ona u odnosu na struju iz mreže najčešće mala. Iako uticaj generatora izražen procentima može biti veliki za kvarove u blizini, taj uticaj najčešće nije od značaja, čime je potvrđen pravilan stav iz TP 16. Razlog je znatno veća snaga kratkog spoja mreže od snage kratkog spoja generatora. Međutim, ukoliko je struja kratkog spoja iz mreže bliska graničnoj, uticaj asinhronog generatora može biti važan i može se izračunati kao u ovom radu.

Uticaj generatora na rad niskonaponske rasklopne opreme (prekidača) i osigurača od malog je značaja iz istog razloga. U našim mrežama koriste se visokoučinski osigurači velike prekidne moći, pa ne treba očekivati problem ove prirode.

Posebnu pažnju treba posvetiti izboru i podešavanju relejne zaštite. Kada su asinhroni generatori priključeni na mrežu, prelazni procesi imaju znatno drugačiju prirodu. Zavisno od mesta i vrste kvara menjaju se ne samo struje, već i naponi, frekvencija, brzina rotora. Ovde je detaljnija analiza uslova rada zaštite od velikog značaja. Često struja generatora pri kvaru nije pogodan kriterijum za detekciju kvara, pa se oslanjamo na druge elemente zaštite, koji se zasnivaju na korišćenju napona, frekvencije ili broja obrtaja. To je takozvani princip odložene zaštite.

Selektivnost se ponekad teško postiže jer su uslovi rada zaštite veoma raznoliki. Pri većem broju kvarova dalje u mreži asinhroni generator se ponaša relativno normalno, što stvara probleme, jer se zahteva isključenje generatora pri bilo kojem kvaru u mreži.

ZAHVALNOST

Rad je nastao kao jedan od rezultata rada na projektu „Nacionalnog programa energetske efikasnosti” pod nazivom „Razvoj modela mikro hidroelektrane na brani sistema za navodnjavanje sa ispitivanjem i analizom rada u distributivnom i izolovanom sistemu”, evidencioni broj EE791-1032B. Autor se najljubaznije zahvaljuje Ministarstvu za nauku, tehnologiju i razvoj Republike Srbije za obezbeđivanje finansijskih sredstava za ostvarenje projekta.

Takođe, autor se zahvaljuje i mr Jovanu Radakoviću i inž. Jovanu Milovanoviću iz kompanije SEVER Subotica za podatke o asinhronom generatoru.

5 LITERATURA

- [1] Simoes M. G., Farret F. A.: RENEWABLE ENERGY SYSTEMS - DESIGN AND ANALYSIS WITH INDUCTION GENERATORS, CRC Press, 2004. USA
- [2] Jenkins N., Allan R., Crossley P., D. Kirscher, G. Strbac: EMBEDDED GENERATION, The Institution of Electrical Engineers, 2000., United Kingdom
- [3] JP Elektroprivreda Srbije: TEHNIČKA PREPORUKA BR. 16 - OSNOVNI TEHNIČKI ZAHTEVI ZA PRIKLJUČENJE MALIH ELEKTRANA NA MREŽU ELEKTRODISTRIBUCIJE SRBIJE, I izdanje, 2003.
- [4] S. Stojković: UTICAJ MIKRO HIDROELEKTRANE NA TOKOVE SNAGA I NAPONSKE PRILIKE U DISTRIBUTIVNOJ MREŽI, 27. Savetovanje JUKO CIGRE, 29. maj-03. jun 2005, Zlatibor, referat R C6-07
- [5] ALTERNATIVE TRANSIENTS PROGRAM (ATP) RULE BOOK, Canadian/American EMTP User Group 1987-92
- [6] Vučković V.: RELEJNA ZAŠTITA U DISTRIBUTIVNOJ TRANSFORMATORSKOJ STANICI „POŽAREVAC 4”, diplomski rad, Tehnički fakultet, Čačak, 2004.
- [7] Čalović M., Sarić A.: OSNOVI ANALIZE ELEKTROENERGETSKIH MREŽA I SISTEMA, Akademska misao, Beograd i Tehnički fakultet, Čačak, 2004.
- [8] IEC 60909-0 SHORT-CIRCUIT CURRENTS IN THREE PHASE A.C. SYSTEMS - PART 0: Calculation of currents

Rad je primljen u uredništvo 30. 01. 2006. godine



Saša Stojković je rođen 1958. godine u Prizrenu. Diplomirao je na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu 1982. godine, a magistrirao 1989. godine na istom fakultetu. Doktorirao je 1997. godine na Tehničkom fakultetu u Čačku.

Zaposlen je na Tehničkom fakultetu u Čačku, gde predaje Tehniku visokog napona i Relejnju zaštitu. Autor je dva pomoćna udžbenika, 10 radova u časopisima i 30 na konferencijama. Učestvovao je na dva projekta koje finansira Ministarstvo za nauku i tehnologiju i na jednom projektu Evropske unije. Elektronska adresa je sasa@vets.edu.yu

Jordan Radosavljević,
Miroљjub Jevtić i Dardan Klimenta

Određivanje optimalne lokacije malih elektrana u radijalnim distributivnim mrežama

Stručni rad
UDK: 621.311.1; 621.3.05; 621.316.11

Rezime:

U ovom radu je razvijen postupak za određivanje optimalne tačke priključenja distribuiranih generatora u radijalnoj distributivnoj mreži a u cilju minimizacije gubitaka snage. Postupak se zasniva na određivanju promene ukupne snage gubitaka u distributivnoj mreži sa promenom snage injektiranja u čvorovima sistema. Mera povoljnosti za priključenje distribuiranog generatora je iskazana preko koeficijenta lokacije čvora. Takođe, razmotrena su ograničenja distributivnog sistema u smislu maksimalne snage distribuiranih generatora. Razvijeni algoritam je primenjen na dva realna test sistema.

Ključne reči: distributivna mreža, distribuirani generator, gubici snage, koeficijent lokacije.

Abstract:

DETERMINING OPTIMAL LOCATION OF GENERATORS IN RADIAL DISTRIBUTION NETWORKS

In order to minimize the power losses, a determining procedure of the optimal coupling point for distributed generators in a radial distribution network is developed in this paper. The procedure is based on determining of the total power loss variation in distribution network related to injection power exchange in the system nodes. The convenience rate for the distributed generator coupling is manifested through a nodal location coefficient. Also, the distribution system limitations in the sense of the distributed generators maximal power are considered herein. The developed algorithm is applied to the two real test systems.

Key words: distribution network, distributed generator, power losses, location coefficient.

1. UVOD

Poslednjih godina se veća pažnja posvećuje distribuiranoj proizvodnji električne energije. Šira primena distribuiranih izvora je, sa ekonomske tačke gledišta dobrodošla u cilju dalje liberalizacije tržišta električne energije, a sa tehničkog stanovišta, zbog ograničenosti klasičnih energetske izvora i prenosnih kapaciteta sistema. Generalno, primena distribuirane proizvodnje ima pozitivne tehničke implika-

cije na rad distributivne mreže, u smislu smanjenja gubitaka, poboljšanja naponskih prilika, povećanja pouzdanosti napajanja potrošača i sl., ali može doći i do negativnih uticaja. Stepenn i kvalitet uticaja na rad sistema pre svega zavise od snage, tipa i lokacije distribuiranih generatora [1].

U praksi je lokacija većine distribuiranih generatora, zavisno od tipa, uglavnom određena meteorološkim i geografskim faktorima (kao minihidroelektrane, vetrenjače). Međutim, izvori distribuirane

Mr Jordan Radosavljević, dipl. ing. el., prof. dr Miroљjub Jevtić, dipl. ing. el., mr Dardan Klimenta, dipl. ing. el.
– Fakultet tehničkih nauka Kosovska Mitrovica, 38 220 Kosovska Mitrovica, Kneza Miloša 7

proizvodnje sa predvidljivom izlaznom snagom (kao što su gorive ćelije i mikroturbine), mogu se postaviti u bilo kojoj tački distributivne mreže. Pravilnim izborom tačke priključenja i snage, mogu se postići optimalni parametri rada mreže prema određenim kriterijumima, koji se mogu po volji uzeti. Najčešće, cilj je minimizacija gubitaka snage u distributivnoj mreži, uz održavanje unutar propisanih granica osnovnih parametara kvaliteta električne energije (napon, struja, frekvencija).

Problem optimalne lokacije i snage distribuirane proizvodnje tretiran je u stranoj stručnoj literaturi. Tako, na primer, u referenci [2], za prost radijalni sistem iskorišćen je metod momenta struje, dok je za složeniji sistem razvijen metod koji se bazira na modifikaciji matrice impedansi nezavisnih čvorova pri dodavanju distribuiranog generatora u neki čvor. Na bazi vrednosti objektivne funkcije za različite lokacije distribuiranog generatora određuje se koji je čvor optimalan. U referenci [3] se optimalna snaga i lokacija distribuirane proizvodnje određuju na osnovu faktora osetljivosti napona i faktora osetljivosti gubitaka aktivne snage, koji se određuju kao promene napona i gubitaka sa promenama aktivne i reaktivne snage u čvorovima sistema. Metod se zasniva na modifikaciji algoritma za izbor lokacije i veličine kondenzatorskih baterija za kompenzaciju reaktivne snage u radijalnim distributivnim mrežama [4,5].

U ovom radu je izložen jedan postupak za određivanje optimalnog angažovanja distribuirane proizvodnje u radijalnim distributivnim mrežama ruralnih područja. Cilj optimizacije je minimizacija gubitaka aktivne snage u mreži. Pri tome su postavljena ograničenja da ukupna snaga distribuirane proizvodnje u datoj mreži nije veća od trećine ukupne potrošnje, da naponi u svim čvorovima moraju biti u propisanim granicama i da struje elemenata sistema (vodovi i transformatori) ne pređu maksimalno dozvoljene vrednosti. Primenom razvijenog postupka dobijaju se optimalne lokacije za priključenje distribuiranih generatora u posmatranoj mreži.

2. OPTIMALNA LOKACIJA DISTRIBUIRANE PROIZVODNJE

Da bi se odredila tačka u distributivnoj mreži u kojoj je najbolje postaviti distribuirani generator (DG), tako da se dobiju najbolji efekti, potrebno je pronaći ili uočiti vezu između snage koju u datoj tački injektira DG i promene veličine čiju vrednost treba optimizirati. Najprostiji (trivijalni) način je postavljati DG u svaki čvor i vršiti proračun zadate veličine (gubitaka). Broj potrebnih proračuna je jednak ukupnom broju čvorova.

Dakle, jasno je da je za ocenu stepena i kvaliteta uticaja DG na rad distributivne mreže potrebno pre svega imati ili razviti efikasan algoritam za proračun tokova snaga i naponskih stanja u mreži. Upotreba klasičnih algoritama, koji se koriste za rešavanje tokova snaga i naponskih stanja u visokonaponskim mrežama (npr. Gaussov, Newton-Raphsonov i drugih) je vrlo teška ili skoro nemoguća. Razlog je u slaboj povezanosti mreže (radijalne mreže), tako da je stepen interkonekcije čvorova mali. Zatim, odnos otpornosti i reaktanse (R/X) vodova i transformatora je veliki, što vodi slaboj konvergenciji [6,7,8]. Dodatni problem za primenu ovih metoda je veoma veliki broj čvorova u distributivnim mrežama, a time i jednačina koje treba simultano rešiti, pa se postavlja pitanje brzine proračuna. Iz ovih razloga su za proračun radijalnih distributivnih mreža razvijeni posebni iterativni metodi koji se zasnivaju na direktnoj primeni Kirchhoffovih zakona. U praksi se za proračun tokova snaga i napona u radijalnim distributivnim mrežama najčešće koriste algoritmi zasnovani na metodi Shirmohammadijeva [8].

Gubici aktivne i reaktivne snage u mreži su neizbežna posledica proticanja aktivne i reaktivne energije snagama P i Q , respektivno. Tokovi snaga, a time i gubici snage u sistemu su funkcija napona. Shodno tome, promena snage gubitaka P_{gub} sa promenom snage injektiranja P i Q se može napisati na sledeći način [3]:

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial P_{gub}}{\partial P} \\ \frac{\partial P_{gub}}{\partial Q} \end{bmatrix} [J]^{-1} \begin{bmatrix} \frac{\partial P_{gub}}{\partial \theta} \\ \frac{\partial P_{gub}}{\partial V} \end{bmatrix} \quad (1)$$

gde je J matrica Jakobijana,

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial P}{\partial \theta} & \frac{\partial P}{\partial V} \\ \frac{\partial Q}{\partial \theta} & \frac{\partial Q}{\partial V} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Ukupni gubici snage u sistemu se mogu odrediti kao suma injektiranih aktivnih snaga P_i u svim čvorovima mreže

$$P_{gub} = \sum_{i=1}^{i=n} P_i = \sum_{i=1}^{i=n} \sum_{j \in \alpha_i} V_i V_j [G_{ij} \cos \theta_{ij} + B_{ij} \sin \theta_{ij}] \quad (3)$$

Iz jednačine (3), mogu se odrediti izvodi snage gubitaka po uglu i modulu napona čvora i :

$$\begin{aligned} \frac{\partial P_{gub}}{\partial \theta_i} &= \sum_{j=1}^{j=n} \sum_{j \in \alpha_i} V_i V_j [-G_{ij} \sin \theta_{ij} + B_{ij} \cos \theta_{ij}] \\ \frac{\partial P_{gub}}{\partial V_i} &= \sum_{j=1}^{j=n} \sum_{j \in \alpha_i} V_j [G_{ij} \cos \theta_{ij} + B_{ij} \sin \theta_{ij}] \end{aligned} \quad (4)$$

gde su:

P_i, Q_i – aktivna i reaktivna snaga injeckiranja u čvoru i ,

V_i, θ_i – moduo i ugao fazora napona čvora i ,

V_j, θ_j – moduo i ugao fazora napona čvora j ,

$\theta_{ij} = \theta_i - \theta_j$,

α_i – skup čvorova koji su povezani sa čvorom i

B_{ij}, G_{ij} – susceptansa i konduktansa elementa matrice admitansi nezavisnih čvorova mreže ($\underline{Y}_{ij} = G_{ij} + jB_{ij}$).

Osnovni problem je određivanje matrice Jakobijana, iz napred pomenutih razloga (veliki odnos R/X mreže, slaba povezanost ili interkonekcija, veliki broj čvorova). Međutim, ako se uzmu u obzir neke specifičnosti radialne distributivne mreže, a to su:

- da je razlika napona između susednih čvorova mala i ,
- da nema otočnih grana, odnosno da se otočne kapacitivnosti kondenzatora za kompenzaciju reaktivne snage mogu predstaviti preko injeckiranja snage.

Elementi Jakobijeve matrice se mogu izraziti u obliku [6,7]:

$$\frac{\partial P_i}{\partial \theta_j} \approx V_i V_j B_{ij} \cos \theta_{ij} \quad J \neq \quad (5)$$

$$\frac{\partial P_i}{\partial \theta_i} \approx V_i \sum_{j \in I, j \neq i} V_j B_{ij} \cos \theta_{ij} \quad (6)$$

$$\frac{\partial P_i}{\partial V_j} \approx V_i V_j G_{ij} \cos \theta_{ij} \quad J \neq \quad (7)$$

$$\frac{\partial P_i}{\partial V_i} \approx V_i \sum_{j \in I, j \neq i} V_j G_{ij} \cos \theta_{ij} \quad (8)$$

$$\frac{\partial Q_i}{\partial \theta_j} \approx V_i V_j G_{ij} \sin \theta_{ij} \quad J \neq \quad (9)$$

$$\frac{\partial Q_i}{\partial \theta_i} \approx V_i \sum_{j \in I, j \neq i} V_j G_{ij} \sin \theta_{ij} \quad (10)$$

$$\frac{\partial Q_i}{\partial V_j} \approx V_i V_j B_{ij} \sin \theta_{ij} \quad J \neq \quad (11)$$

$$\frac{\partial Q_i}{\partial V_i} \approx V_i \sum_{j \in I, j \neq i} V_j B_{ij} \sin \theta_{ij} \quad (12)$$

Na ovaj način, određivanjem matrice J i izvoda snage gubitaka po modulu i fazi napona čvorova, mogu se prema jednačini (1) odrediti promene gubitaka aktivne snage u sistemu sa promenom snaga injeckiranja u pojedinim čvorovima. U cilju utvrđivanja ste-

pena povoljnosti za priključenje distribuirane proizvodnje uvodi se koeficijent lokacije (KL) čvora:

$$KL_i = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial P_{gub}}{\partial P_i} + \frac{\partial P_{gub}}{\partial Q_i} \right) \quad (13)$$

Gubici aktivne snage u distributivnoj mreži su manji kada se DG priključi u čvor sa većom vrednošću KL . Poređenjem vrednosti KL čvorova, koji pripadaju definisanom skupu čvorova u koje je moguće priključiti DG, može se napraviti rang lista čvorova u koje treba priključiti DG da bi gubici aktivne snage u mreži bili što manji.

3. OPTIMIZACIJA SNAGE DISTRIBUIRANE PROIZVODNJE

Određivanje optimalne snage distribuirane proizvodnje u postojećoj radialnoj distributivnoj mreži, za koju u fazi planiranja i projektovanja nije predviđen rad distribuiranih generatora, svodi se na maksimizaciju snage distribuirane proizvodnje uz zadovoljenje kriterijuma tipa nejednakosti, kojima se definišu osnovna pogonska ograničenja mreže. Što se tiče snage potrošača u datoj mreži, pretpostavlja se da se opterećenje pojedinih čvorova, na osnovu analize rada iz prethodnog perioda, nalazi u okviru određenih granica min-max, koje su poznate. Prema tome, optimizacioni problem se u ovom slučaju može predstaviti na sledeći način:

$$\max (P_{G_i} + jQ_{G_i}) \quad (14)$$

pod ograničenjima:

tipa nejednakosti:

$$V_{\min} \leq V \leq V_{\max} \quad (15)$$

$$P_{guoG} \leq P_{gub} \quad (16)$$

$$I_{ij} \leq I_{ij \max} \quad (17)$$

ograničenja tipa jednakosti:

Jednačine modela za proračun napona čvorova i tokova snaga u distributivnoj mreži [1].

gde su:

P_{G_i}, Q_{G_i} – aktivna i reaktivna snaga distribuiranog generatora u čvoru i ,

V_i – moduo napona čvora i ,

V_{imin}, V_{imax} – minimalna i maksimalna dozvoljena vrednost modula napona u čvoru i , respektivno,

P_{gubG} , P_{gub} – ukupni gubici aktivne snage u distributivnoj mreži, sa i bez distribuirane proizvodnje, respektivno,

I_{ij} – moduo struje koja teče po elementu mreže između i čvorova i i j ,

I_{ijmax} – maksimalno trajno dozvoljena struja elementa između čvorova i i j .

Optimizacija lokacije i veličine snage distribuirane proizvodnje je iterativni proces u kome se za odabranu lokaciju određuje snaga DG tako da se postignu minimalni gubici snage uz zadovoljenje postavljenih pogonskih ograničenja. Algoritam po kome se sprovodi postupak utvrđivanja optimalne lokacije i snage distribuiranih generatora u radijalnoj distributivnoj mreži, može se izložiti u nekoliko koraka:

1. Definisane strukture (konfiguracije) mreže i parametara elemenata. Mreža se definiše numerisanjem čvorova po ograncima, tj. prvo se označe čvorovi najdužeg ogranka, a zatim se nastavi označavanje čvorova po ostalim ograncima, počev od ogranka koji je najudaljeniji od izvornog čvora,
2. Određivanje snaga potrošača u datoj distributivnoj mreži. Tačne vrednosti je teško odrediti, ali se u praksi mogu poznavati minimalna i maksimalna snaga svakog čvora za određeni period. U ovom radu, snaga potrošnje svakog čvora je određena kao vrednost koja se nalazi u opsegu između minimalne i maksimalne vrednosti, po metodi slučajnog izbora:

$$P_p = P_{p, \min} + (P_{p, \max} - P_{p, \min}) \cdot r$$

$$Q_p = Q_{p, \min} + (Q_{p, \max} - Q_{p, \min}) \cdot r$$

gde r uzima vrednost između 0 i 1 po metodu slučajnog izbora (računar bira).

3. Preliminarni proračun tokova snaga i napona čvorova korišćenjem metode napred-nazad [1,8].
4. Na bazi izračunatih vrednosti modula i uglova fazora napona čvorova sistema u koraku 3, određuju se elementi matrice Jakobijana (jednačine 5-12) i izvodi funkcije gubitaka snage (jednačina 4),
5. Izračunavanje koeficijenata lokacije KL za sve čvorove mreže (jednačina 13). Izbor optimalnog čvora za priključenje distribuiranog generatora,
6. Definisane tipa i početne snage distribuiranog generatora,
7. Proračun tokova snaga i napona čvorova i ispitivanje ograničenja po naponu čvorova, strujama elemenata, gubicima snage sistema,
8. Ako nijedno ograničenje nije narušeno, vratiti se na korak 6 i povećati snagu DG, u suprotnom ponoviti ceo postupak (ići na korak 2) za druge ni-

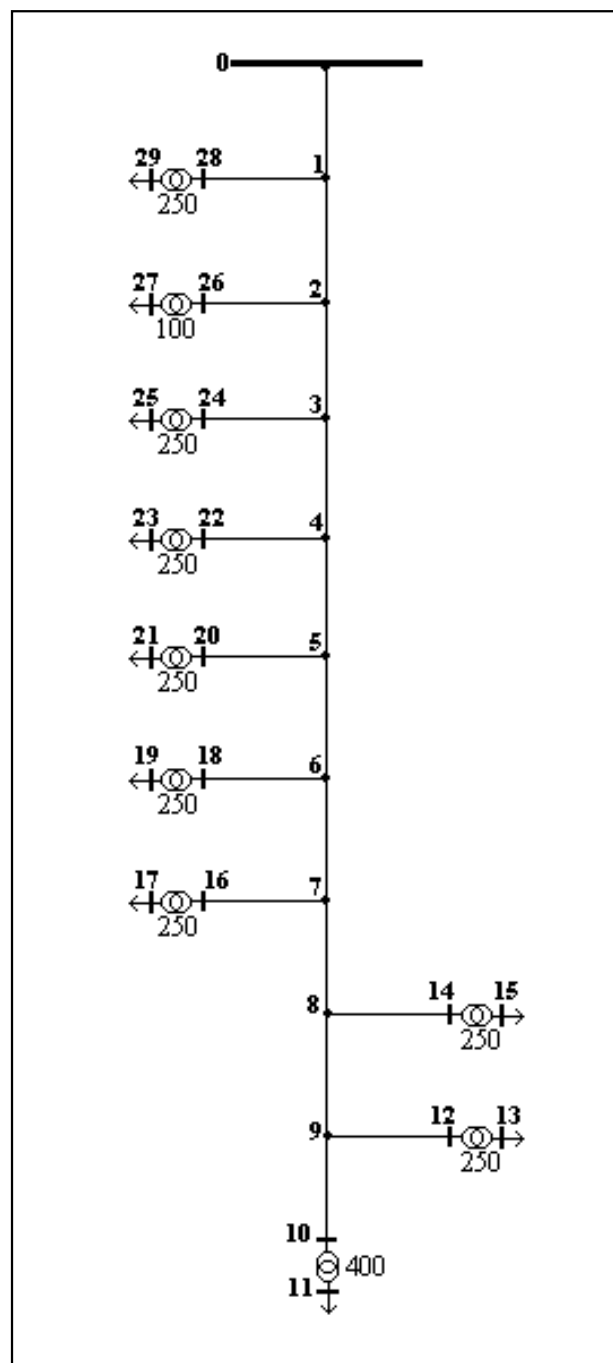
voe i strukture potrošnje (npr. u drugom periodu godine).

9. Analiza dobijenih rezultata i donošenje odluke.

4. TESTIRANJE ALGORITMA

4.1. Test sistem 1

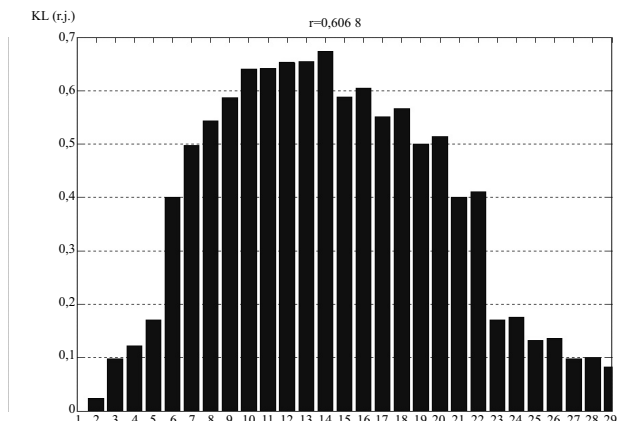
Iskorišćen je realni sistem iz reference [9]. Izgled sistema je prikazan na slici 1.



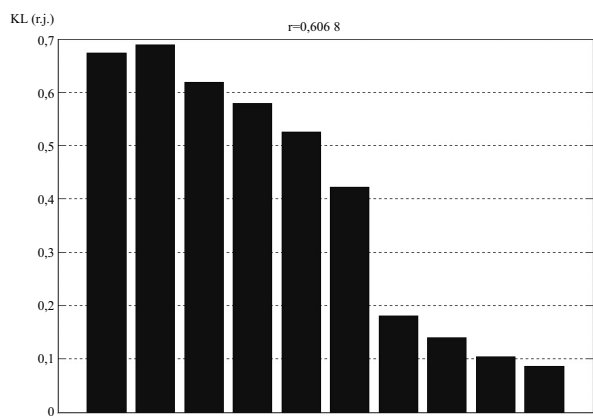
Slika 1. Test sistem 1

Parametri vodova i transformatora, kao i podaci o snazi potrošnje dati su u dodatku.

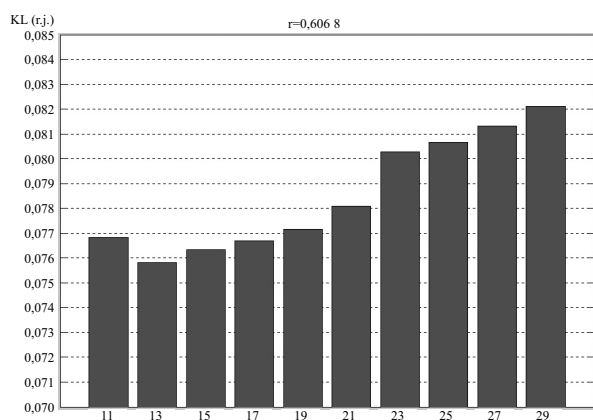
Vrednosti koeficijenta lokacije čvorova test sistema 1, za vrednost faktora potrošnje $r = 0,6068$ prikazani su grafički na slici 2.



Slika 2. Vrednosti koeficijenta lokacije čvorova u test sistemu 1



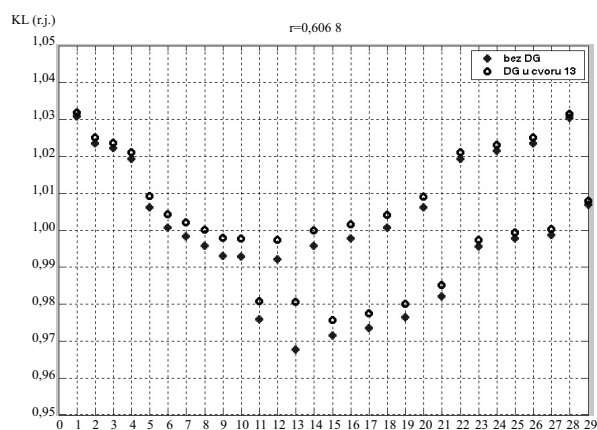
Slika 3. Vrednosti koeficijenta lokacije definisanog skupa čvorova u test sistemu 1



Slika 4. Vrednosti gubitaka aktivne snage priključenjem DG 100 kW u različite čvorove definisanog skupa

Ako se pretpostavi da postoji skup čvorova za koje postoji realna mogućnost za priključenje DG, i ako su u ovom slučaju to NN sabirnice distributivnih transformatora, tada je izbor optimalne lokacije DG sužen na razmatranje vrednosti koeficijenta lokacije čvorova iz tog skupa. Na slici 3 su prikazane vrednosti KL za definisani skup čvorova. Provere radi, na slici 4 su date vrednosti gubitaka aktivne snage u test sistemu 1 u slučajevima priključenja DG snage 100 kW u razmatrane čvorove. Jasno se može uočiti da priključenje DG u čvor sa maksimalnom vrednošću KL dovodi do minimalnih gubitaka snage u odnosu na ostale čvorove. Iz skupa čvorova u koje je moguće priključiti DG treba izabrati onaj ili one čvorove sa maksimalnom vrednošću KL .

Na slici 5 su prikazani naponski profili test sistema 1 za slučaj bez DG i sa DG u optimalnom čvoru (čvor 13).



Slika 5. Naponski profil test sistema 1

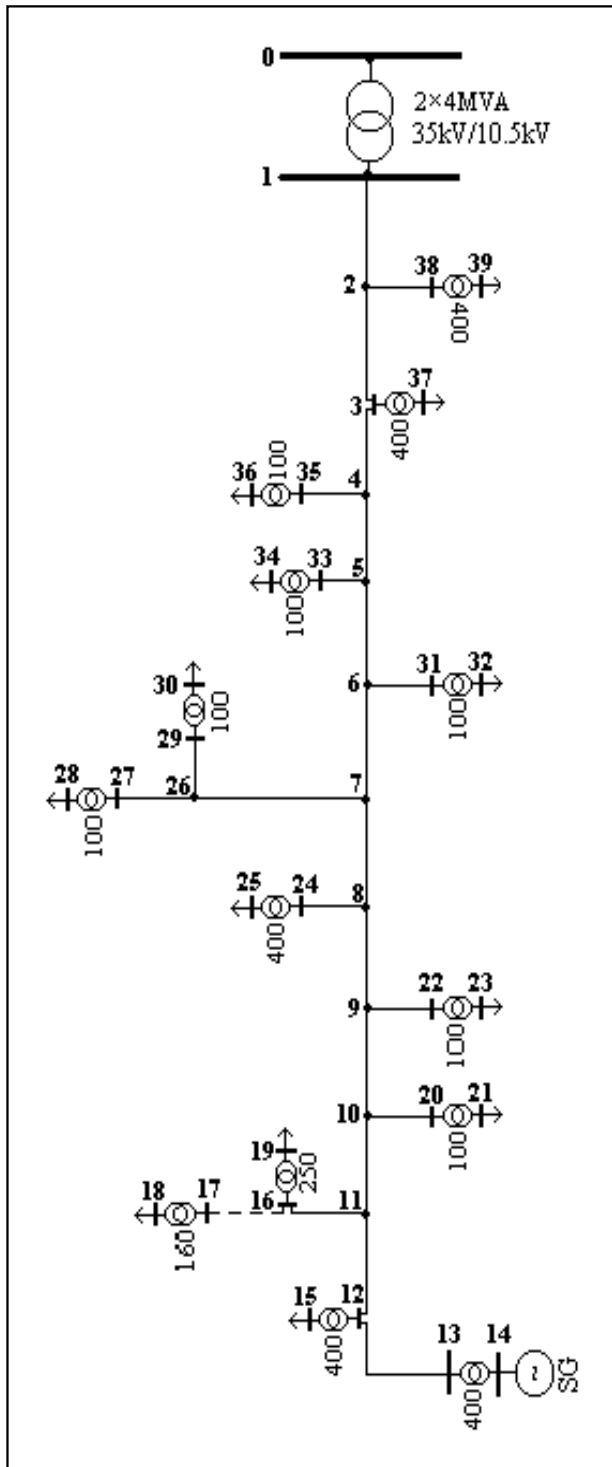
4.2. Test sistem 2

Test sistem 2, na slici 6, je deo 10 kV distributivne mreže ED Zaječar na području Zvezdan-Gamzigrad [1]. U mreži već postoji jedan DG u čvoru 14. To je sinhroni generator snage 160 kVA, $\cos \varphi = 0,7$. Na ovom području postoje povoljni uslovi za izgradnju mikro i mini hidroelektrana, tako da rezultati koji slede mogu biti od koristi za izbor optimalne tačke priključenja, kao i sagledavanje uticaja na rad distributivne mreže.

Podaci o elementima sistema kao i snagama potrošnje dati su u dodatku.

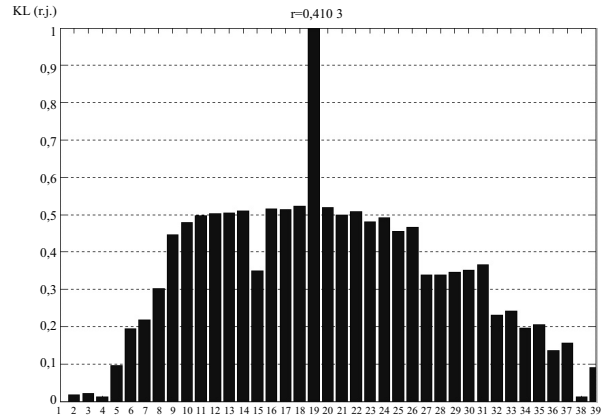
Za test sistem 2 postupak je sproveden za dve vrednosti faktora r , kojim se definiše nivo snage potrošača u sistemu. Na slici 7 su prikazane vrednosti KL čvorova za $r = 0,4103$.

Na slici 8 je prikazan deo dijagrama sa slike 7, koji se odnosi na čvorove koji su kandidati za priključenje DG. To su NN čvorovi distributivnih transformatora (15,18,21,23,25,28,30,32,34,36,37 i 39).

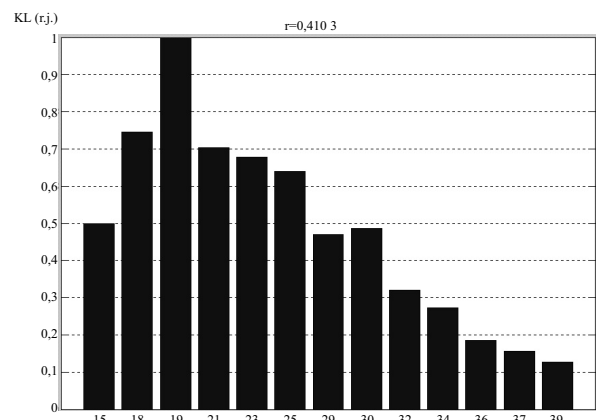


Slika 6. Test sistem 2

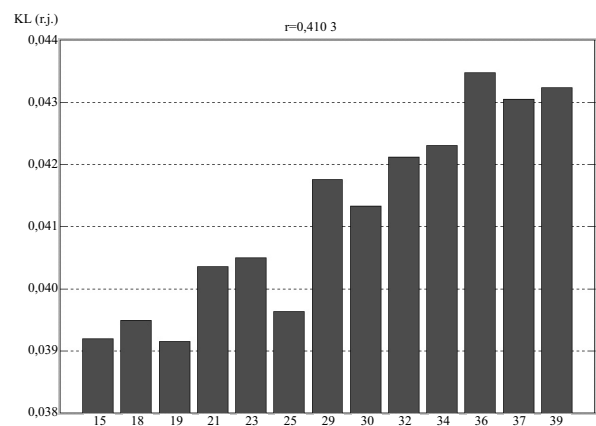
Pošto je u datom sistemu minimalna snaga transformatora 100 kVA, to je snaga DG ograničena na vrednost 100 kW. Smatra se da je generator asinhroni i da se potrebna reaktivna snaga obezbeđuje kompenzacijom na mestu ugradnje u punom iznosu, tako da DG niti uzima niti daje reaktivnu snagu mreži.



Slika 7. Vrednosti KL



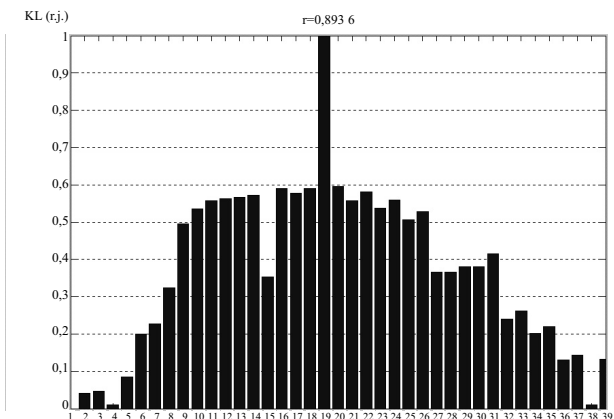
Slika 8. Vrednosti KL u definisanim čvorovima



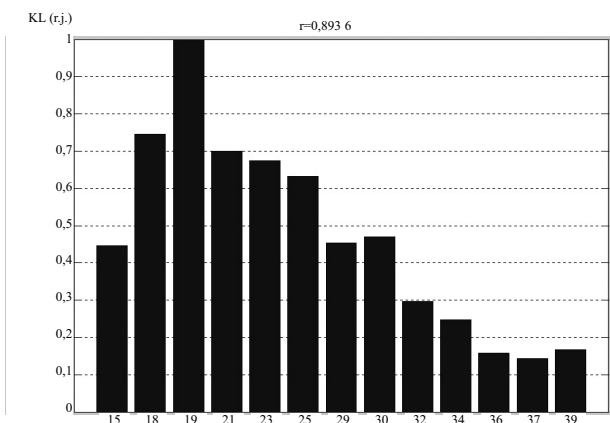
Slika 9. Gubici aktivne snage pri priključenju DG 100 kW u definisane čvorove

Vrednosti gubitaka aktivne snage pri pojedinačnom priključenju DG u navedene čvorove predstavljene su grafički na slici 9.

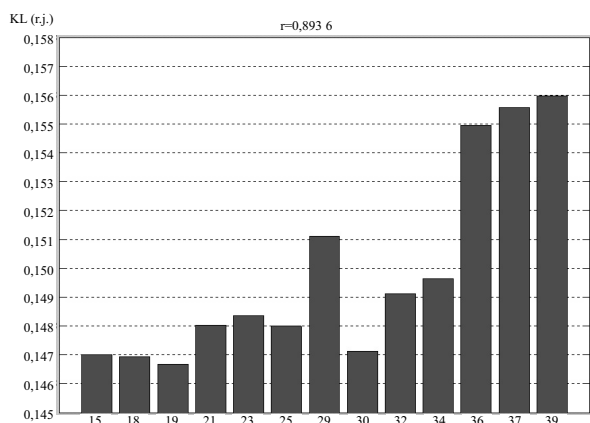
Na slikama 10, 11 i 12 su prikazani rezultati za drugi nivo opterećenja, $r = 0,8936$.



Slika 10. Vrednosti KL

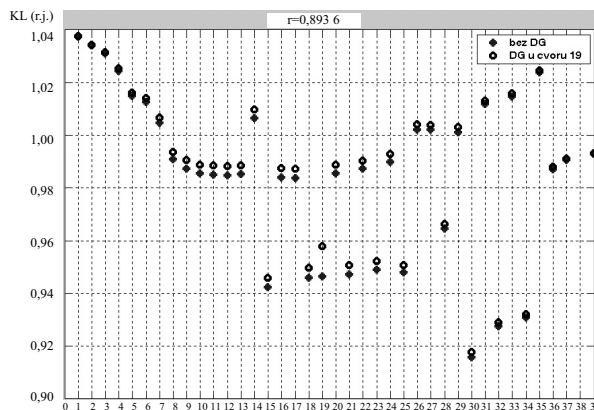


Slika 11. Vrednosti KL u definisanim čvorovima



Slika 12. Gubici aktivne snage pri priključenju DG 100 kW u definisane čvorove

Na slici 13 se može videti poboljšanje naponskih prilika u mreži nakon priključenja DG u čvor sa maksimalnom vrednošću KL (čvor 19).



Slika 13. Naponski profil test sistema 2

5. DODATAK

PODACI O TEST SISTEMIMA

5.1. Test sistem 1

Tabela 1.

Podaci o mreži

Deonica	R (Ω)	X (Ω)
0-1	1,000 0	0,490 0
1-2	0,400 0	0,234 3
2-3	0,081 8	0,047 9
3-4	0,187 9	0,110 1
4-5	1,018 1	0,596 4
5-6	0,509 0	0,298 2
6-7	0,293 9	0,172 2
7-8	0,372 7	0,218 3
8-9	0,666 7	0,390 5
9-10	0,030 3	0,017 7
10-11	3,437 0	13,570 0
9-12	0,381 8	0,223 6
12-13	6,880 0	15,326 0
8-14	0,030 5	0,010 0
14-15	6,880 0	15,326 0
7-16	0,190 9	0,111 8
16-17	6,880 0	15,326 0
6-18	0,048 5	0,028 4
18-19	6,880 0	15,326 0
5-20	0,006 1	0,003 5
20-21	6,880 0	15,326 0
4-22	0,030 3	0,017 7
22-23	6,880 0	15,326 0
3-24	0,303 0	0,177 5
24-25	6,880 0	15,326 0
2-26	0,003 0	0,001 8
26-27	20,000 0	34,640 0
1-28	0,181 8	0,106 5
28-29	6,880 0	15,326 0

NAPOMENA: Vrednosti otpora i reaktansi transformatora su svedene na naponski nivo 10 kV.

Tabela 2.
Podaci o snagama potrošnje

Čvor	$P_{Pmin} + jQ_{Pmin}$ (MVA)	$P_{Pmax} + jQ_{Pmax}$ (MVA)
11	0,040+j0,020	0,240 +j 0,120
13	0,040+j0,020	0,240 +j 0,120
15	0,040+j0,020	0,240 +j 0,120
17	0,040+j0,020	0,240 +j 0,120
19	0,040+j0,020	0,240 +j 0,120
21	0,040+j0,020	0,240 +j 0,120
23	0,040+j0,020	0,240 +j 0,120
25	0,040+j0,020	0,240 +j 0,120
27	0,020+j0,006	0,120 +j 0,036
29	0,040+j0,020	0,240 +j 0,120

5.2. Test sistem 2

PODACI O MREŽI

Vodovi

Vod	Tip	Dužina (m)
1-2	AlFe-50mm ²	170
2-3	AlFe-50mm ²	180
3-4	AlFe-50mm ²	460
4-5	AlFe-50mm ²	720
5-6	AlFe-50mm ²	180
6-7	AlFe-50mm ²	680
7-8	AlFe-50mm ²	1 390
8-9	AlFe-50mm ²	490
9-10	AlFe-50mm ²	300
10-11	AlFe-50mm ²	100
11-12	AlFe-50mm ²	150
12-13	AlFe-50mm ²	330
11-16	AlFe-35mm ²	230
16-17	XHE49A350	253
10-20	AlFe-50mm ²	60
9-22	AlFe-50mm ²	200
8-24	AlFe-50mm ²	250
7-26	AlFe-25mm ²	900
26-27	AlFe-25mm ²	50
26-29	AlFe-35mm ²	920
6-31	AlFe-25mm ²	600
5-33	AlFe-50mm ²	180
4-35	AlFe-25mm ²	400
2-38	AlFe-50mm ²	350

Transformatori

T	S_n (kVA)	m_T (kV/kV)	u_k (%)	P_{Cum} (kW)
0-1	4000	35/10,5	6	33
13-14	400	10/6	5,6	5,5
12-15	400	10/0,4	5,6	5,5
24-25	400	10/0,4	5,6	5,5
3-37	400	10/0,4	5,6	5,5
38-39	400	10/0,4	5,6	5,5
16-19	250	10/0,4	4,2	4,3
17-18	160	10/0,4	4	3
20-21	100	10/0,4	4	2
22-23	100	10/0,4	4	2
27-28	100	10/0,4	4	2
29-30	100	10/0,4	4	2
31-32	100	10/0,4	4	2
33-34	100	10/0,4	4	1,2
35-36	100	10/0,4	4	2

Tabela 3.

Podaci o snagama potrošnje

Čvor	$P_{Pmin} + jQ_{Pmin}$ (MVA)	$P_{Pmax} + jQ_{Pmax}$ (MVA)
14	-0,022 4 - j0,022 8	-0,134 4 - j0,136 8
15	0,072 0 + j0,034 0	0,432 0 + j0,204 0
18	0,028 8 + j0,014 0	0,172 8 + j0,084 0
19	0,045 0 + j0,021 8	0,270 0 + j0,130 8
21	0,018 0 + j0,008 6	0,108 0 + j0,051 6
23	0,018 0 + j0,008 6	0,108 0 + j0,051 6
25	0,072 0 + j 0,034 0	0,432 0 + j0,204 0
28	0,018 0 + j 0,008 6	0,108 0 + j0,051 6
30	0,018 0 + j 0,008 6	0,108 0 + j0,051 6
32	0,018 0 + j 0,008 6	0,108 0 + j0,051 6
34	0,018 0 + j 0,008 6	0,108 0 + j0,051 6
36	0,018 0 + j 0,008 6	0,108 0 + j0,051 6
37	0,072 0 + j 0,034 0	0,432 0 + j0,204 0
39	0,072 0 + j 0,034 0	0,432 0 + j0,204 0

Tabela 5.

6. ZAKLJUČAK

Izvedeni postupak primenjen na realnim mrežama može poslužiti za rešavanje dileme u koji čvor iz ograničenog skupa mogućih, priključiti DG tako da se dobiju najbolji tehnički parametri rada sistema. Pretpostavlja se da su, sa ekonomske strane, sve moguće tačke priključenja DG ravnopravne. Veličina DG u distributivnoj mreži je u najvećoj meri određena propusnim mogućnostima elemenata mreže u okolini DG tj. trajno dozvoljenim strujama vodova i transformatora, odnosno, maksimalna snaga DG jednaka je minimalnoj nominalnoj snazi transformatora u datom sistemu.

7. LITERATURA

- [1] Radosavljević J., Jevtić M., UTICAJ DISTRIBUIRANE PROIZVODNJE NA PADOVE NAPONA, TOKOVE SNAGA I GUBITKE SNAGE U RADIALNOJ DISTRIBUTIVNOJ MREŽI, Časopis "Elektroprivreda", br. 1, 2005.
- [2] Wang C., Hashem M., ANALYTICAL APPROACHES FOR OPTIMAL PLACEMENT OF DISTRIBUTED GENERATION SOURCES IN POWER SYSTEMS, IEEE Trans. Power Syst., vol. 19, pp. 2068-2076, Nov. 2004.
- [3] Greatbanks J. A., Popović D. H., Begović M., Pregelj A., Green T. C., ON OPTIMIZATION FOR SECURITY AND RELIABILITY OF POWER SYSTEMS WITH DISTRIBUTED GENERATION, IEEE Bologna Power Tech Conference, June 2003.
- [4] Baran M. E., Wu F. F., OPTIMAL CAPACITOR PLACEMENT ON RADIAL DISTRIBUTION SYSTEMS, IEEE Trans. Power Del., vol. 4, pp. 725-734, Jan. 1989.
- [5] Baran M. E., Wu F. F., OPTIMAL SIZING OF CAPACITORS PLACED ON A RADIAL DISTRIBUTION SYSTEM, IEEE Trans. Power Del., vol. 4, pp. 735-743, Jan. 1989.
- [6] Zhang F., Cheng C. S., A MODIFIED NEWTON METHOD FOR RADIAL DISTRIBUTION SYSTEM POWER FLOW ANALYSIS, M.E. Baran, F.F. Wu, OPTIMAL CAPACITOR PLACEMENT ON RADIAL DISTRIBUTION SYSTEMS, IEEE Trans. Power Syst., vol. 12, pp. 389-397, Feb. 1997.
- [7] Rajaković N., Tasić D., Savanović G., DISTRIBUTIVNE I INDUSTRIJSKE MREŽE, ETF, Akademski misao, Beograd, 2004.
- [8] Čalović M., Sarić A., OSNOVI ANALIZE ELEKTROENERGETSKIH MREŽA I SISTEMA, Akademski misao, Beograd, 2004.
- [9] Stojković S., UTICAJ MIKRO-HIDROELEKTRANA NA TOKOVE SNAGA I NAPONSKE PRILIKE U DISTRIBUTIVNOJ MREŽI, 27. Savetovanje JUKO-SIGRE, R C6-07, Zlatibor, 2005.

Rad je primljen u uredništvo 16. 09. 2005. godine



Jordan Radosavljević (1973) je diplomirao na Elektrotehničkom fakultetu u Prištini 1998. godine, a magistrirao na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu 2003. godine. Zaposlen je na Fakultetu tehničkih nauka u Kosovskoj Mitrovici, u zvanju asistenta. Oblast njegovog interesovanja je analiza prenosnih i distributivnih mreža i distribuirana proizvodnja.



Miroljub Jevtić je diplomirao 1980. godine, magistrirao 1987. godine, a doktorirao 1991. godine na Elektrotehničkom fakultetu u Skoplju na smeru za elektroenergetske sisteme. Doktorirao je, takođe, na Sankt Peterburškom tehničkom univerzitetu 1989. godine na katedri za električnu izolaciju, kablove i kondenzatore. Bio je zaposlen u Fabrici kablova Zaječar (1981-1991) kao rukovodilac razvoja i kao organizator kontrole kablova, na Tehničkom Fakultetu u Boru (1991-1997) kao docent i vanredni profesor i na Elektrotehničkom fakultetu u Prištini (sada Fakultet tehničkih nauka Kosovska Mitrovica) kao vanredni i redovni profesor na smeru za elektroenergetske sisteme. Objavio je 70 naučnih i stručnih radova, među kojima je i veći broj u vodećim međunarodnim i domaćim časopisima.



Dardan Klimenta rođen je 1975. godine u Peći, gde je završio osnovnu školu i gimnaziju. Diplomirao je 1998. godine na Energetskom odseku Elektrotehničkog fakulteta u Prištini i magistrirao 2001. godine na smeru Elektroenergetske mreže i sistemi Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu. Tokom postdiplomskih studija radio je kao asistent pripravnika na Elektrotehničkom fakultetu u Prištini, dok je danas asistent Fakulteta tehničkih nauka u Kosovskoj Mitrovici na odseku Elektrotehnike.

Božo Kolonja,
Dragan Ignjatović, Dinko Knežević i Ranka Stanković

Koncepcija upravljanja kvalitetom uglja na primeru površinskih kopova „Tamnava”

Originalni naučni rad
UDK: 622.332; 550.8.13

Rezime:

Osnovna energetska sirovina u Srbiji je ugalj - lignit. Međutim, ni na jednom kopu uglja još nije uspostavljen sistem kontrole i upravljanja kvalitetom uglja koji se otkopava i isporučuje termoelektranama. Rudarsko-geološki fakultet je, saglasno pozitivnim iskustvima sa sličnih evropskih rudnika, izradio koncept upravljanja ugljem na primeru kopova „Tamnava”. Predviđena je kompleksna homogenizacija koja počiva na planiranju i kontroli kvaliteta uglja koji se otkopava, potom je predviđeno mešanje, u fazi transporta, ugljeva sa više mesta otkopavanja i, po potrebi, uključivanje uglja sa kopovske deponije. Za upravljanje je razvijen originalni softver.

Ključne reči: površinski kopovi „Tamnava”, homogenizacija uglja, modeli

Abstract:

THE CONCEPT OF COAL QUALITY MANAGEMENT SYSTEM FOR „TAMNAVA” OPEN PIT MINES

Basic energy resource in Serbia is coal-lignite. However, there are no control or management systems for quality of coal delivered to power plants established at open pit mines. Concept of coal quality management system for „Tamnava” open pits was developed at the Faculty of Mining and Geology, based on affirmative experiences at similar European mines. This concept includes complex homogenization based on planning and quality control of excavated coal, followed by mixing during transportation of coal from different mining locations and if necessary intervening with coal from open pit's stockyard. Original software was also developed, for managerial purposes.

Key words: „Tamnava” open pit mines, coal homogenization, models

1. UVOD

Osnovni zadatak površinskih kopova lignita je da obezbede dovoljne količine uglja, potrebnog kvaliteta i uz minimalne troškove eksploatacije. Kako se uslovi eksploatacije pogoršavaju, a zahtevi elektrana i ekologa postaju sve stroži, uvodi se sistem upravljanja kvalitetom uglja koji omogućava planiranje i

nadzor tokom procesa eksploatacije uz održavanje kvaliteta lignita u zadanim (potrebnim) granicama.

Obezbeđenje kvaliteta uglja u granicama koje traži termoelektrana moguće je tražiti u sveobuhvatnoj primeni selektivnog otkopavanja i homogenizacije uglja. Međutim, zbog skoro redovne pojave da se kod ležišta lignita u ugljenoj seriji nalazi veliki broj proslojaka jalovine (često male moćnosti i raz-

Prof. dr Božo Kolonja, dipl. ing. rud., vanredni prof. dr Dragan Ignjatović, dipl. ing. rud., vanredni prof. dr Dinko Knežević, dipl. ing. rud., mr Ranka Stanković, dipl. ing. mat., – Rudarsko-geološki fakultet, 11 000 Beograd, Đušina 7

ličitog položaja) s jedne strane, i krupnih mašina kontinuiranog dejstva za masovnu proizvodnju (uglavnom rotornih bagera sa velikim prečnicima radnog točka) sa druge strane, dometi selektivnog rada su često ograničeni, pa homogenizacija uglja tj. mešanje uglja boljeg i lošijeg kvaliteta u cilju dobijanja zadovoljavajućeg izlaznog kvaliteta predstavlja najčešće i jedinu mogućnost za usaglašavanje interesa kopova i termoelektrana.

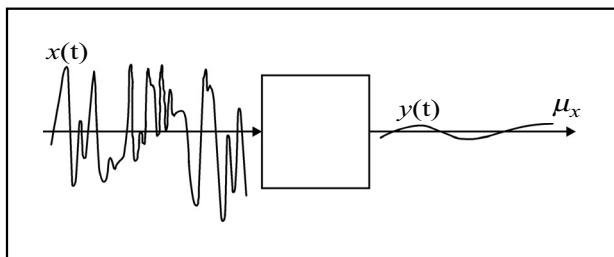
2. OPŠTE O HOMOGENIZACIJI UGLJA

Homogenizacija (engleski izraz: homogenization) predstavlja preradu *jedne* vrste materijala tako da se nepoželjne razlike u pogledu kvaliteta ili granulometrijskog sastava ublaže (ujednače), dok mešanje (engleski: blending) predstavlja formiranje krajnjeg proizvoda potrebnog i poznatog kvaliteta od *dva ili više* tipova istog materijala tako da se *posle mešanja ne može identifikovati ni jedan od materijala pojedinačno*, a mešanje ili miksovanje (engleski: mixing) predstavlja mešanje različitih komponenta, ali tako da se tragovi *pojedinačnih komponenta i posle mešanja mogu identifikovati*. [2, 13]

Prema tome, ako se vrši mešanje ugljeva iz jednog ležišta može se konstatovati da se radi o mešanju samo jednog materijala radi ujednačavanja kvaliteta ili sadržaja sumpora, što dobro korespondira sa pojmom „homogenizacija”.

Uspešnost homogenizacije najbolje se sagledava ekonomskim parametrima u integrisanom sistemu rudnik-termoelektrana. S tehničkog aspekta uspešnost homogenizacije se sagledava odnosom standardne devijacije izabranog parametra pre i posle mešanja, pri verovatnoći od 95 % [13]. Na slici 1. grafički je prikazana definicija uspešnosti homogenizacije [11].

Procesom homogenizacije teži se dobijanju supstance potrebnih, odnosno unapred zadatih karakteristika. Unapred zadati kvalitet ili karakteristika supstance predstavlja novi kvalitet koji se fizički može ostvariti mešanjem dve supstance. Ovde se uglavnom radi, ne o jednoj fiksnoj brojnoj vrednosti koja karakteriše novi kvalitet, već često o dijapazo-



Slika 1. Grafički prikaz efikasnosti homogenizacija

nu mogućih kvaliteta koji zadovoljavaju određeni proces zbog kojeg se i vrši homogenizacija. Nekad je potrebno procesom mešanja ugljeva ostvariti zahtevani donji toplotni efekat (DTE), određeni sadržaj sumpora i/ili određeni sadržaj pepela. Koji parametar će služiti kao vodeći u procesu homogenizacije određuje se u svakom slučaju ponaosob.

Homogenizacija uglja može se vršiti na samom kopu, na deponijama i kombinovano.

2.1. Homogenizacija na samom kopu

Proces homogenizacije uglja na samom kopu može se obavljati ujednačavanjem kvaliteta uglja u okviru otkopnog bloka, odnosno etaže, i ujednačavanjem kvaliteta uglja na zbirnim transporterima za ugalj.

Ujednačavanje kvaliteta uglja u okviru otkopnog bloka može se vršiti kako rotornim, tako i bagerima vedričarima [12]. Kod rada rotornog bagera homogenizacija uglja u okviru otkopnog bloka se vrši za slučajeve kada se u otkopnom bloku nalazi više slojeva uglja različitog kvaliteta i kada se između slojeva uglja nalaze proslojci jalovine, što je u praksi najčešći slučaj.

Homogenizacija uglja u okviru otkopnog bloka se u suštini svodi na princip vertikalne podele bloka na podetaže tako da se u okviru same podetaže vrši ujednačavanje kvaliteta. Ovo je moguće kada se u bloku nalaze delovi uglja različitih kvaliteta i takve moćnosti da se bar dva, po kvalitetu različita dela sloja, obuhvate jednom podetažom. Pri ovome je, sa aspekta kapacitnog iskorišćenja bagera veoma važno ispoštovati opšti princip vertikalne podele bloka na podetaže.

Kvalitet uglja (najčešće iskazan preko DTE) dobijen procesom homogenizacije u okviru otkopnog bloka predstavlja ponderisanu sredinu kvaliteta i moćnosti slojeva.

Mada je rotorni bager savršenija i daleko zastupljenija mašina na površinskim kopovima uglja, bager vedričar, sa aspekta selektivnog rada i homogenizacije uglja u okviru otkopne etaže, ima mogućnost otkopavanja slojeva male moćnosti, praktično bez smanjenja kapaciteta bagera, i istovremenog otkopavanja materijala duž cele etažne kosine. Prva mogućnost proizilazi iz višesegmentne konstrukcije nosećeg rama lanaca sa vedricama, pri čemu se zatezanjem ili otpuštanjem užadi za vešanje nosećeg rama može po želji menjati uzajamni položaj segmenta rama. Mogućnost istovremenog otkopavanja materijala duž cele etažne kosine proizilazi iz konstrukcione mogućnosti paralelnog pomeranja nosećeg rama lanaca sa vedricama, odnosno rada bagera sa paralelnim rezovima, pri čemu je dužina reza jednaka dužini etažne kosine.

2.2. Homogenizacija na transporterima

Ukoliko je kvalitet otkopanog uglja u rezu takav da može zadovoljavati kriterijume sagorevanja u termoelektrani, može se smatrati da je proces homogenizacije ostvaren u prvom koraku tj. na otkopnoj etaži. Ukoliko se pak kvalitet razlikuje od potrebnog, otkopani ugalj treba pomešati sa ugljem, koji se otkopava nekim drugim bagerom, kako bi se dobio ugalj potrebnog kvaliteta. Znači, u ovom slučaju se proces homogenizacije obavlja u dva koraka, prvo na bageru, a zatim na nekom od transporterata. Kvalitet ovako dobijene mešavine predstavlja ponderisanu sredinu kvaliteta uglja i kapaciteta bagera koji se nalaze u radu.

Homogenizacija uglja na transporterima vrši se na presipnim mestima, gde se ugalj sa etažnih ili vevnih transporterata presipa na zajednički izvozni transporter ka deponiji ili direktno ka potrošaču.

Ukoliko u ugljenom basenu postoje dva ili više kopova koji su tehnološki povezani, koristi se mogućnost mešanja uglja sa dva ili više kopova ili uglja sa kopova i deponije.

2.3. Homogenizacija na deponiji

Dodatno mesto gde se može vršiti homogenizacija je deponija uglja. Korišćenje deponije u sistemu homogenizacije moguće je na dva načina: kao deo kompleksne metode deponovanja i izuzimanja i kao metod separatnog deponovanja [9].

U prvom slučaju se ugalj deponuje po određenom sistemu (metodi) koji omogućava mešanje više slojeva uglja različitog kvaliteta, a potom se izuzima po određenom sistemu (metodom) koji omogućava izuzimanje više slojeva u jednom prolazu rikaljmera.

U drugom slučaju se unutar deponije uglja formira više mini deponija tako da se unutar svake od njih deponuje ugalj sličnih karakteristika. Ukoliko je ugalj koji dolazi sa kopova lošijeg kvaliteta od potrebnog, moguće je izvršiti homogenizaciju ugljem sa deponije. Za to je potrebno da se na deponiji nalazi ugalj dobrog kvaliteta. Međutim, moguće je i obrnuto, da se loš ugalj sa deponije homogenizuje dobrim ugljem sa kopova. Homogenizacija bi se u oba slučaja vršila tako što bi se ugalj koji otkopava deponijska mašina mešao ugljem sa kopova.

3. RAZLOZI ZA UVOĐENJE PROCESA HOMOGENIZACIJE NA POVRŠINSKIM KOPOVIMA LIGNITA SRBIJE

Razlozi za uvođenje procesa homogenizacije su mnogostruki, a dobiti koje se ostvaruju uvođenjem

ovog procesa mogu se podeliti na one koje se nalaze na strani proizvođača uglja površinskih kopova (PK), na strani prerađivača termoelektrana (TE), kao i na strani opšte društvene zajednice iskazani kao povoljnosti u odnosu na životnu sredinu.

Generalno, najveći dobitnik je država jer se ovim procesom omogućava veće iskorišćenje ležišta, jeftinija proizvodnja električne energije uz povećanu zaštitu životne sredine.

3.1. Doprinos na strani kopova

Prilikom razmatranja doprinosa na strani kopova osnovni parametri koji se moraju imati u vidu su: ograničavanje velike varijacije kvaliteta i maksimalno iskorišćenje ležišta.

Osnovni problem koji se javlja kod naših rudnika je velika i česta varijacija kvaliteta, i to kako po vertikali otkopnog bloka, tako i duž etaža. Kvalitet uglja na površinskom kopu „Tamnava” varira od 1 000 kJ/kg pa do 9 700 kJ/kg. Javljaju se i velike količine „vanbilansnog” uglja kod kojeg je toplotna moć ispod 5 230 kJ/kg.

Ako se uzme u obzir da se ugalj na površinskim kopovima „Tamnava” (istočno i zapadno polje) otkopava sa tri bagera na različitim pozicijama duž otkopnih etaža (dakle trenutno u veoma različitim kvalitetima) neophodno je sinhronizovati njihov rad (varijacijom kapaciteta i mesta otkopavanja) kako bi se kao rezultat uvek dobio ugalj potrebnog kvaliteta.

Upravljanjem kvalitetom uglja moguće je pomeriti granicu koja definiše bilansne rezerve uglja u ležištu i time aktivnim kopovima produžiti vek i povećati ekonomske efekte. U rudarskom basenu „Kolubara” pod kategorijom „bilansni ugalj” posmatrana je supstanca kod koje bi donji toplotni efekat (DTE) bio iznad 5 230 kJ/kg. Saglasno tome je razrađena i ugovorena relativna cena uglja. Po tom dokumentu rudniku uglja se „ne isplati” da termoelektrani isporučuje ugalj koji ima DTE ispod 5 230 kJ/kg (ne plaća se!), odnosno iznad 8 000 kJ/kg (ne premira se!). Primenom sistema upravljanja kvalitetom uglja, odnosno mešanjem uglja lošijeg kvaliteta sa ugljem boljeg kvaliteta, pomeriće se granica između bilansnog i vanbilansnog uglja.

Kako bi se izbegle velike varijacije u kvalitetu na našim kopovima, partije uglja sa kvalitetom ispod 5 000 kJ/kg sada se najčešće prebacuju u otkopani prostor (kao što je slučaj sa prvom podetažom na površinskim kopovima „Tamnava”) ili se ostavljaju neotkopane. Tokom 2004. godine na površinskom kopu „Tamnava-Istočno polje” odloženo je oko 100 000 m³ masa iz prve podetaže mimo redovnih proslojaka. U okviru ovih masa oko 50 % je ugalj prosečnog kvaliteta oko 4 000 kJ/kg. Ako bi se

taj uglj je homogenizovao sa ugljem veoma dobrog kvaliteta mogla bi se dobiti mešavina kvaliteta oko 6 700 kJ/kg. Na površinskom kopu „Tamnava-Zapadno polje” odloženo je približno 70 000 m³ uglja kvaliteta sličnog kao i na površinskom kopu „Tamnava-Istočno polje”.

Posebno je za kopove značajno da se uvođenjem procesa homogenizacije smanjuje potreba za selektivnim radom. Naravno, upravljanje kvalitetom u određenim intervalima zahteva redukovanje kapaciteta određenih bagera, ali se smanjivanjem potrebe za selektivnim radom taj gubitak kompenzuje.

3.2. Doprinos u termoelektranama

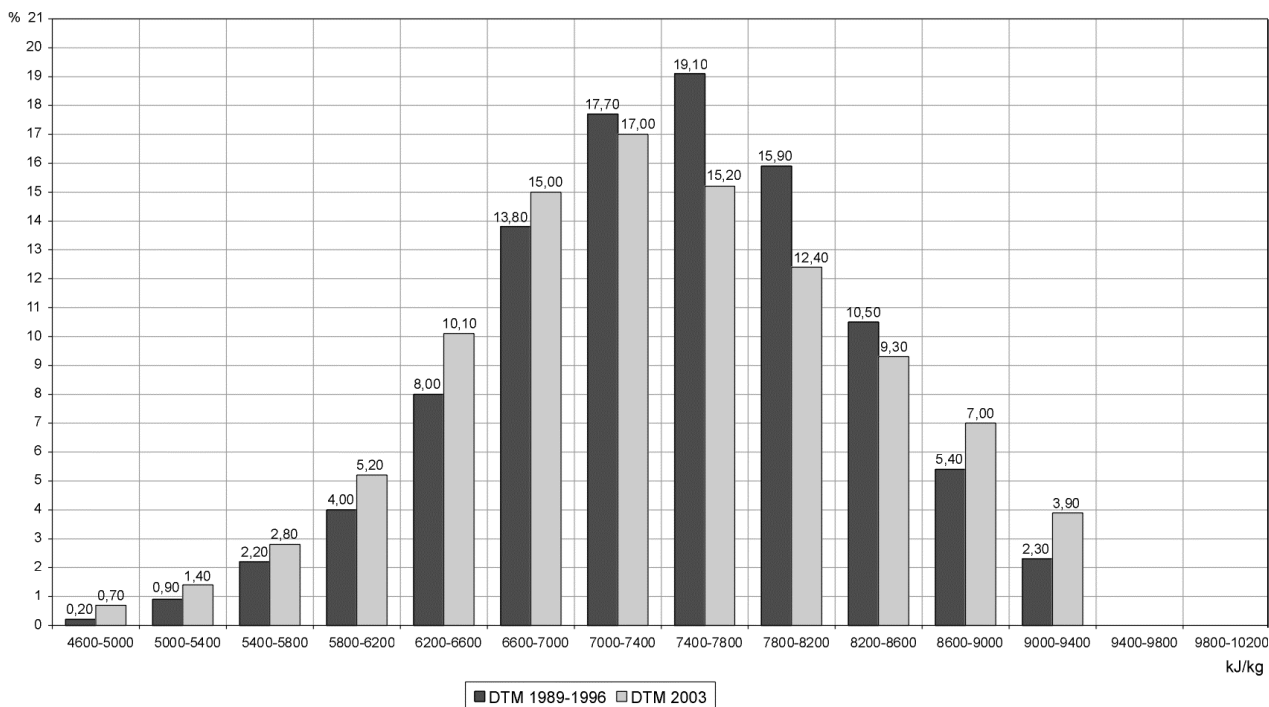
Presudan uticaj na pouzdan i ekonomičan rad svakog parnog bloka u termoelektranama ima kvalitet goriva koje se koristi. U dosadašnjoj praksi postoje periodi oscilacija toplotne moći i ostalih karakteristika kolubarskog lignita. Statistički gledano, ti periodi ne traju dugo, pa je prosečan uglj koji u dužem periodu dolazi u blokove termoelektrana dobar i uglavnom bolji od garantovanog (6 700 kJ/kg) za koji su postrojenja projektovana (slika 2.). Po pravilu pojava lignita izuzetno pogoršanog kvaliteta se dešava baš u periodima kada su potrebe za toplotnom i električnom energijom najveće. Ovo dodatno komplikuje situaciju i izaziva negativne efekte i posledice. Uz to, ta pojava unosi nesigurnost, nervozu i međusobna nepoverenja između učesnika u jedin-

stvenom tehnološkom procesu proizvodnje električne energije iz lignita.

U odnosu na gorivo regularnost procesa sagorevanja bazirana je na striktnom poštovanju parametara kvaliteta uglja i njihovom održavanju u projektovanim granicama. Svako iskakanje iz projektovanih granica remeti proces sagorevanja i utiče na efikasnost rada termoelektrane. Osnovni poremećaji u procesu sagorevanja i radu termoelektrane izazvani promenom parametara goriva i negativni efekti dati su u tabeli 1. [1, 9]

Iz pregleda datog u tabeli 1. vidi se da sagorevanje uglja čiji kvalitet ne odgovara projektovanom ima višestruke negativne efekte, i tehničke i ekonomske. Pri tome se samo kod toplotnog efekta negativne posledice pojavljuju kada se sagoreva uglj boljeg i lošijeg kvaliteta od projektovanog, dok kod ostalih parametara negativne posledice izaziva samo poremećaj iskazan u smislu povećanja (krupnoća, vlaga, pepeo), odnosno smanjenja (volatili, Hardgrov indeks, početna temperatura topljenja) projektovane vrednosti.

Jedan od tehnološki najnegativnijih uticaja pogoršanog kvaliteta uglja na rad termoelektrane odnosi se na proces pripreme uglja za sagorevanje. Sem problema sa zaglavljivanjem presipnih mesta i traka dolazi do otežanog isticanja iz kotlovskih bunquera, preopterećenja dozatora i dodavača, kidanja lanaca transporterata i sl.



Slika 2. Histogram raspodele donje toplotne moći uglja koji se sagoreo u TENT B

Poremećaji u procesu sagorevanja i radu termoelektrane izazvani promenama kvaliteta uglja i negativni efekti

Parametar	Devijacija	Efekat
Toplotna vrednost	Suviše visoka	Pregrevanje i oštećenje gorionika
		Povećano zašljakivanje
	Suviše niska	Povećana potrošnja uglja
		Povećani transportni troškovi
		Može usloviti ispad termoelektrane
Učešće pepela	Suviše visoko	Povećano učešće sitneži u proizvodu mlevenja
		Povećano erozija delova mlina, cevi i gorionika
		Povećano zašljakivanje
		Povećana emisija čvrstih čestica
Volatili	Suviše niski (<10 %)	Nestabilan plamen
		Povećana potrošnja tečnih goriva
Učešće vlage	Suviše visoko	Tečenje uglja postaje problematično
		Meljivost uglja može biti slabija
		Smanjenje efikasnosti sagorevanja
Učešće sumpora	Povećano	Promene karakteristika elektrofiltera
	Smanjeno	Promene rezistentnosti i karakteristika pepela
Hardgrov indeks	Suviše nizak	Utiče na kapacitet i finoću mlevenja
Početne temperatura topljenja	Suviše niska	Povećano zašljakivanje
Krupnoća uglja	Suviše visoka (>150 mm)	Smanjena efikasnost i stabilnost sagorevanja
		Otežava rad mlinova

Mlinovi koji su u radu u trenutku nailaska „lošeg” uglja nisu u stanju da zadrže zahtevani kapacitet zbog potrebe za povećanjem količine ugljenog praha, smanjenja kapaciteta mlinova i pogoršanje finoće mlevenja zbog neodgovarajućih uslova sušenja u mlinskom postrojenju i promenjenih osobina uglja. Zbog toga dolazi do neophodnosti uključivanja sledećeg mlina, ukoliko u tom trenutku za to ima mogućnosti.

Sem poremećaja u sistemu automatskog vođenja bloka i prelaska na ručno vođenje, to dovodi do poremećaja stabilnosti sagorevanja, pada toplotnog opterećenja kotlovskeg ložišta, potrebe uključivanja gorionika tečnog goriva u cilju stabilizacije sagorevanja i sprečavanja gašenja vatre, odnosno ispada bloka.

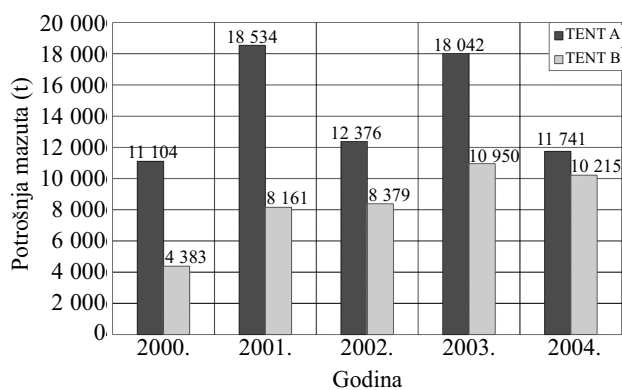
Osim navedenih tehnoloških problema uključivanje dodatnog mlina dovodi do znatnog povećanja sopstvene potrošnje električne energije (procenjuje se za oko 10 %), čime se direktno smanjuje količina električne energije koja se isporučuje elektro-energetskom sistemu.

Može se bez dvoumljenja zaključiti da je nemogućnost održavanja nominalne snage blokova često posledica rada sa pogoršanim kvalitetom uglja. Na TE „Nikola Tesla B”, korišćenje uglja pogoršanog kvaliteta uslovljava smanjenje snage za preko 10 %.

Direktna posledica korišćenja lignita pogoršanog i promenljivog kvaliteta u odnosu na projektni

je neophodnost korišćenja tečnog goriva za stabilizaciju procesa sagorevanja u ložištu. Naime, svako gorivo, sem svojih fizičko-hemijskih i energetskih karakteristika, ima i definisana kinetička i aerodinamička svojstva koja mu omogućavaju efikasno sagorevanje u ložištu koje je za njega projektovano. Poremećaji koji nastaju pri pogoršanju kvaliteta uglja neminovno dovode do promene tih karakteristika i svojstava, pa je neophodno u ložište dovoditi kvalitetno tečno gorivo u cilju sprečavanja gašenja vatre, ispada bloka i eventualnih kvarova i havarija.

Na slici 3 data je potrošnja mazuta za podršku vatre na TE „Nikola Tesla” tokom 2004. godine zbog korišćenja uglja lošeg kvaliteta.



Slika 3. Potrošnja mazuta za podršku vatre zbog lošeg kvaliteta uglja u TENT A i B

Godišnje se u TENT-u za podršku vatri zbog lošeg kvaliteta uglja potroši 15 000-29 000 tona mazuta.

Jedna od izraženih negativnih posledica korišćenja uglja pogoršanog kvaliteta je sniženje stepena korisnosti kotlovskeg postrojenja. Naime, projektanti, konstruktori i proizvođači koncipiraju i izvode kotlovske postrojenje tako da radi sa optimalnim stepenom korisnosti pri radu na nominalnoj produkciji pare (snazi bloka) i sa ugljem garantovanog kvaliteta. Za te tehničke uslove se i daju odgovarajuće tehničke garancije. Pri odstupanju bilo kog od garantovanih uslova i parametara, a pogotovu pri odstupanju više njih (što je slučaj pri radu sa pogoršanim kvalitetom uglja), kotlovske postrojenje radi sa sniženim stepenom korisnosti. Veza između promena stepena korisnosti i toplotne moći uglja je kompleksna i zavisi od velikog broja parametara. Primera radi, za kotlovske postrojenja koja koriste naše lignite prema garancijama proizvođača pri sniženju toplotne moći za oko 1 000 kJ/kg dolazi do sniženja stepena korisnosti za približno 2 %. U svakodnevnoj praksi te promene su još veće jer se uslovi pogona u standardnim uslovima eksploatacije znatno razlikuju od uslova koji vladaju u toku garancijskih ispitivanja.

Korišćenje uglja pogoršanog kvaliteta znatno doprinosi povećanju broja kvarova i zastoja glavne i pomoćne opreme kotlovskeg postrojenja. Uz ranije navedene probleme pri radu u tim uslovima dolazi do preopterećenja sistema za dopremu i pripremu goriva, kotlovskeg ložišta i ostalih grejnih površina, sistema za otpremu šljake i pepela, kao i ventilatora dimnih gasova. Pri tome, zbog povećane potrošnje uglja i povećanog sadržaja pepela u njemu dolazi do povećanja brzina ugljenog praha i produkata sagorevanja, a ovo dovodi do povećanja habanja i erozije duž celog kotlovskeg trakta. To dovodi do povećanog trošenja metala, do češćih zastoja i do produženja vremena za sanaciju navedenih problema. Ne može se jednoznačno reći za koliko se zbog toga povećavaju troškovi održavanja.

Do povećanja količine šljake i pepela pri radu bloka sa pogoršanim kvalitetom uglja dolazi kako zbog povećane mase utrošenog uglja, tako i zbog povećanog sadržaja pepela u njemu. Količine uglja i pepela se dodatno uvećavaju i zbog rada kotla sa sniženim stepenom korisnosti. Povećanjem količine šljake i pepela dodatno se opterećuje sistem za njihovu otpremu, što povećava troškove i skraćuje aktivni radni vek deponije [8].

ELEKTROPRIVREDA, br. 1, 2006.

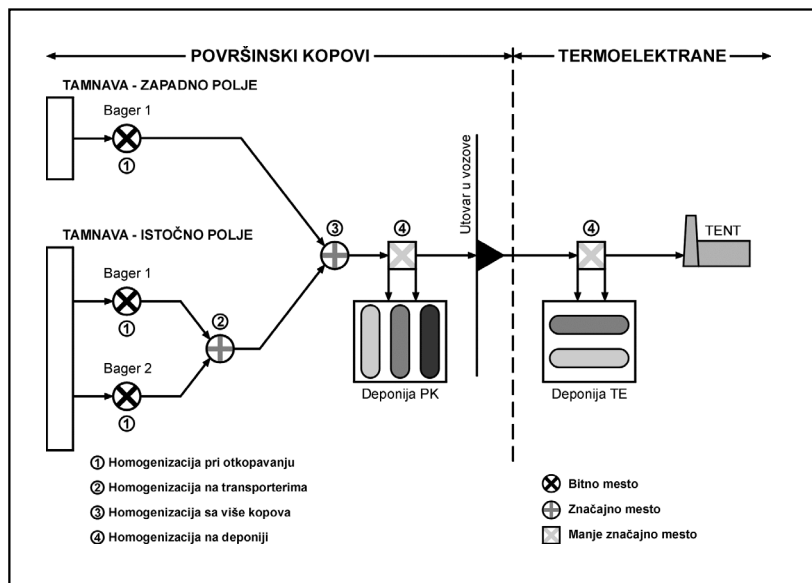
3.3. Doprinos zaštiti životne sredine

Uticaj eksploatacije i prerade uglja na životnu sredinu iskazuje se ne samo u fazi otkopavanja i transporta na površinskom kopu već i u fazi deponovanja, na kopu i termoelektrani, fazi sagorevanja i fazi deponovanja nusproizvoda sagorevanja. Pri svim tim fazama uticaj je negativan, a parametar koji te probleme implicira se menja u zavisnosti od faze prerade.

U odnosu na okruženje homogenizacijom i upravljanjem kvalitetom uglja ostvaruje se optimalna preraspodela emisija i emisija zagađenja. Ova ujednačena i ravnomerna emisija zagađenja može imati veoma pozitivan efekat na stanovništvo u okruženju jer doprinosi ekološki povoljnijoj situaciji i omogućava ispunjavanje zakonom propisanih i dozvoljenih normi zagađenja. Ovo se naročito odnosi na ravnomernije učešće sumpora u uglju koji se sagoreva. Jedan od efekata čiji značaj se ne može zanemariti proističe iz bolje organizovanosti i nužnosti uspostavljanja bolje kontrole što samo po sebi nosi pozitivne efekte i na neke parametre zagađenja. Ovo se posebno odnosi na probleme samozapaljenja uglja na deponijama i izdvajanje prašine sa deponija.

4. PREDLOG KONCEPCIJE UPRAVLJANJA KVALITETOM UGLJA NA PRIMERU POVRŠINSKIH KOPOVA „TAMNAVA“

Homogenizacija je, dakle, tehničko-tehnološki i organizacioni proces mešanja ugljeva otkopanih različitim opremom sa različitih, međusobno bliskih, lokacija i transportovanih u jednom integrisanom si-



Slika 4. Mesta na kojima je moguća homogenizacija uglja na površinskom kopu „Tamnava“

stemu koji omogućava da se pre faze utovara u transportna sredstva kojima se ugalj usmerava ka termoelektranama izvrši ujednačavanje kvaliteta uglja, prema zadanom ili usvojenom parametru.

Na slici 4. prikazana su mesta na kojima je moguće vršiti homogenizaciju uglja na P.K. „Tamnava”. Na slici su posebnim simbolima naznačena mesta bitna za homogenizaciju, odnosno mesta na kojima se ne mogu načiniti značajnija tehnološka poboljšanja u procesu homogenizacije.

Nakon analize uslova eksploatacije na ležištu „Tamnava”, usvojen je koncept da se homogenizacija vrši kombinovano na samom kopu i na deponiji kopa (sa mogućnošću ograničene korekcije kvaliteta i na deponiji termoelektrane). Na slici 5. prikazan je konceptualni model sistema upravljanja kvalitetom uglja na površinskim kopovima „Tamnava” baziran na izradi geološkog modela ležišta, izradi tehnološkog modela ležišta, operativnom planiranju i analizi rada bagera, operativnoj kontroli rada bagera uz korišćenje on-line analizatora, korišćenju deponije (po potrebi) i isporuci uglja TENT-u potrebnog kvaliteta i količine sa izveštavanjem (automatskim slanjem sertifikata voza odmah po utovaru).

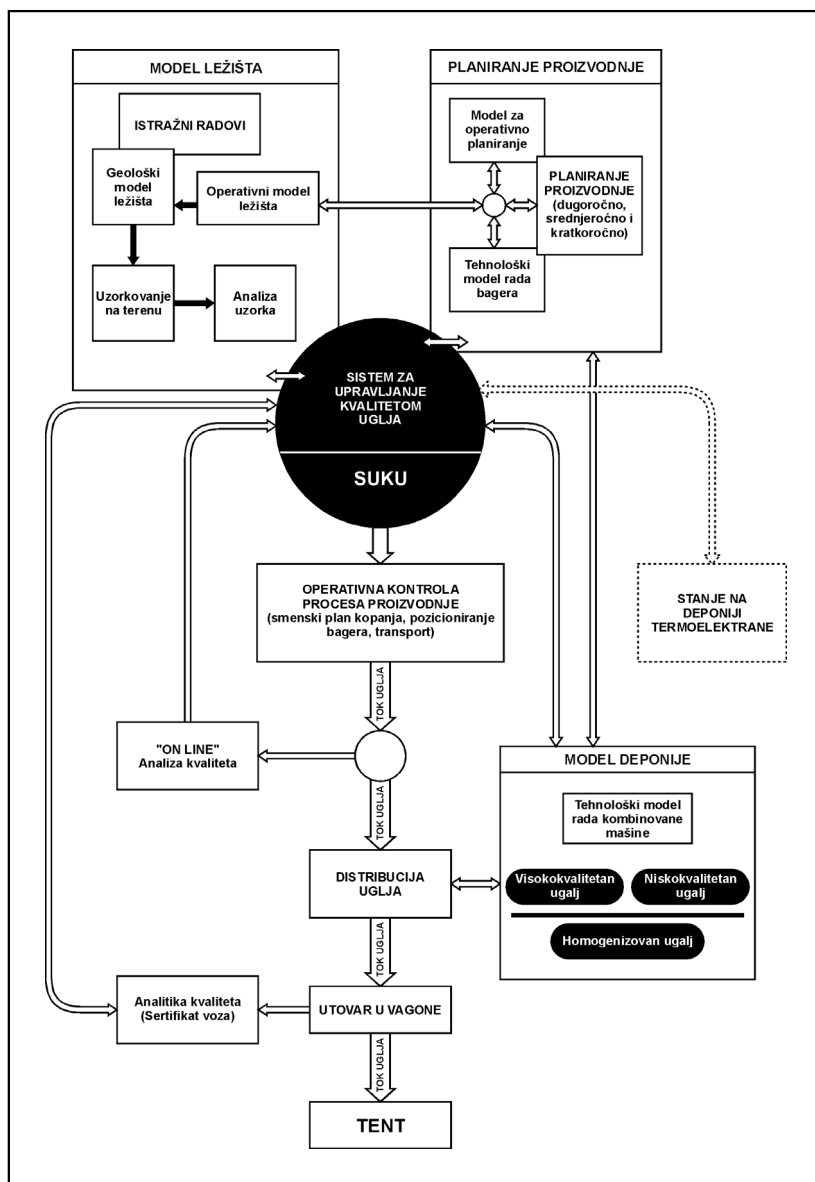
Ovaj konceptualni model predviđa kompleksno softversko upravljanje procesom proizvodnje uglja uz kontinualnu kontrolu postignutih rezultata i uspostavljanje više mesta na kojima se može intervenisati kako bi isporučeni ugalj bio uvek u ugovorenim (zahtevanim) granicama. Za tu namenu razvijen je softver nazvan Sistem za Upravljanje Kvalitetom Uglja (SUKU). Sistem je razvijen u MS Visual Studio .NET 2003 razvojnom okruženju. Baza podataka je razvijena u MS SQL Server-u, verzija 2000.

Uzimanje uzoraka za potrebe određivanja kvaliteta uglja obavlja se tokom geoloških istražnih radova. Na osnovu ovih ispitivanja utvrđuje se kvalitet uglja u celom eksploatacionom polju, koji služi za projektovanje termoelektrane. Odnosno, karakteristike ložišta i

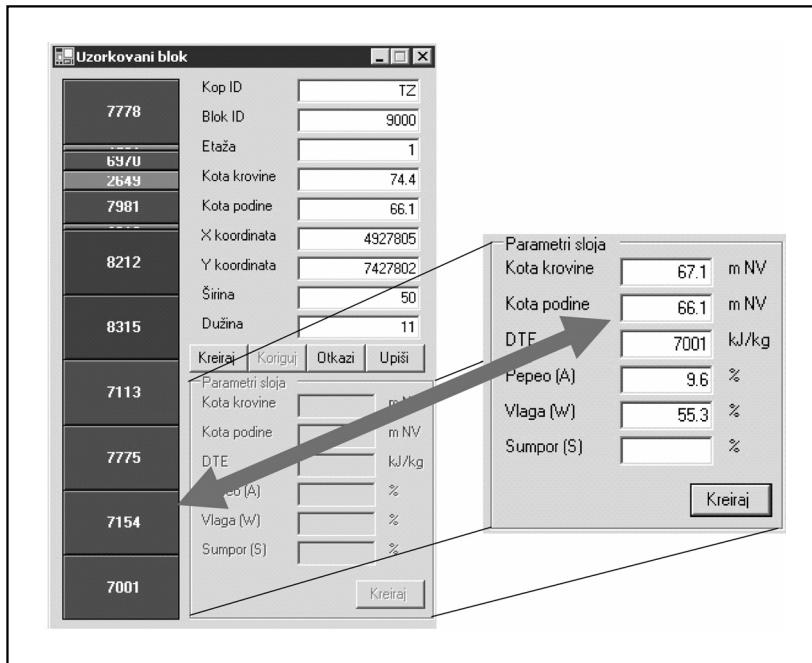
kotla određuju se na osnovu izmerenih parametara kvaliteta uglja (DTE, pepeo, sumpor, itd.), s obzirom da je ležište prirodna tvorevina koja je praktično nepromenljiva u eksploatacionom veku ležišta. Na osnovu istih istraživanja pravi se geološki model ležišta, definiše eksploataciono polje, oprema za otkopavanje i transport. Definiše se i tehnologija rada. Dakle, istražni radovi pre početka rada površinskog kopa imaju izuzetnu važnost.

Raspoloživa geološka baza o ležištu „Tamnava” je korišćena za izradu geološkog modela kvaliteta uglja u ležištu primenom „Surpac” paketa za modeliranje ležišta mineralnih sirovina

Analizom raspoloživih parametara u bazi podataka o kvalitetu uglja, konstatovano je da su oni određeni laboratorijski standardizovanim metodama na



Slika 5. Konceptualni model upravljanja kvalitetom uglja



Slika 8. Panel za unos podataka o operativnom geološkom bloku

Definisanje tehnološke podele se može izvesti za bilo koji broj izabranih blokova (ili za sve blokove ležišta) odjednom, a postoji i mogućnost njenog definisanja za svaki operativni blok pojedinačno. Primenjena metodologija kreiranja podetaža u funkciji homogenizacije za otkopni blok visinske etaže bagera SchRs630, koji je ograničen koordinatama XY na površinskom kopu „Tamnava - Zapadno polje” prikazana je na slici 9.

Procedura započinje očitavanjem odgovarajućeg operativnog geološkog bloka iz baze podataka. Bloku je moguće pristupiti navođenjem njegovog broja ili koordinata. Izabrani otkopni blok uglja se sastoji od niza slojeva sa različitim kvalitetom (vrednostima DTE). Ostali parametri, bilo kog sloja u bloku mogu

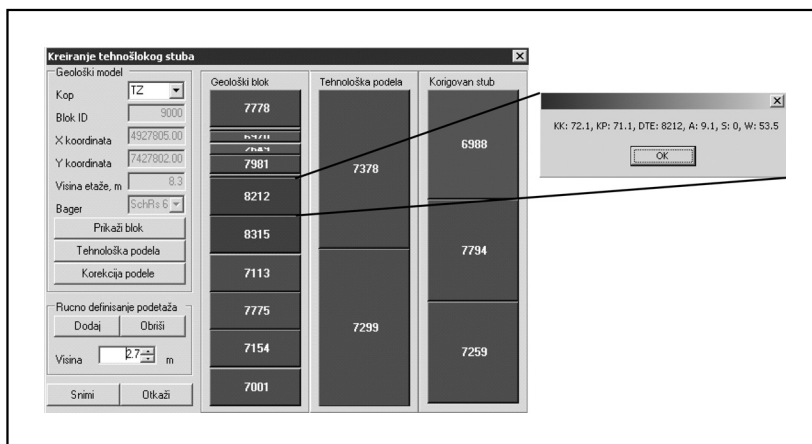
Vrednost razblaženja kvaliteta uglja u slučaju otkopavanja proslojaka gline sa ugljem je utvrđena laboratorijskim ispitivanjima i krive zavisnosti su ugrađene u softver. Na ovaj način se uvek teži da ponderisani kvalitet uglja u okviru podetaže bude u granicama kvaliteta koji zahteva termoelektrana.

Program automatski, na bazi prethodno definisanih kriterijuma, daje predlog optimalne tehnološke podele. Planer tehnološku podelu koju daje računar može korigovati (visinu i/ili broj podetaža) ukoliko postoje operativni razlozi za to, slika 9 - korigovana podela. Izabrana varijanta tehnološke podele se na kraju snima u bazu.

4.3. Model deponije uglja

Integralni deo sistema za upravljanje kvalitetom uglja svakako predstavlja i deponija uglja. Značaj koji deponija ima u sistemu homogenizacije uglja zavisi od koncepcije njene upotrebe. Strukturirana upotreba rudničke deponije omogućava samo ograničene intervencije u kvalitativnom i kvantativnom smislu. Ovakva upotreba podrazumeva koncepciju deponije sa tri jasno definisana segmenta deponije sa „niskokvalitetnim”, „visokokvalitetnim” i „homogenizovanim” ugljem. Ugalj se u ovim segmentima odlaže kontrolisano na pozicije prema klasama kvaliteta, slika 10.

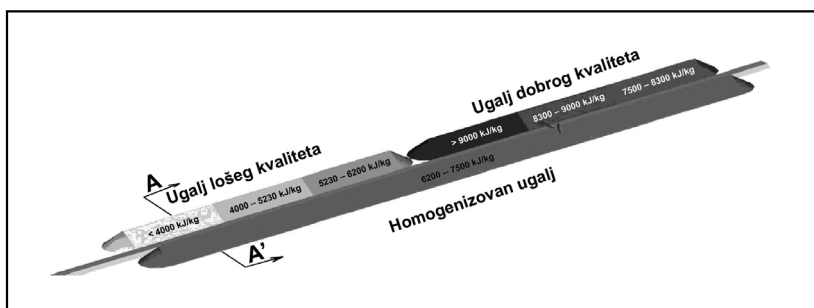
ELEKTROPRIVREDA, br. 1, 2006.



Slika 9. Izgled panela za kreiranje tehnološkog bloka

Prilikom odlaganja vodi se računa o tome da se ugalj sipa na delu predviđenom za prihvatanje datog kvaliteta. S obzirom da sa kopova dolazi ugalj poznatog kvaliteta, za ovakvo sortiranje potrebno je ostvariti minimum kontrole: praćenje kvaliteta uglja koji se odlaže i praćenje odloženih količina date klase kvaliteta. Ovako formirana deponija omogućava korigovanje kvaliteta uglja koji ide ka termoelektranama u mnogo širim granicama. Deo deponije sa homogenizovanim ugljem se ne deli na segmente, budući da se odlaganje planira na takav način da se po celoj dužini ostvari kvalitet uglja u potrebnom dijapazonu.

Razume se, Rudnik ima interesa da ugalj šalje direktno sa kopova u termoelektranu, bez prethodnog deponovanja. Saglasno tome, deponovanje uglja treba posmatrati kao nužnu potrebu koja se koristi radi izbegavanja ekscenčnih situacija.



Slika 10. Šema deponije sa odlaganjem po klasama kvaliteta

Danas se na većini površinskih kopova deponije uglja formiraju Ševron metodom budući da se ovom tehnologijom postižu najbolji efekti homogenizacije. Ona podrazumeva odlaganje uglja duž centralne ose deponije na takav način da se formira trougaoni oblik poprečnog profila. Budući da se deponijska mašina kreće duž ose prilikom odlaganja, ugalj se ravnomerno raspoređuje čime se praktično stvara kompozit ujednačenog kvaliteta po celoj dužini segmenta deponije predviđenog za odlaganje uglja konkretne klase kvaliteta. Zbog toga je unutar svakog segmenta dovoljno izračunati ponderisan DTE na osnovu poznatih količina i kvaliteta, a za poznate dimenzije segmenta deponije (poznatu zapreminu segmenta), da bi se omogućila njegova upotreba za homogenizaciju sa zadovoljavajućom tačnošću.

Parametri deponije neophodni za simulaciju rada deponije su: du-

žina i širina deponije, ugao nagiba kosine deponovanog uglja, količina koja se odlaže ili uzima u jedinici vremena, broj slojeva za odlaganje i metoda odlaganja i uzimanja.

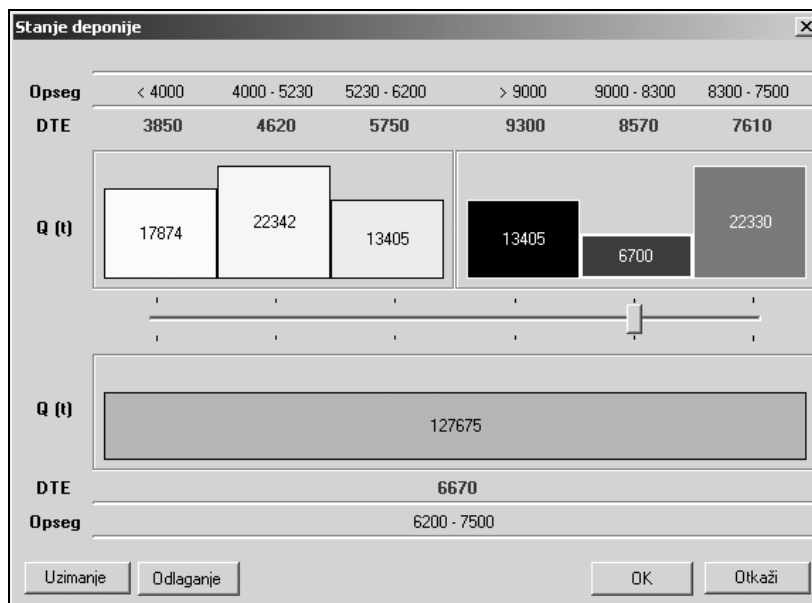
Prilikom uzimanja uglja, deponijska mašina radi kao rotorni bager. Tokom uzimanja uglja sa deponije, rotorni točak uzima materijal iz više odloženih slojeva istovremeno, čime se obezbeđuje ujednačen kvalitet uglja po celom segmentu.

U programskom sistemu za upravljanje kvalitetom uglja (SUKU) operateru se nudi potpun uvid u stanje deponije, kako po pitanju ponderisanog kvaliteta u svakom segmentu, tako i po pitanju količina koje su na raspolaganju po segmentima deponije. U zavisnosti od raspoloživog stanja operater donosi odluku sa kog dela deponije će se uzeti ugalj i vrši pozicioniranje deponijske mašine, u zavisnosti od toga da li je potrebno podići ili oboriti kvalitet me-

šavine uglja koji se isporučuje termoelektranama. Osim toga, u slučaju zastoja nekog od bagera i nemogućnosti da se postigne projektovani kapacitet, vrši se dopuna kapaciteta sa dela deponije sa homogenizovanim ugljem.

Da bi se umanjila mogućnost da deponija ostane bez uglja određenog kvaliteta, sistem automatski upozorava operatera da je količina uglja određenog kvaliteta pala ispod definisanog minimuma i da je

potrebno izvršiti dopunu. Dopunjavanje deponije se vrši tako što se deponijska mašina pozicionira na odgovarajući segment i vrši odlaganje. Količina mate-



Slika 11. Izgled panela za kontrolu rada deponije

rijala na segmentu deponije se uvećava za odloženu količinu i vrši se ponderisanje vrednosti DTE. Vrednosti prikazane na displeju operatera (slika 11.) se ažuriraju u skladu sa novonastalim promenama.

5. PLANIRANJE PROIZVODNJE I KONTROLA KVALITETA UGLJA

Fundamentalni problem dugoročnog planiranja površinskog kopa se svodi na određivanje optimalne konture otkopavanja mineralne sirovine. Ona se definiše preko one konture kopa koja daje definisanu količinu uglja uz ostvarivanje maksimalnog profita i bezbedan rad kopa. Ova kontura je obično prilagođena tako da predstavlja obris završnog izgleda površinskog kopa.

U svim fazama razvoja postoji potreba za stalnim monitoringom optimalnog kopa kako bi se olakšalo dugoročno, srednjeročno i kratkoročno planiranje i eksploatacija raspoloživih rezervi. Optimiziranje kopa i planiranje su dinamički koncepti koji zahtevaju stalno preispitivanje, tako da se problem planiranja proizvodnje može definisati kao proces specificiranja redosleda kojim „blokovi” treba da budu otkopani kako bi bio maksimiziran ukupan diskontovani profit kopa na kojem figurišu brojna fizička i ekonomska ograničenja. Obično se ograničenja odnose na redosled otkopavanja blokova, kapacitete opreme za otkopavanje, transport i deponovanje uglja itd. Planiranje kopa se deli na četiri kategorije: dugoročno (za ceo radni vek kopa), srednjeročno (do pet godina), kratkoročno (godišnji planovi) i operativno (dnevno, nedeljno i/ili mesečno).

Dugoročno planiranje definiše krajnje ekonomske konture površinskog kopa. Primarni cilj dugoročnog planiranja je ustanoviti redosled rudarskih operacija koje određuju ekonomski limit rudnika. Kako se planiranje obično radi sa oskudnim informacijama, efektivna kontrola upravljanja kvalitetom mineralne sirovine praktično nije moguća.

Srednjeročno planiranje se odnosi na vremenski raspon od jedne do pet godina. Ono obezbeđuje neophodne informacije za predviđanje buduće proizvodnje i troškova. Postoje praktična ograničenja u kontrolisanju kvaliteta uglja u okviru srednjeročnog planiranja, zbog limitiranih informacija o parametrima kvaliteta uglja.

Kratkoročno planiranje se odnosi na sve aktivnosti koje treba planirati u periodu od jednog do dvanaest meseci. Ovaj plan definiše zahteve sa aspekta preciznije prognoze kvaliteta uglja, kapaciteta otkopavanja i troškova proizvodnje. Za realizaciju ovog planiranja su potrebne preciznije informacije o parametrima kvaliteta uglja i raspoloživoj opremi. Problemi kontrole kvaliteta uglja su obično

inkorporirani u kratkoročno planiranje čime su obezbeđene neophodne detaljne informacije unapred. Ovo se radi tako što se godišnji plan napredovanja radova preklapa sa blok modelom rezervi i uzimaju se količine po visini jedne etaže za svako mesto otkopavanja, zahvaćene jednonedeljnim, a potom i mesečnim planom. U praksi se retko ide sa planiranjem preko onoga što se sa pouzdanošću može otkopati prema planu, pošto bi prilagođavanja dinamike zahtevala reprojekovanje već definisanog plana.

Operativno planiranje se odnosi na dnevne ili nedeljne zahteve rudnika i treba da bude u skladu sa kratkoročnim planovima i detaljnošću na nivou smene. Operativni plan uključuje ažuriranje informacija o kvalitetu lignita sa mesta otkopavanja na osnovu uzorkovanja sa otvorene etaže ili bušotina sa krovine uglja. Cilj operativnog planiranja na kopovima lignita varira od rudnika do rudnika ali je najčešći maksimizacija ili minimizacija određenog parametra kvaliteta uglja uz ispunjenje zahteva koji proizilaze iz fizičkih i geoloških ograničenja, pravila i metode otkopavanja.

5.1. Model za operativno planiranje proizvodnje i kontrolu kvaliteta uglja

Primarni cilj ovog modela je da pomogne planeru u kontrolisanju kvaliteta uglja koji se otkopava na svim otkopnim mestima u planskom periodu. Ovi modeli optimiziraju proizvodnu količinu uglja, obično određenu kao funkciju cilja za koju važi skup ograničenja koja definišu izvodljivost rešenja. Funkcija cilja i ograničenja su matematičke funkcije varijabli i parametara odlučivanja. Varijable odlučivanja su aspekti sistema koji mogu biti kontrolisani, dok parametri ne mogu biti kontrolisani od strane donosioca odluke.

Ciljevi modela operativnog planiranja rada bagera su dvostruki. Prvo, moraju biti zadovoljeni zahtevi vezani za kvalitet uglja u određenom planskom periodu pri čemu važe neka fizička i geološka ograničenja i koriste se određena pravila i metode otkopavanja. Drugo, zahtevi vezani za količinu moraju osiguravati projektovanu smensku (dnevnu) proizvodnju uglja. Ova dva cilja imaju najviši prioritet u operativnom planiranju jer izostanak kvaliteta i količine uglja imaju neizostavno nepovoljan ekonomski efekat za rudnik.

Upravljanje kvalitetom uglja sa gledišta rešavanja problema homogenizacije se može svesti na problem pronalaženja optimalnog kapaciteta sa kojim treba da rade bageri u proizvodnom sistemu (na jednom ili više kopova) tako da pri poznatom kvalitetu uglja na otkopnom bloku (podetaži) i tehnolo-

škimi ograničenjima ostvari optimalanu isporuku uglja potrošaču.

Jedna od metoda kojom se uspešno rešavaju slični problemi je Simpleks metoda (algoritam). Simpleks algoritam pronalazi maksimum (ili minimum) linearne funkcije više promenljivih pri definisanim linearnim ograničenjima.

Integrisanje „simpleks metode” u Sistem za upravljanje kvalitetom uglja (SUKU) je urađeno u okviru dela softvera kojim se pravi operativni plan rada bagera. Simulaciju rada bagera, odnosno kreiranje (predloga) operativnog plana rada je moguće vršiti za različite vremenske periode: nekoliko sati, jednu ili više smena ili dana. Na početku simulacije bageri se pozicioniraju u prostoru, odnosno za svaki bager se unose blok i podetaža na kojoj se oni nalaze, a softver na osnovu te pozicije iz baze podataka i ranije definisanog tehnološkog modela očitava kvalitet uglja koji bageri otkopavaju i ostale parametre potrebne za rešavanje simpleks metode. Kao rezultat linearnog programiranja (LP) program vraća operativni kapacitet kojim svaki bager treba da radi.

Sve dok su polazni parametri modela važeći, tj. dok su isti bageri raspoloživi i dok rade u istom kvalitetu, važe dobijeni operativni kapaciteti. Čim se neki od uslova promeni, tj. čim neki od bagera promeni podetažu ili se desi zastoje na nekom od bagera, menjaju se uslovi rada i LP procedura se automatski ponovo startuje za novonastalu situaciju. Na osnovu tehnologije rada evidentirane u bazi kroz tehnološke parametre bagera i bloka prati se njihovo napredovanje u prostoru i shodno tome se uzima odgovarajući kvalitet uglja iz modela ležišta.

Pri svakom pozivu LP modela mogu da se dese dve situacije: da problem ima rešenje bez uključenja deponije, ili da ne postoji rešenje ciljne funkcije pod zadatim ograničenjima bez uglja sa deponije. Ukoliko se nađe rešenje, korisnik se informiše i simulacija se nastavlja.

Ukoliko LP procedura ne može da nađe rešenja, problem se rešava uključenjem deponije radi iznalaženja rešenja, slika 12. Razlog zbog kog nema rešenja može biti otkopavanje uglja kvalitetnijeg ili lošijeg od potreba ili smanjen kapacitet otkopavanja. Pretpostavka za ove operacije je da se u datom trenutku na deponiji nalazi ugalj potrebnog kvaliteta. Ukoliko ga nema, korisnik može da bira, u zavisnosti od ostalih zahteva proizvodnje, da odlaže na deponiju ili da uzima sa deponije.

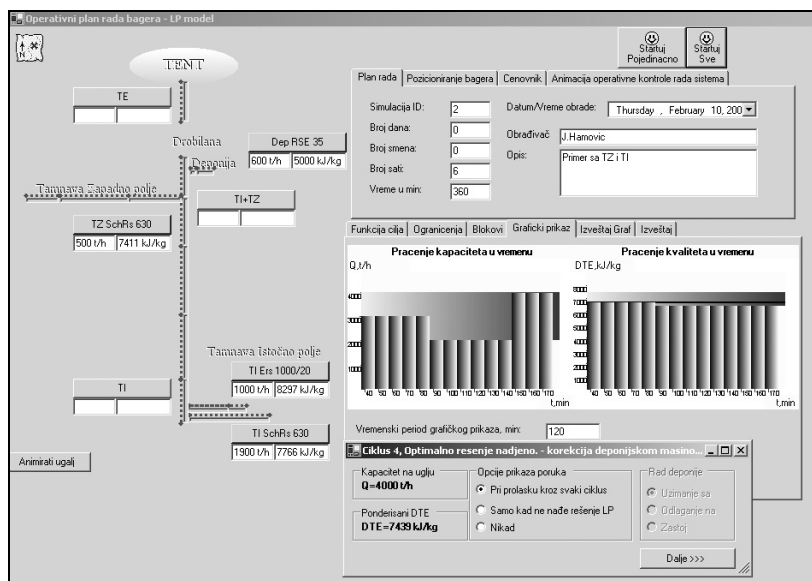
Da bi se korisniku pružila mogućnost sistemat-ske analize napravljenog operativnog plana, odnosno urađene simulacije, razvijen je deo softvera kojim se vrši animacija rada bagera. Nakon urađene simulacije, osim animacije rada bagera moguće je analizirati dobijene izveštaje u grafičkom i tekstualnom obliku. Na panelu se dinamički, u funkciji vremena, prikazuju kapacitet i kvalitet uglja koji se isporučuje termoelektrani. Animaciju je moguće raditi za željeni vremenski period, a može se varirati i korak prikaza parametara sistema. Korisnik može da prilagodi i brzinu izvršavanja animacije.

Ukoliko korisnik nije zadovoljan urađenim operativnim planom, može ponoviti simulaciju sa korigovanim parametrima, ponovo izvršiti animaciju i tako ponavljati proceduru sve dok se ne iznađe optimalno rešenje operativnog plana.

5.2. Upravljanje procesom homogenizacije

Da bi se moglo upravljati procesom homogenizacije uglja neophodna je nabavka i ugradnja opreme i uređaja za merenje mase i kvaliteta uglja (tračne vage i on-line analizatori za DTE, pepeo, vlagu, sumpor, itd.), kao i odgovarajućeg sistema za akviziciju informacija.

U sistemu kopova „Tamnava” je ukupno predviđeno instalisanje šest vaga na transporterima i pet on-line analizatora kvaliteta uglja. Prvi on-line analizator se nalazi na bageru SchRs 630 i služi za kontrolu kvaliteta uglja koji se otkopava tim bagerom. Drugi je montiran na transporteru SU-5. Namijenjen je za kontrolu uglja koji na kopu „Tamnava-Istok”



Slika 12. Panel sa primerom rešenja problema uključivanjem uglja sa deponije

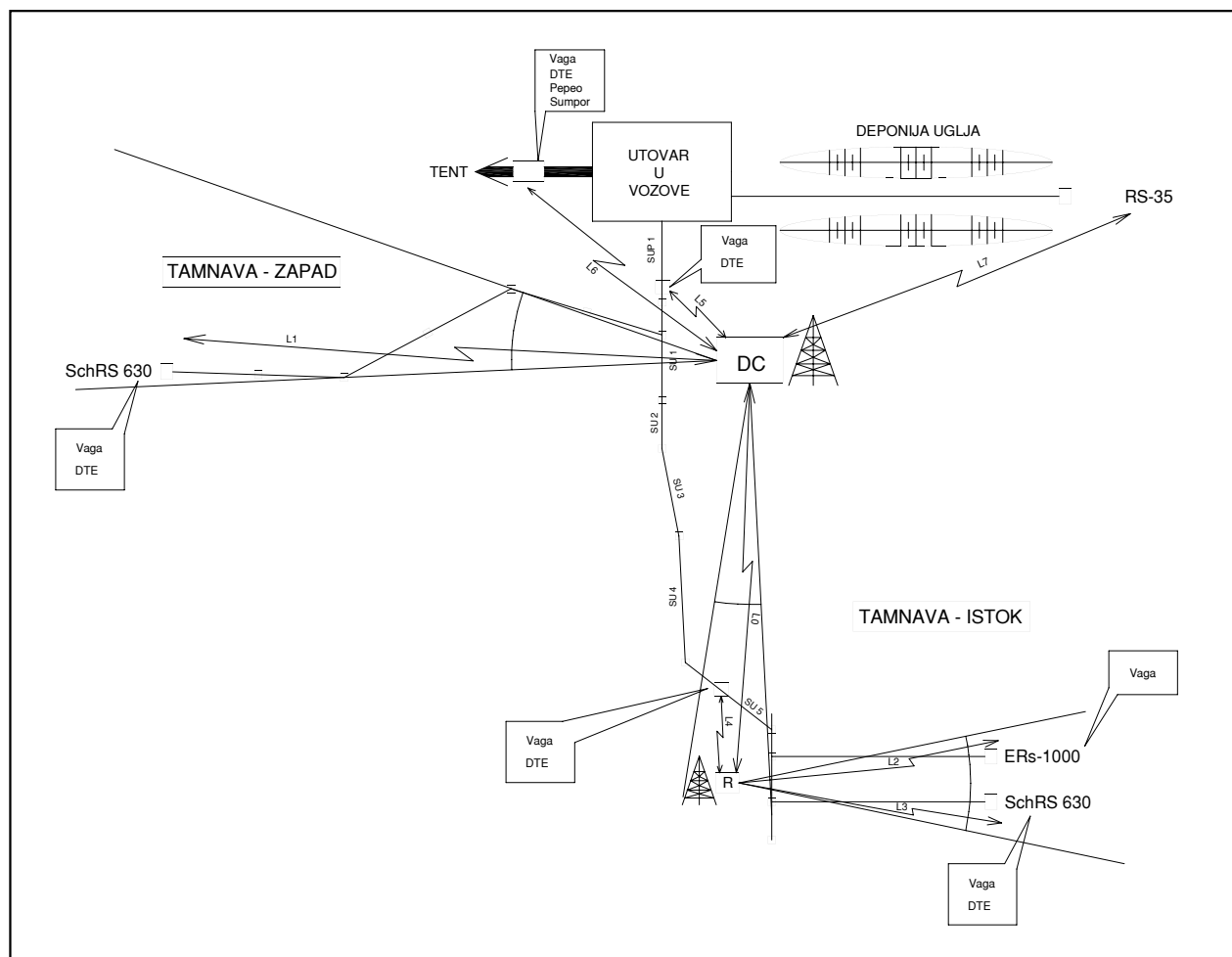
otkopavaju bageri ERs-1000 i SchRS 630. S obzirom da se ka termoelektranama uvek upućuje mešavina ugljeva, interesantan je samo kvalitet te mešavine, a ne i pojedinačni kvalitet uglja koji otkopava svaki bager. Međutim, ako dođe do nekog poremećaja u kvalitetu uglja koji se otkopava, ovaj analizator će poslužiti da se utvrdi koji bager je to uzrokovao. Treći on-line analizator prati rad bagera lociranog na P.K. „Tamnava-Zapad”, dok je četvrti montiran na transporteru SU-1 posle mešanja ugljeva sa oba kopa. Praktično, ovaj analizator pokazuje skupni kvalitet uglja koji se upućuje ka drobilani i deponiji, odnosno ka termoelektranama. Peti on-line analizator je montiran na mestu utovara uglja u vagone.

Ugrađeni on-line analizatori služe za posredno praćenje kvaliteta uglja, ali se proces ne vodi preko njih već preko operativnog geološkog modela ležišta. On-line analizatori su razvijeni za rad sa kvalitetnim ugljevima. Osnovni problem primene on-line analizatora na lignitu leži u njihovoj nepouzdanosti usled velikih varijacija toplotnog efekta, vlage, pepela i krupnoće tokom eksploatacije i merenja. Zbog

toga se predloženi sistem upravljanja ne bazira na merenjima sa on-line analizatora. Rezultati dobijeni na prva četiri analizatora tretiraju se samo kao indikativni zbog očekivanih velikih varijacija parametara uglja. Kada se mešanjem parametri kvaliteta ujednače, nailazi se u zonu merenja petog analizatora za koji se očekuje da ima uslove da daje tačne i precizne rezultate te se koristi za izradu sertifikata o kvalitetu uglja koji se otprema ka termoelektranama.

U okviru sistema za upravljanje kvalitetom uglja potrebno je obezbediti prenos podataka od mesta merenja do dispečerskog centra (DC). Neke od tačaka merenja se nalaze na stabilnim objektima (stacionarnim transporterima, utovarnom mestu itd), čiji se položaj u odnosu na dispečerski centar neće menjati, dok se neke od tačaka merenja nalaze na mašinama koje se u toku rada često (bageri), ili povremeno (etažni trakasti transporter) pomeraju. Zbog ove druge grupe mernih mesta neophodno je da se koristi mobilni ili bežični sistem prenosa podataka.

Raspored merne opreme i konfiguracija sistema za akviziciju podataka prikazana je na slici 13.



Slika 13. Šematski prikaz mesta merenja i konfiguracije sistema za akviziciju podataka

Dakle, na svim mestima na kojima se predviđa homogenizacija (na bagerima, zbirnim transporterima i deponiji) kontinuirano se prati trenutni kvalitet i kapacitet. Čitav proces nadgleda operativni inženjer za upravljanje kvalitetom koji po potrebi može da reaguje na odgovarajući način, odnosno vrši korekciju kapaciteta odgovarajućih bagera, uključuje deponijsku mašinu i dr.

6. ZAKLJUČAK

Date analize pokazuju da je tehnički i ekonomski [15,16] opravdano i neophodno prići realizaciji procesa homogenizacije ugljeva na površinskim kopovima Elektroprivrede Srbije. Saglasno iskustvima sa površinskih kopova iz okruženja moguće je implementirati sistem upravljanja kvalitetom uglja koji započinje na ležištu, potom traje u fazama otkopavanja, transporta, deponovanja i izuzimanja uglja sa deponija. Uspostavljanjem ovako kompleksnog sistema moguće je ispuniti zahteve termoelektrana u pogledu kontinualnog obezbeđenja uglja ugovorenih i garantovanih parametara. Tim postupkom bi se, s rudarskog aspekta, obezbedile značajne prednosti iskazane kroz veću iskoristivost raspoloživih rezervi uglja u ležištu i tehnički povoljnije uslove eksploatacije. Sa aspekta termoelektrana snabdevanje ugljem ustaljenog i unapred poznatog kvaliteta bitno bi doprinelo regularnosti i stabilnosti procesa sagorevanja, smanjila bi se sopstvena potrošnja električne energije na bloku, smanjilo habanje opreme i troškovi održavanja, dok bi se sa aspekta šire društvene zajednice pozitivni efekti osetili u smanjenju i preraspodeli zagađenja u okruženju termoelektrane. Posebno značajni ekološki i finansijski efekti bi se postigli u prestanku korišćenja tečnih goriva radi podrške sagorevanju u termoelektranama. Posmatrano sa šireg aspekta najveći interes da se insistira na uvođenju sistema homogenizacije uglja na površinskim kopovima ima država jer obezbeđuje efikasnije energetske korišćenje raspoloživog mineralnog potencijala.

7. LITERATURA

- [1] Bhattacharya J., 2001, QUALITY CONTROL AND MANAGEMENT: METHODS AND PRACTICE IN THE MINERAL INDUSTRY, Allied publishers limited, New Delhi
- [2] Carpenter M.A., 1995, COAL BLENDING FOR POWER STATIONS, IEA Coal Research, London
- [3] Carpenter M.A., 1999, MANAGEMENT OF COAL STOCKPILES, IEA Coal Research, London
- [4] Hofmann et al., 1999, ON LINE DETERMINATION OF LIGNITE QUALITY IN RHEINBRAUN OPENCAS T MINES, NEW TECHNOLOGIES FOR COAL QUALITY AND HOMOGENIZATION, workshop, Athens
- [5] Kavourides K., Pavloudakis F., 1999, DETERMINATION OF PTOLEMAIS (GREECE) LIGNITE QUALITY VARIATIONS - SUPPORTIVE FUELS AND HOMOGENIZATION METHODS TO IMPROVE LIGNITE QUALITY FOR POWER GENERATION PURPOSES, NEW TECHNOLOGIES FOR COAL QUALITY AND HOMOGENIZATION, workshop, Athens,
- [6] Kirchner A., Maude C., 1994, ON-LINE ANALYSIS OF COAL - SYMPOSIUM REVIEW, IEA Coal Research, London
- [7] Kolonja B. et al, 2004, PRIMENA PROCESA HOMOGENIZACIJE U CILJU ISKORIŠĆENJA NISKOKALORIČNIH LIGNITE, Zbornik radova naučnog skupa Electra III, Herceg Novi, pp.
- [8] Konsultacije sa dr. Borislavom Perkovićem
- [9] Pavloudakis F., Agioutantis Z., 1999, COMPUTER AIDED COAL QUALITY CONTROL AND HOMOGENIZATION - A STATE-OF-THE-ART-REVIEW, NEW TECHNOLOGIES FOR COAL QUALITY AND HOMOGENIZATION, workshop, Athens,
- [10] Schofield G.C., 1980, HOMOGENIZATION/BLENDING SYSTEMS DESIGN AND CONTROL FOR MINERAL PROCESSING, Trans tech publication, Clausthal-Yellerfeld, Gulf publishing company, Houston
- [11] Schott et al., 2003, LARGE-SCALE HOMOGENIZATION IN MAMMOTH SILOS: CALCULATION HOMOGENIZATION EFFICIENCY AND MODELING INPUT PROPERTIES, Int. Journal of mineral processing, No. 71, Elsevier, Amsterdam, pp. 179-199
- [12] Stojaković M., 1999, METODIKA UPRAVLJANJA PROCESOM HOMOGENIZACIJE UGLJA NA POVRŠINSKIM KOPOVIMA „TAMNAVA”, magistarski rad, Beograd
- [13] Wall T. et al., 2001, A REVIEW OF THE STATE-OF-THE-ART IN COAL BLENDING FOR POWER GENERATION FINAL REPORT, Cooperative research centre for black coal utilisation, Callaghan
- [14] xxx, 2000, STACKING, BLENDING, RECLAIMING, Trans Tech Publications, Claustehall
- [15] xxx, 2004/05, UPRAVLJANJE PROCESOM HOMOGENIZACIJE UGLJA U CILJU POVEĆANJA ISKORIŠĆENJA NISKOKVALITETNIH UGLJEVA I UŠTEDE MAZUTA U TERMoeLEKTRANAMA, RGF, Projekat EE101-189 B, finansiran od strane MNT R. Srbije, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

Rad je primljen u uredništvo 12. 10. 2005. godine

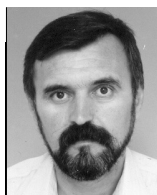


Božo Kolonja, rođen 1954. godine u D. Malovanu (Kupres, BiH). Diplomirao 1979. godine na Smeru za površinsku eksploataciju mineralnih sirovina Rudarsko-geološkog fakulteta u Beogradu. Na istom fakultetu magistrirao 1984. godine i doktorirao 1993. godine. Na početku radio u Rudniku željezne rude Vareš, a od 1983. godine radi na Rudarsko-geološkom fakultetu u Beogradu. Danas u zvanju redovnog profesora. Bavi se istraživanjima i projektovanjima sistema za površinsku eksploataciju mineralnih sirovina. Učestvovao je u izradi više desetina projekata, studija i elaborata, objavio 2 knjige i preko 100 naučnih i stručnih ra-

dova.



Dragan Ignjatović, rođen 1962. godine u Arandelovcu. Srednju školu završio u Lazarevcu, a diplomirao 1986. godine na Smeru za mehanizaciju Rudarsko-geološkog fakulteta u Beogradu. Na istom fakultetu magistrirao 1993. godine i doktorirao 1998. godine. Po diplomiranju zaposlio se u Obrazovnom centru Lazarevcu, a zatim u REIK Kolubara - Tamnava-istočno polje. Od 1990. godine je nastavnik na Rudarsko-geološkom fakultetu - danas u zvanju vanrednog profesora. Bavi se istraživanjima, projektovanjem i rešavanjem problema u domenu mehanizacije za površinsku eksploataciju i transport. Učestvovao u izradi više desetina projekata, studija, analiza, elaborata, softvera i ekspertiza. Objavio je 1 knjigu i preko 100 stručnih i naučnih radova.



Dinko Knežević, rođen 1955. godine u Otonu (Knin, Hrvatska). Diplomirao 1978. godine na Smeru za pripremu mineralnih sirovina Rudarsko-geološkog fakulteta u Beogradu. Na istom fakultetu magistrirao 1991. godine i doktorirao 1995. godine. Po diplomiranju zaposlio se u „Rudarskom institutu - Beograd” gde je radio 16 godina, potom jednu godinu u privatnoj firmi „Dunav-hydro”, a od 1997. godine je nastavnik na Rudarsko-geološkom fakultetu. Bavi se istraživanjima, projektovanjem i rešavanjem problema u domenu pripreme mineralnih sirovina. Učestvovao u izradi više desetina projekata, studija, analiza, elaborata i ekspertiza. Objavio je 4 knjige i preko 130 stručnih i naučnih radova.



Ranka Stanković, rođena 1964. godine u Nikšiću. Diplomirala 1988. godine na Smeru za računarstvo i informatiku Matematičkog fakulteta u Beogradu. Na istom fakultetu magistrirala 2000. godine. Zvanje Microsoft Certified Solution Developer je stekla 2002. godine, a Microsoft Certified Trainer 2003. godine. Po diplomiranju zaposlila se na Rudarsko-geološkom fakultetu, kao stručni saradnik u Računarskom centru, a od 2001. godine je u zvanju asistenta. Bavi se softverskim inženjeringom, veštačkom inteligencijom i projektovanjem informacionih sistema i baza podataka. Učestvovala je u izradi više desetina projekata i studija, koautor 3 monografije, preko 60 naučnih i stručnih radova. Autor je više od 20 softverskih rešenja.

Vojislav Božanić

Upravljanje kvalitetom endoskopskih ispitivanja

Prethodno saopštenje
UDK: 621; 616-072.1

Rezime:

Vizuelno ispitivanje je dijagnostička metoda koja predstavlja vrlo značajan izvor informacija u oblasti održavanja i često se koristi radi utvrđivanja uzroka i karakteristika neispravnosti kao i analize neispravnosti.

Endoskopi su uređaji koji se koriste za vizuelni pregled nepristupačnih mesta bez demontaže ili razaranja. Važna odlika endoskopa je da imaju sopstveni izvor jakog svetla tako da se mogu koristiti za preglede delova koji se nalaze u neosvetljenim prostorima kao što su turbine, parni kotlovi, generatori, cevovodi, zupčanici u prenosnicima, cilindri i ventili motora i klipnih kompresora, sudovi pod pritiskom, transformatori, aksijalni kompresori, reaktivni motori itd.

Industrijska endoskopija je počela kao **metoda kontrole i pregleda**, sa određenom dozom subjektivizma. Razvojem hardvera, a naročito razvojem softvera koji se koristi kod savremenih endoskopa, prerasla je u egzaktnu **metodu merenja** na koju se mogu primeniti svi objektivni kriterijumi i zahtevi definisani u standardu JUS ISO IEC 17025.

Stoga se može reći da su, zahvaljujući razvoju primenjenog hardvera i softvera, endoskopska ispitivanja dostigla svoju punu zrelost i tehničku ravnopravnost među drugim egzaktnim metodama.

U radu je dat kritički osvrt na postojeće standarde, pre svega sa stanovišta zahteva vezanih za upravljanje kvalitetom. Poseban deo je posvećen aspektu ponovljivosti i reproduktivnosti endoskopskih ispitivanja u cilju smanjenja merne nesigurnosti metode. U zaključku se navode preporuke vezane za upravljanje rizikom.

Ključne reči: upravljanje kvalitetom, endoskopija, ispitivanje, standard ISO IEC 17025

Abstract:

QUALITY MANAGEMENT IN ENDOSCOPIC TESTING

Visual examination is a diagnostic method that represent very significant choice of informations in maintenance and is often used for identification of failure causes and characteristics as well as for failure analysis.

Endoscopes are devices that are used for visual examination of inaccessible places without de-assembling and destruction. Important feature of endoscope is that they have their own source of light so that it is possible to use endoscopes in dark or poorly lightened places, like turbines, steam boilers, generators, pipelines, gears in transmission mechanisms, cylinder and valves of motors and compressors, pressure vessels, transformers axial compressors, ramjets etc.

Dr Vojislav Božanić, dipl. ing. maš. – Mir Inženjering, 11 000 Beograd, Mis Irbijeve 50
Adresa: e-mail: vbozanic@eunet.yu, tel: 011/3563106, fax: 011/2562562, mob: 063/8328 425

*Industrial endoscopy, has started as a **control and review method** with a dose of subjectivity. With the development of hardware and especially the development of software, utilized in new generation of endoscopes, this method grew up to exact **measurement method**, on which it is possible to apply all relevant criteria and requirements defined in standard JUS ISO IEC 17025.*

Therefore, it is possible to say that, thanks to development of hardware and software, endoscope testing reaches it's full maturity and technical authority among others exact methods.

This paper presents the critical review of existing standards, mostly in relation to quality management requirements. Special part of this paper will be devoted to repeatability and reproducibility of endoscope testing with the aim to diminish measurement uncertainty. In conclusion will be presented recommendations related to risk management.

Key words: quality management, endoscopy, testing, standard ISO IEC 17025

1. UVOD

Vizuelni pregled je metoda dijagnostike koja se često koristi u svim oblastima inženjerske prakse. Ova metoda predstavlja važan izvor informacija za stvaranje polazne osnove znanja o stanju delova sklopova i agregata.

Utvrđivanje stanja delova se sprovodi sa ciljem preduzimanja blagovremenih i adekvatnih radnji održavanja ili radi utvrđivanja uzroka i karakteristika neke neispravnosti koja se desila. Ovo poslednje se u praksi najčešće naziva defektaža i ekspertiza.

Defektaža i ekspertiza skoro uvek počinju vizuelnim pregledom, ali se vrlo često sa tim ne završavaju. U smislu utvrđivanja tehničke istine ili radi potvrđivanja pretpostavke o uzročniku neispravnosti primenjuju se i razne druge metode dijagnostikovanja stanja kao što je široki spektar metoda ispitivanja materijala bez razaranja i metode sa razaranjem.

S obzirom na dominantnu ulogu koju ima čulo vida u formiranju fonda informacija kod čoveka, na osnovu kojih se, uz pomoć intelektualne obrade i iskustva dolazi do saznanja, teško je ukratko i uopšteno reći šta se sve može utvrditi vizuelnim pregledom. Međutim, kod uobičajenih inženjerskih vizuelnih pregleda delova u mašinstvu i elektrotehnici mogu se, generalno, uočiti sledeće promene na delovima:

- promene oblika;
- mehanička oštećenja;
- naslage;
- promena boje metala;
- koroziona oštećenja; i
- pukotine i lomovi.

U smislu dobijanja što upotrebljivijih rezultata vizuelnog pregleda, a na osnovu posrednog i neposrednog opažanja, koriste se sledeći osnovni logički prilazi i „logički alati”:

- sistem analogija (upoređenje vizuelnog izgleda predmeta sa iskustvom i ranije stečenim saznanjima);
- sistem indukcije (izvođenje zaključka na osnovu pojedinačnih neposrednih činjenica koje su međusobno saglasne);
- sistem dedukcije (polazeći od kompletnog repertoara opštih pretpostavki o mogućem uzroku, sistemom redne eliminacije dolazi se do pretpostavki koje se ne mogu odbaciti - znači koje se usvajaju da bi se u daljem postupku dokazale ili odbacile); i
- isključivanje putem sistema premisa svrstanih po logičkom prioritetu.

2. INDUSTRIJSKA ENDOSKOPIJA

Endoskopi su uređaji koji se koriste za vizuelni pregled nepristupačnih mesta bez demontaže ili razaranja. Važna odlika endoskopa je da imaju sopstveni izvor jakog svetla tako da se mogu koristiti za preglede delova koji se nalaze u neosvetljenim prostorima kao što su turbine, parni kotlovi, generatori, cevovodi, zupčanici u prenosnicima, cilindri i ventili motora SUS i klipnih kompresora, sudovi pod pritiskom, unutrašnjost transformatora sa uljem, aksijalni kompresori, reaktivni motori kao i mnogi drugi prostori čija je konstrukcija takva da ih, bez demontaže, sakriva od pogleda.

Endoskopi koji su se u svetu koristili do 1970 - tih godina su bili kruti endoskopi - boroskopi i periskopi. Ovi endoskopi su imali nedostatke zbog velikog nivoa gubitaka svetla što im je ograničavalo dužinu na najviše 1m, kao i zbog sferne aberacije slike što je onemogućavalo korišćenja boroskopa kao instrumenta za merenje.

Otkrivanje mogućnosti prenosa svetla i slike pomoću snopova savitljivih staklenih vlakana omogućilo je otklanjanje nedostataka boroskopa, tako da su danas najčešće korišćeni endoskopi, fleksibilni endoskopi - fiberskopi, slika 1.



Slika 1. Tipičan izgled: a) boroskopa; b) endoskopa

Fleksibilna staklena sonda ima savitljivu čeličnu oblogu preko koje je prevučeno visoko otporno teflonsko crevo. Ukupna dužina endoskopa je od 1,5 do čak 400 m od čega je aktivna dužina (deo koji se može zavući u skriveni prostor) 90 do 95 % ukupne dužine endoskopa, a preostala dužina od 5 % se odnosi na okular i rukohvat sa komandama za upravljanje vrhom. Minimalni prečnik otvora kroz koji se pristupa skrivenom prostoru je kod kratkih endoskopa čak $\varnothing 1,5$ mm, dok je do 15 mm kod dugih endoskopa.

Izvor hladnog svetla je obično snabdeven halogenom lampom od 300 W (220 V), a dužina svetlosnog kabla koji povezuje izvor i endoskop je 1 do 1,5 m. Distalni kraj (vrh koji se ubacuje u skriveni prostor) omogućava gledanje u pravcu ose endoskopa, a uz pomoć specijalnog dodatka sa optičkom prizmom omogućeno je, ukoliko je to potrebno, i gledanje upravno na osu. Distalni kraj se može savijati komandama iz rukohvata do ugla od 120° u odnosu na osu cevi endoskopa.

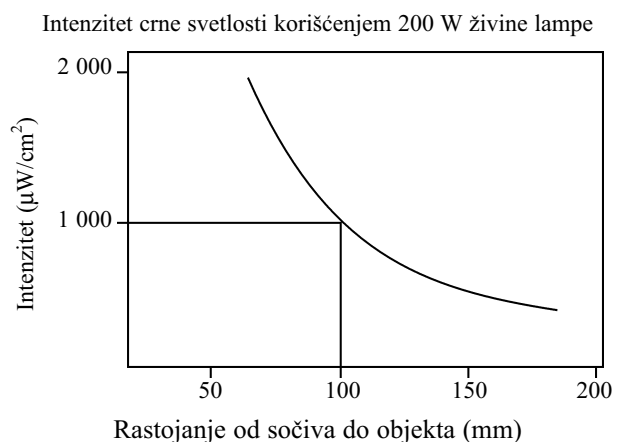
Posebnu pogodnost pružaju savremeni endoskopi zbog „hladnog“ izvora svetla (izvor se nalazi van prostora koji se pregleda), što naročito dolazi do izražaja kada se vrši pregled unutrašnjih površina rezervoara za gorivo (benzin, nafta, kerozin, petrolej i slično), jer ovakvi unutrašnji prostori zadržavaju zapaljiva isparenja i posle višestrukih ispiranja što čini rizičnim pregled na neki drugi način.

U opremu endoskopa je, do skoro, spadao i foto-aparat sa specijalnim adapterom koji ga optički i elektronski povezuje sa endoskopom. Time je omogućena foto registracija nađenih stanja.

Za razliku od medicinske endoskopije, koja je starijeg datuma, gde postoji izvestan broj standarda (ASTM F1518-00 Standard Practice for Cleaning and Disinfection of Flexible Fiberoptic and Video Endoscopes Used in the Examination of the Hollow Viscera i ASTM F1992-99 Standard Practice for Re-processing of Reusable, Heat-Stable Endoscopic

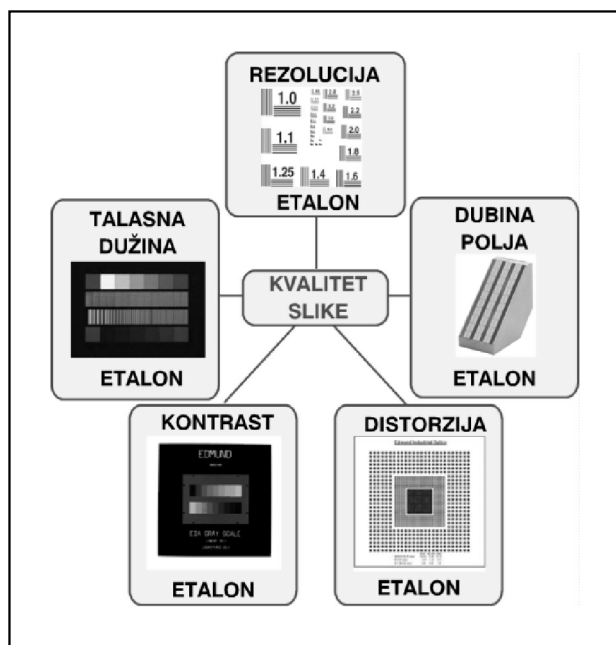
Accessory Instruments (EAI) Used with Flexible Endoscopes), oblast industrijske endoskopije nije pokrivena odgovarajućim standardima. Prema saznanjima autora ovog rada, osnova za mnogobrojne fabričke norme koje ujedno predstavljaju i industrijske tajne, posebno u avio industriji, predstavlja standard MIL-STD-45662A: Calibration Systems Requirements, iz daleke 1980 godine. Posebno je značajno, što je ovaj standard, iako je po karakteru opšti, zasebno definisao zahteve za odgovarajućim načinima za proveravanje merila, načinima proveravanja merila, zapisima o proveravanju merila i trenutnom statusu merila u radu u odnosu na rezultate periodičnog proveravanja. Treba imati na umu, da su svi ovi zahtevi bili ispred odgovora tehnike iz tog doba i da su u potpunosti primenljivi i danas.

Osnovni zahtev, koji je važio i kod starih i kod savremenih endoskopa, je kvalitet osvetljenja, kao što je to prikazano na slici 2. Na slici se vidi direktna veza između intenziteta svetla i rastojanja od sočiva do objekta koji se ispituje. Posebno je naznačena optimalna vrednost između intenziteta svetlosti i optimalnog rastojanja.

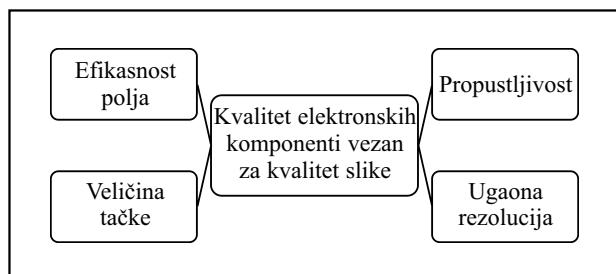


Slika 2. Veza između intenziteta svetlosti i rastojanja od sočiva do objekta koji se ispituje

Zahvaljujući razvoju hardvera, a naročito razvoju softvera koji se koristi kod savremenih endoskopa, endoskopija je prerasla u egzaktnu metodu merenja. Na slici 3 su prikazani „optički” zahtevi za kvalitetom slike, a na slici 4 zahtevi za kvalitetom optoelektronskih komponenata savremenih endoskopa.



Slika 3. Zahtevi za kvalitetom slike sa stanovišta optike endoskopskih sistema



Slika 4. Zahtevi za kvalitetom slike sa stanovišta opto-elektronskih komponenti endoskopskih sistema

Na slici 3, se uočava da su svi optički parametri, neophodni u proveru ponovljivosti ispitivanja:

- rezolucija
- talasna dužina
- dubina polja
- kontrast i
- distorzija,

direktno merljivi uz pomoć odgovarajućih optičkih (namenskih) etalona. Ovi optički etaloni predstavljaju prvi korak u proveru endoskopskih sistema dok se drugi korak, prema skici sa slike 4, izvodi proverom električnih, odnosno, opto-elektronskih veličina

preko odgovarajućih električnih, merljivih i uporedivih veličina.

3. VAŽNI ZAHTEVI STANDARDA JUS ISO IEC 17025 PRI PRIMENI ENDOSKOPSKE METODE ISPITIVANJA U AKREDITOVANOJ LABORATORIJI

Akreditovana laboratorija u čijem se obimu akreditacije nalazi endoskopska metoda ispitivanja mora da zadovoljava zahteve standarda JUS ISO IEC 17025: 2001 Opšti zahtevi za kompetentnost laboratorija za ispitivanje i laboratorija za etaloniranje.

Pored zadovoljenja grupe zahteva iz poglavlja 4 ovog standarda: *Zahtevi koji se odnose na menadžment* što predstavlja dokaz da laboratorija ima sistem kvaliteta, laboratorija mora da zadovolji i zahteve iz grupe 5 *Tehnički zahtevi* što predstavlja dokaz o tehničkoj kompetentnosti laboratorije.

Kada je reč o endoskopskim ispitivanjima, specifičnosti naročito dolaze do izražaja u načinu na koji laboratorija zadovoljava zahteve 5.2 *Osoblje*, 5.4.6 *Procena merne nesigurnosti* i 5.9 *Obezbeđenje poverenja u kvalitet rezultata ispitivanja*.

3.1. Zahtevi za osoblje u standardu JUS ISO IEC 17025

Zahtevi za osoblje, (zahtev 5.2) pored visoke stručne spreme odgovarajuće struke i iskustva na poslovima ispitivanja bez razaranja, u koja spada i endoskopsko ispitivanje, obuhvataju i određene fizičko-zdravstvene osobine osoblja. Međutim, pod iskustvom jedne osobe se ne podrazumeva samo niz ranijih tehničkih događaja u kojima je osoblje uzelo učešća, već pre svega, intelektualna obrada ranijih događaja, uz korišćenje prethodno stečenih znanja i postupaka logike. Tek tako obrađeno iskustvo prerašta u novo znanje obogaćujući i proširujući fond polaznih znanja. Logički alati koje u tu svrhu koristi osoblje su:

- sistem analogija (upoređenje vizuelnog izgleda predmeta sa iskustvom i ranije stečenim saznanjima);
- sistem indukcije (izvođenje zaključka na osnovu pojedinačnih neposrednih činjenica koje su međusobno saglasne);
- sistem dedukcije (polazeći od kompletnog repertoara opštih pretpostavki o mogućem uzroku, sistemom redne eliminacije dolazi se do pretpostavki koje se ne mogu odbaciti - znači koje se usvajaju da bi se u daljem postupku dokazale ili odbacile) i
- isključivanje putem sistema premisa svrstanih po logičkom prioritetu.

Lične reference osoblja kao i reference laboratorije u smislu stalno zaposlenog ili povremeno angažovanog referentnog osoblja su osnova za ocenu kompetentnosti od strane naručioca ispitivanja.

3.2. Zahtev za procenu merne nesigurnosti u standardu JUS ISO IEC 17025

Zahtev za procenu merne nesigurnosti (zahtev 5.4.6) je ranije, u slučaju endoskopskih ispitivanja, obezbeđivan kroz izuzetno visoke i svestrane kriterijume koji su se tada postavljali pred osoblje u smislu obaveznih treninga u pogledu veštine ocenjivanja na uporednim modelima.

Tokom vremena, razvojem endoskopskog hardvera, a naročito softvera, endoskopska ispitivanja su značajno unapredovala tako da je endoskopsko ispitivanje, pored vizuelnog pregleda skrivenog prostora, postalo metoda za egzaktna unutrašnja merenja.

Sada se prilikom endoskopskih ispitivanja mogu da identifikuju i drže pod kontrolom sve komponente merne nesigurnosti ove metode, i da se procena učini prihvatljivom, čime se u potpunosti zadovoljava tražena ili očekivana ponovljivost i reproduktivnost metode merenja.

I dalje prihvatljiva procena mora da se zasniva na poznavanju performansi metode i područja merenja, a takođe mora da uključi i, gore pomenuto, prethodno iskustvo i podatke o validaciji. Prilikom procene merne nesigurnosti, kod endoskopskih ispitivanja se uzima u obzir prognoza dugotrajnog ponašanja uzorka/sklopa koji se ispituje.

3.3. Zahtev obezbedenja poverenja u kvalitet rezultata ispitivanja u standardu JUS ISO IEC 17025

Obezbedenje poverenja u kvalitet rezultata ispitivanja (tačka 5.9) kod endoskopskih ispitivanja obezbeđuje se sistematičnošću u planiranju ispitivanja, adekvatnom organizacijom rada, i kompletnošću zapisa (tekstualnih, foto i elektronskih), tako da se prema potrebi ispitivanje može ponoviti na isti način odnosno da se rezultati mogu na adekvatan način uporediti.

S obzirom da su predmet endoskopskih ispitivanja često sklopovi i uređaji čiji je vek nekad veoma dug, čak i više desetina godina (kao što su uređaji u hidro i termo elektranama, lokomotive, brodovi itd), istorija i baza podataka o ispitivanjima u cilju poređenja stanja istog sklopa u toku perioda vremena daje posebno velike mogućnosti u smislu praćenja brzine i trenda degradacije performansi, što stvara priliku za tehničke ekstrapolacije i evaluacije,

a kao najvažnije, za prognozu veka i preostalog resursa zasnovanu na činjenicama.

Primena savremenih softvera za objektivizaciju analize toplote boja, kao i analizu dimenzija i oblika ispitivanih predmeta i prostora, omogućava korišćenje statističkih tehnika za preispitivanje rezultata, što omogućava posebno poverenje u kvalitet rezultata ispitivanja.

4. ZAHTEVI PRECIZNOSTI (PONOVLJIVOST I REPRODUKTIVNOST METODE) U STANDARDU JUS ISO 5725 : 2004

Preciznost je u načelu, izraz za varijabilnost između rezultata ponovljenih ispitivanja. Dve mere za preciznost, nazvane ponovljivost i reproduktivnost smatraju se neophodnim i iz mnogih praktičnih razloga bitnim za opisivanje varijabilnosti metoda ispitivanja.

Ponovljivost se odnosi na ispitivanja izvedena u uslovima koji su konstantni i mogući, sa ispitivanjima izvedenim u toku kratkog vremenskog intervala, od strane jednog izvršioca, koji koristi istu opremu.

Reproduktivnost se na drugoj strani odnosi na ispitivanja koja su izvedena u široko varirajućim uslovima, u različitim laboratorijama, sa različitim izvršiocima i različitom opremom.

Ponovljivost i reproduktivnost su dva ekstrema od kojih prvi predstavlja minimum, a drugi maksimum varijabilnosti rezultata.

Primena zahteva serije standarda JUS ISO 5725:2004, Tačnost (istinitost i preciznost) metoda merenja i rezultata - naročito Deo 2. Osnovna metoda određivanja ponovljivosti standardne metode merenja, i Deo 4: Osnovne metode za određivanje istinitosti standardne merne metode, je kod današnjih endoskopskih ispitivanja ne samo moguća i primenjiva, već i obavezna. Endoskopske metode obezbeđuju pouzdanost i ponovljivost procesa merenja uz ponovljivost ili reproduktivnost metode.

Pravila za interpretaciju i primenu ocenjivanja ponovljivosti „r” i reproduktivnosti „R” u praktičnim situacijama i u zavisnosti od cilja data su u standardu JUS ISO 5725 - Deo 2.

5. UPRAVLJANJE RIZIKOM KADA SE PRIMENJUJE ENDOSKOPSKO ISPITIVANJE

Najčešći slučaj je da endoskopsko ispitivanje predstavlja metodu koja se primenjuje za pregled i unutrašnja merenja vrlo skupih (kapitalnih) sklopova i uređaja.

Skriiveni prostori koji se pregledaju endoskopski su ili vrlo složeni za demontažu, ili im je demontaža dugotrajna i skupa ili im je prema njihovoj prirodi nemoguće prići na drugi način osim endoskopski (centralni otvori osovine rotora turbina, kanali u velikim odlivcima i slično).

Vrlo je čest slučaj da je endoskopsko ispitivanje i merenje jedini mogući ispitni rezultat na osnovu kojeg vlasnik sklopa treba da donese vrlo važnu i skupu investicionu odluku u pogledu remonta i dalje eksploatacije.

Zbog sva tri napred navedena razloga kod endoskopskih ispitivanja je potrebno i poželjno primeniti načela upravljanja rizikom, koja su definisana u JUS ISO/IEC Uputstvo 73:2003 Menadžment rizikom - Rečnik - Smernice za korišćenje u standardima, kao i Standardima iz oblasti „Bezbednost mašina” (JUS EN 1050, Principi ocene rizika i JUS EN 292-2, Tehnički principi i specifikacije) i standardu IEC 60300:1995 - Deo 3, Odeljak 9 - Menadžment sigurnosti funkcionisanja - Analiza rizika tehnoloških sistema.

Pomenute analize rizika se mogu sprovoditi individualno ili kao ekspertske metode.

Tehnička poboljšanja koja pruža:

- razvoj endoskopskog hardvera (osvetljenje, dimenzije endoskopa, poboljšanja endoskopa u oblasti daljinskog upravljanja i slično) kao i
- mogućnosti endoskopskog softvera (novi statistički alati, analize toplote boja, mogućnosti unošenja „lejera” sa geometrijom i softverskih - virtuelnih merila)

daju mogućnost definisanja *kriterijuma rizika ocenjivanja* i *analize rizika*, kao i *procenu i vrednovanje rizika*.

Ovo su ujedno i dalji pravci razvoja i primene endoskopskih ispitnih metoda.

Savremene endoskopske metode ispitivanja se, na osnovu svojih karakteristika egzaktnosti, ponovljivosti i reproduktivnosti lako uklapaju u zahteve za akreditovane laboratorije JUS ISO IEC 17025. Međutim, tom prilikom je potrebno obratiti posebnu pažnju na ispunjenost zahteva za osoblje, procenu merne nesigurnosti i obezbeđenje poverenja u kvalitet rezultata ispitivanja. Primenjujući postojeće standarde MIL, ASTM i DIN kao i odgovarajuće standarde za upravljanje rizikom, ova metoda postaje kompletna ispitna metoda, i to ne samo za pregled izgleda i sadržaja skrivenih prostora već i za egzaktna i ponovljiva unutrašnja merenja.

6. ZAKLJUČAK

Subjektivizam kod industrijske endoskopije kada je ova metoda služila samo za kontrolu i pregled, je, tokom vremena, razvojem hardvera, a naročito razvojem softvera koji se koristi kod savremenih endoskopa, zamenjen mogućnostima egzaktnog merenja pri čemu se mogu primeniti svi objektivni kriterijumi i zahtevi definisani u standardu JUS ISO IEC 17025.

Razvojem elektronike, endoskopska ispitivanja odnosno endoskopska dijagnostika je dostigla svoju punu tehničku ravnopravnost pre svega u pogledu ponovljivosti i reproduktivnosti, a takođe i u pogledu definisane merne nesigurnosti metode koja se može držati pod kontrolom.

Pri korišćenju endoskopskih ispitivanja mogu se primeniti sve preporuke i metode za ocenu rizika i upravljanje rizikom. Ovo ima poseban značaj kod ispitivanja nepristupačnih mesta visoko odgovornih i skupih delova, gde je ova metoda jedina koja se može primeniti, a na osnovu koje se donose značajne investicione odluke.

7. LITERATURA

- [1] ASTM F1518-2000 Standard Practice for Cleaning and Disinfection of Flexible Fiberoptic and Video Endoscopes Used in the Examination of the Hollow Viscera iz 2000 godine
- [2] ASTM F1992-1999 Standard Practice for Reprocessing of Reusable, Heat-Stable Endoscopic Accessory Instruments (EAI) Used with Flexible Endoscopes iz 1999 godine
- [3] MIL-STD-45662A: Calibration Systems Requirements, iz 1980 godine
- [4] Mr Vojislav Božanić, dipl. inž. INDUSTRIJSKI ENDOSKOP - UREĐAJ ZA PREGLED NEPRISTUPAČNIH PROSTORA objavljen u časopisu „ŽELEZNICA” 486 UDK 658.581:625.23.24. 282. 286:620.170. 179.1.6
- [5] Autorizovana predavanja Mr Vojislav Božanića, dipl. inž. na kursu „VIZUELNE KONTROLE” I i II nivo - održano u Centru za permanentno obrazovanje INSTITUTA ZA NUKLEARNE NAUKE „VINČA” maj .1989
- [6] Autorizovana predavanja Mr Vojislav Božanića, dipl. inž. na kursu „VIZUELNO ISPITIVANJE MATERIJALA” I i II nivo - održano u Centru za permanentno obrazovanje INSTITUTA ZA NUKLEARNE NAUKE „VINČA” 25.09 - 06.10 .1995
- [7] OLYMPUS CLV - Izvor hladnog svetla velikog inteziteta (Uputstvo za rad) Prevod Mr Vojislav Božanić, dipl. inž.

- [8] OLYMPUS IF - 8D3/11D3 Industrijski fiberskop (Uputstvo za rad) Prevod Mr Vojislav Božanić, dipl. inž.
- [9] Dr Živoslav Adamović ODRŽAVANJE PREMA STANJU U MAŠINSTVU , Pronalazaštvo, Beograd 1990
- [10] Asturio Baldin - Luciano Furlanetto LA MANUTENZIONE SECONDO CONDIZIONE, Editore: Franco Angeli, Milano, 1980
- [11] Serija standarda JUS ISO 5725:2004, Tačnost (istinitost i preciznost) metoda merenja i rezultata: Deo 1: Opšti principi i definicije, Deo 2. Osnovna metoda određivanja ponovljivosti standardne metode merenja, Deo 3: Srednje mere preciznosti standardne merne metode, Deo 4: Osnovne metode za određivanje istinitosti standardne merne metode. Deo 5: Alternativne metode za određivanje preciznosti standardne merne metode, Deo 6: Korišćenje u praksi tačnih vrednosti,
- [12] Standard JUS ISO IEC 17025:2001 Opšti zahtevi za kompetentnost laboratorija za ispitivanje i laboratorija za etaloniranje
- [13] Standard JUS EN 1050 - Bezbednost mašina - Principi ocene rizika,
- [14] Standard JUS EN 292-1, Bezbednost mašina - Osnovna terminologija i metodologija
- [15] Standard JUS EN 292-2, Bezbednost mašina - Tehnički principi i specifikacije
- [16] Standard IEC 60300:1995 - Deo 3, Odeljak 9 - Menadžment sigurnosti funkcionisanja - Analiza rizika tehnoloških sistema

Rad je primljen u uredništvo 01. 12. 2005. godine



Autor ovog teksta, dr Vojislav Božanić, je diplomirao na Mašinskom fakultetu u Beogradu 1971. godine, smer za motore i vozila, i magistrirao na grupi za vozila 1977. i doktorirao 1997. godine na sistemu upravljanja kvalitetom na Fakultetu organizacionih nauka u Beogradu.

Raspolaže velikim iskustvom u različitim oblastima mašinske prakse od ideje i konstrukcije i proizvodnje, preko ispitivanja do eksploatacije i održavanja, završno sa kasacijom.

Iskustvo u mašinskoj praksi je stekao radeći kao konstruktor u fabrici motora „21 maj” Beograd, kao samostalni istraživač u Tehničkom opitnom centru kopnene vojske, kao inženjer za defektaže i ekspertize u železničkom depou u Makišu, a takođe i kao Rukovodilac biroa za metode održavanja i kao Rukovodilac službe rezervnih delova ŽTO.

Iskustvo u oblasti upravljanja kvalitetom ispitivanja materijala i sklopova dopunio je kroz 13 godina rada u Institutu za ispitivanje materijala republike Srbije kao pomoćnik generalnog direktora za kvalitet i Direktor Sertifikacionog tela Instituta.

Dr Vojislav Božanić vrši ispitivanja industrijskim endoskopom od 1984 godine tako da do sada ima obavljenih preko 80 višednevnih endoskopskih ispitivanja (preko 13.000 konkretnih izvršenih merenja) kompleksnih industrijskih i saobraćajnih objekata kao što su termo i hidrocentrale, lokomotivski i brodski motori, rashladna i energetska postrojenja i slično. Od posebnog značaja su ispitivanja centralnih otvora rotora turbina i cevovoda za paru i vodu, sa procenom stanja, praćeno fotografijama karakterističnih defekata i procenom rizika i bezbednosti daljeg rada postrojenja.

Dr Vojislav Božanić je zaposlen u preduzeću MIR INŽENJERING na mestu pomoćnika direktora za organizaciju i kvalitet, a takođe već 6 godina predaje na Fakultetu organizacionih nauka na smeru upravljanje kvalitetom, predmet „Sistem kvaliteta”.

Ivan Nikolić

Restrukturiranje javnih preduzeća – politički marketing ili naša stvarnost

Stručni rad
UDK: 005.591.4; 330.341.4

Rezime:

Cilj istraživanja je da se analizom dodate vrednosti i njene dinamike u periodu 2001-2004. godine utvrde promene produktivnosti, zaposlenosti i troškova rada u osam najvećih javnih preduzeća u Srbiji. Ova preduzeća su u neposrednoj ingerenciji Republike, a u navedenom periodu njihovo poslovanje je kontrolisao i Međunarodni monetarni fond. Analiza dodate vrednosti nam je omogućila da identifikujemo njihovu veličinu, uporedimo ih sa grupom ostalih javnih preduzeća i odredimo njihov doprinos ukupnom privrednom razvoju Srbije.

Ključne reči: *javna preduzeća, restrukturiranje, dodata vrednost, privredni razvoj*

Abstract:

PUBLIC ENTERPRISE RESTRUCTURING – POLITICAL MARKETING VS. REALITY

The aim of the research whose results are presented in this article is to determine changes in productivity, employment and operation costs in eight largest public companies in Serbia, by the analysis of value added and its dynamics in the period 2001-2004. These companies are directly controlled by the Republic, and within the indicated period, their operations were supervised by IMF, too. The analysis of value added has allowed us to identify their size, compare them with the group of other public companies and determine their contribution to the total economic development of Serbia.

Key words: *public enterprises, restructuring, value added, economic development*

1. UVOD

Cilj istraživanja je da se analizom dodate vrednosti i njene dinamike u periodu 2001-2004. godine ukratko osvrnemo na promene koje su se dogodile u osam najvećih javnih preduzeća u pogledu produktivnosti, zaposlenosti i troškova rada. Ova preduzeća su u neposrednoj ingerenciji Republike, a u navedenom periodu njihovo poslovanje je kontrolisao i Međunarodni monetarni fond (MMF). S druge strane, analiza dodate vrednosti nam omogućava da

identifikujemo njihovu veličinu, uporedimo ih sa grupom ostalih javnih preduzeća, ali i odredimo njihov doprinos ukupnom privrednom razvoju.

Osnovni izvor podataka su završni računi, odnosno finansijski izveštaji za godine 2001-2004. Finansijski izveštaji za 2004. godinu urađeni su po MRS (međunarodni računovodstveni standardi) i uporedivost sa 2003. godinom morala je biti uspostavljena preko ključeva. Pri tome moramo voditi računa da je za slučaj određenih pokazatelja uporedivost 2004. godinom sa ranijim godinama verovat-

Ivan Nikolić, dipl. ek. – Ekonomski institut, 11 000 Beograd, Kralja Milana 16

no ostala ne sasvim potpuna. Godine 2001. i 2002. su uporedive i po obuhvatu, jer su rezultati 2001. godine prikazani radi upoređenja u završnim računima za 2002. godinu.

Problem uporedivosti je naročito izražen kod zarada. Tako, na značajniji rast mase bruto i neto plata u 2004. godini uticali su razlozi metodološke prirode, tj. primena novog kontnog okvira sa sadržinski proširenom grupom računa 52 (troškovi zarada, naknada zarada i ostali lični rashodi) tako što je u nju iz grupe računa 55 po starom kontnom okviru (Nematerijalni troškovi) prebačen deo koji se odnosi na troškove doprinosa na teret poslodavca i na troškove naknada (po autorskim ugovorima, ugovorima o privremenim i povremenim poslovima, autorskim ugovorima). Osim toga, veća masa plata može se objasniti i velikim iznosom otpremnina u 2004. godini koje takodje ulaze u vrednost bruto plata a nemoguće ih je izdvojiti kao posebnu stavku. Uporedivost iskazanih podataka o platama sa 2003. godinom stoga nije potpuna, jer iako je u računici bilo moguće isključiti troškove doprinosa na teret poslodavca, to ne važi i za troškove naknada po raznim osnovama (budući da za njih ne postoje posebne pozicije u završnom računu).

Istraživanjem su obuhvaćena sva javna preduzeća koja su predala finansijske izveštaje. U okviru skupa svih javnih preduzeća izvršena je segregacija na:

- osam javnih preduzeća pod monitoringom MMF-a (republička, u koje spadaju: EPS, NIS, PTT, RTS, JAT, ŽTP, Aerodrom Beograd i Telekom Srbija) i
- ostala javna preduzeća (lokalna).

Osnovni pokazatelj koji će se u istraživanju koristiti je **bruto dodata vrednost**, označena je sa *VA*, i po definiciji je jednaka razlici između vrednosti proizvodnje, odnosno output-a (*P*) i vrednosti međufazne potrošnje (*MF*):

$$VA = P - MF,$$

gde su sa *P* označeni poslovni prihodi (*PP*) umanjeni za nabavnu vrednost prodane robe (*NV*). Iz ovoga sledi da je

$$VA = PP - NV - MF.$$

Preko završnih računa *VA* izračunavamo kao razliku između poslovnih prihoda i dela poslovnih rashoda (poslovni rashodi umanjeni za troškove zarada, troškove amortizacije i rezervisanja, troškove poreza i doprinosa). Ovako umanjeni poslovni rashodi predstavljaju zbir troškova materijala, troškova goriva i energije (najveća stavka), troškova proizvodnih usluga i nematerijalnih troškova i nabavne vrednosti prodane robe.

U poslovne prihode ulaze prihodi od prodaje robe i usluga na domaćem i stranom tržištu, prihodi od premija i subvencija, prihodi od aktiviranja učinaka i robe, povećanje vrednosti zaliha učinaka minus smanjenje vrednosti zaliha i ostali poslovni prihodi.

$$PP = PRU + PS + PA + PZ - SZ + OP$$

PRU – prodaja roba, proizvoda i usluga na domaćem i stranom tržištu

PS – prihodi od subvencija

PA – prihodi od aktiviranja učinaka i robe

PZ – povećanje vrednosti zaliha učinaka

SZ – smanjenje vrednosti zaliha učinaka

OP – ostali prihodi

Međufazna potrošnja (*MF*) obuhvata troškove materijala i ostale poslovne rashode (bez troškova poreza i doprinosa), a preko završnih računa do nje dolazimo kada od poslovnih rashoda (*PR*) oduzmemo troškove zarada i naknada (*TZ*), troškove amortizacije i rezervisanja (*AM*) i deo drugih poslovnih rashoda koji se odnosi na troškove poreza i doprinosa (*DD*).

$$MF = PR - (AM + TZ + DD)$$

Ovako dobijen *VA* predstavlja dodatnu vrednost u baznim cenama što znači da su uključene sve subvencije, a isključeni svi porezi na proizvode. Radi ocene uticaja subvencija posebno će se analizirati *VA* posmatrane grupe, umanjena za subvencije tog grupi preduzeća. Oznaka je: *VAs*.

Bruto domaći proizvod (*GDP*) u tržišnim cenama za nivo ukupne ekonomije je zbir svih dodatih vrednosti (koje su u baznim cenama) uvećan za sve poreze na proizvode (uključujući carine) i umanjeno za sve subvencije na proizvode.

VA po zaposlenom dobijamo kao količnik *VA* i broja zaposlenih po osnovu stanja na kraju meseca.

Ostali pokazatelji koje ćemo koristiti su:

– broj zaposlenih (*NI*)

– masa bruto zarada (*WS*)

– produktivnost (*P*), definisana kao dodata vrednost po zaposlenom ($P = \frac{VA}{NI}$)

– troškovi rada (*LC*), definisani koeficijentom koji predstavlja odnos mase bruto zarada prema

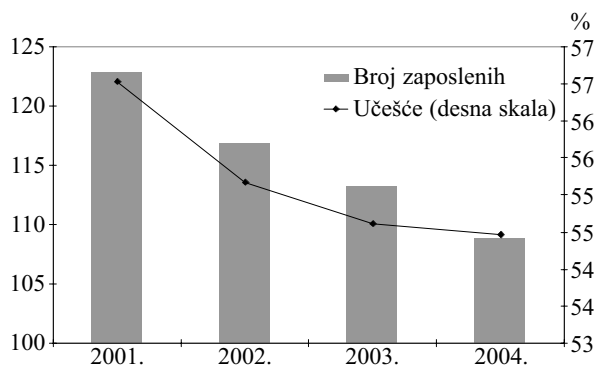
$$VA (LC = \frac{WS}{VA})$$

2. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Osam republičkih javnih preduzeća koja su u periodu 2001-2004. godine bila pod monitoringom

MMF-a približno su polovinom VA svrstana u državni sektor svojine; ostatak je većim delom raspoređen na društveni i, manjim delom, na mešoviti sektor svojine.

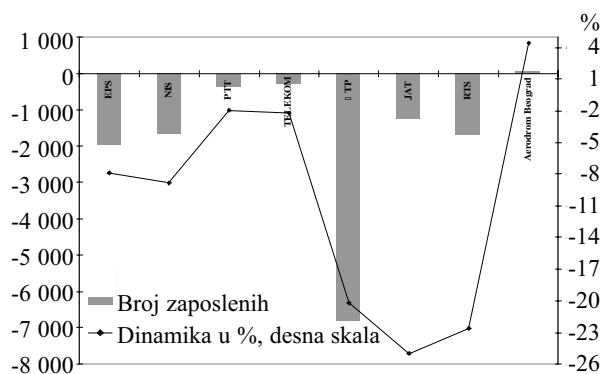
U 2004. godini je u njima radilo 9,2 % ukupnog broja zaposlenih u preduzećima koja su te godine predala završne račune. U periodu 2001-2004. godine broj zaposlenih je u ovoj grupi preduzeća smanjen za oko 14 hiljada, odnosno 11,4 %. Usled sporijeg pada zaposlenosti u celom skupu javnih preduzeća za oko 3,4 pona, učešće broja zaposlenih pomenutih osam preduzeća u njima je takođe smanjeno sa 57 % na 55 %.



Slika 1. Kretanje broja zaposlenih u osam javnih preduzeća (u hiljadama), i njegovo učešće u ukupnom broju zaposlenih u javnim preduzećima u Srbiji

Posmatrano po preduzećima ubedljivo najviše radnih mesta je ugašeno u ŽTP-u, 6 802, slede EPS i NIS sa 1 962 i 1 679, respektivno (sa napomenom da se i u 2005. godini nastavio trend smanjenja broja zaposlenih). U preduzeću Aerodrom Beograd broj zaposlenih se čak i povećao. Redosled je nešto drugačiji ukoliko posmatramo relativne promene. Prvi je JAT sa oko 25 % manje zaposlenih, drugi RTS sa 23 %, a tek treći ŽTP sa oko 20 % manje zaposlenih u 2004. godini u odnosu na 2001. godinu. Aerodrom Beograd je povećao broj zaposlenih za nešto više od 4 %, ali ovo povećanje nije moglo imati većeg efekta na ukupnu dinamiku broja zaposlenih u ovim preduzećima budući da učešće broja zaposlenih u Aerodromu Beograd u ukupnom broju ni u jednoj godini ne prelazi 1 %.

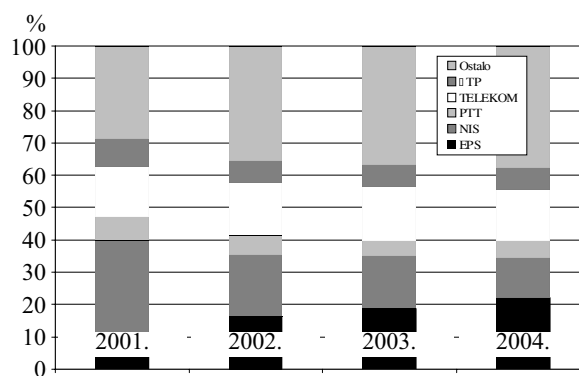
Uzeti zajedno, osam javnih preduzeća, u periodu 2001-2004. godine beleže kumulativno povećanje VA za 83 %; 2002. godine rast je iznosio 36 %, a 2003. i 2004. godine oko 16 %. Na nivou svih preduzeća obuhvaćenih završnim računima indeks VA u 2002. godini je iznosio 127,7, u 2003. godini 112,9, a u 2004. godini 135,4. Ukoliko uzmemo da je odgovarajući deflator u ovom sektoru približno jednak deflatoru bruto domaćeg proizvoda lako bismo dobili da je VA u pomenutom razdoblju realno povećana za nešto više od 15%.



Slika 2. Promena broja zaposlenih u izabranim preduzećima u periodu 2001-2004. godine

Kada se uporede stope rasta bruto dodate vrednosti u koju su uključene subvencije (VA) i vrednosti bez subvencija (VAs), na nivou ove grupe javnih preduzeća zapaža se da je indeks VAs u 2002. godini bio manji od indeksa VA. U 2003. i 2004. godini odnos je obrnut: VAs raste brže nego VA i to zahvaljujući usporavanju rasta subvencija, koje su u ove dve godine bile i apsolutno niže nego u 2002. godini.

Unutar grupe, osim EPS-a i NIS-a, ostala preduzeća nisu bitnije promenila svoj udeo u ukupnoj vrednosti VA javnih preduzeća. Deo kolača VA koji pripada EPS-u se učtvarostručio, sa 5,4 % u 2001. godini na 22,2 % u 2004. godini a povećanje se duguje najviše povećanju vrednosti autputa i to za više od 40 % (posledica otklanjanja dispariteta cena). S druge strane, udeo NIS-a u vrednosti VA svih javnih preduzeća u Srbiji je smanjen sa 34,5 % na 12,2 %.

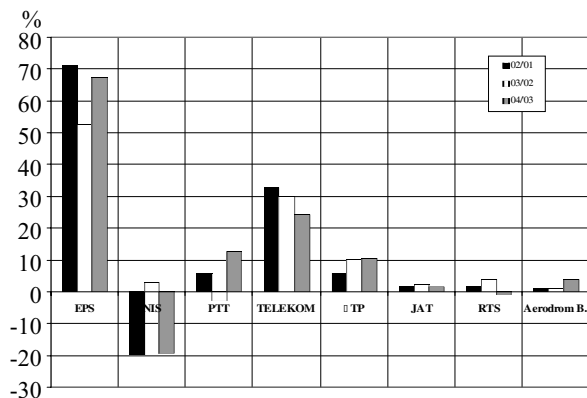


Slika 3. Udeo izabranih preduzeća u vrednosti VA svih javnih preduzeća

Na narednoj slici je prikazan procentualni doprinos svakog od preduzeća porastu ukupnog VA ove grupe javnih preduzeća. Vidimo da se gotovo 2/3 porasta VA u 2004. godini duguje EPS-u koji, zajedno sa Telekomom, stvara više od 90 % ukupne

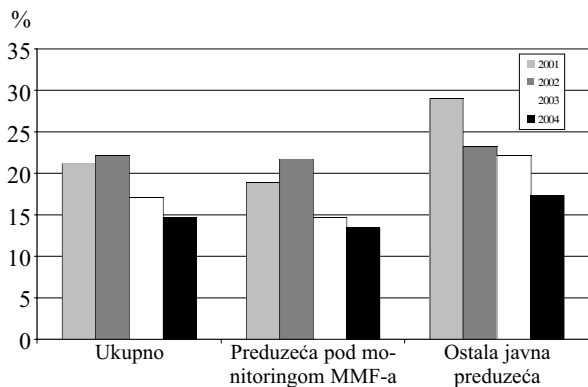
VA u javnim preduzećima koja su pod ingerencijom Republike. Osim u 2003. godini NIS je i u 2001. i u 2004. godini učestvovao sa oko 20 % u povećanju VA ali sa negativnim predznakom.

ŽTP je, kao što se i vidi prošle godine doprineo porastu VA sa 10,6 %, međutim ovo preduzeće ipak ne doprinosi porastu bruto domaćeg proizvoda (GDP). Tajna je u subvencijama koje su u ŽTP-u u periodu 2001-2004. godine bile za oko 15 % veće od novostvorene vrednosti; u 2004. godini subvencije železnici su činile dve trećine ukupnih subvencija koje je država namenila ovim preduzećima. Dobar rezultat PPT-a u 2004. godini posledica je pre svega rasta autputa od 18,9 % i smanjenja međufazne potrošnje od 15,2 % u odnosu na 2003. godinu. Ostvarene uštede u međufaznoj potrošnji su tolike da je zabeležen nivo u 2004. godini čak i u apsolutnom izrazu bio niži od onog u 2002. godini. Za ostale tri firme (JAT, RTS i Aerodrom Beograd) može se reći da imaju minoran efekat na ukupan privredni rast.



Slika 4. Doprinos preduzeća povećanju VA osam najvećih javnih preduzeća u Srbiji

Ukupno uzevši, posle 2002. godine smanjuje se relativni uticaj subvencija u VA javnih preduzeća. U 2001.

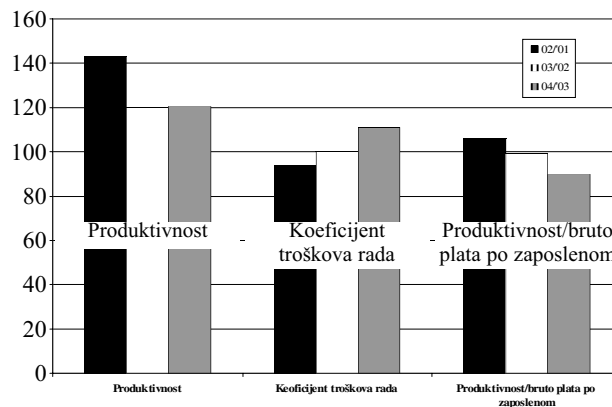


Slika 5. Učešće subvencija u VA javnih preduzeća

i 2002. godini subvencije su učestvovala sa 21 %-22 %, u 2003. godini se učešće smanjilo na oko 17 %, da bi se u 2004. godini redukovalo na nešto ispod 15 %.

Učešće subvencija u VA je manje u preduzećima koja su pod monitoringom MMF-a nego u ostalim javnim preduzećima, što je i razumljivo. U periodu 2001-2004. godine prosečno učešće subvencija u VA je u prvoj grupi preduzeća iznosilo 17,2 %, a u drugoj 22,9 %.

Ako se kao merilo produktivnosti uzme bruto dodata vrednost u baznim cenama po zaposlenom (VA/NI), uočljivo je da je na nivou osam javnih preduzeća u 2002. godini ista rasla brže ne samo od bruto i neto zarada po zaposlenom (za 6 % do 8 %), nego i od masa bruto zarada i neto zarada ali, istini za volju i pri padu broja zaposlenosti od 4,8 %. Koefficient troškova rada - definisan kao odnos bruto zarada i bruto dodate vrednosti ($LC=WS/VA$) - na taj način je sa 0,38 u 2001. godini smanjen na 0,36 u 2002. godini. U sledeće dve godine odnosi ovih koefficienta će biti obrnuti - u 2003. godini produktivnost počinje lagano da zaostaje za rastom bruto plata po zaposlenom, da bi već naredne godine zaostatak izneo čitavih 13 %. Koefficient troškova rada je u 2003. godini ostao nepromenjen, a u 2004. godini je, usled bržeg rasta bruto zarada u odnosu na VA, povećan na 0,4.



Slika 6. Promena produktivnosti i koefficienta troškova rada u periodu 2001-2004. godine

U periodu 2001-2004. godine dolazi do brzog porasta produktivnosti u svim preduzećima osim NIS-a, kod koga je produktivnost redukovana za 18 %. Koefficient troškova rada je najniži u Telekomu i EPS-u prošle godine je iznosio 0,24, odnosno 0,27, respektivno, pri čemu EPS od 2001. beleži najoštriji pad ovog koefficienta (sa 1,76 na 0,27). Koefficient troškova rada je najveći u JAT-u 1,03 i RTS-u 1,0.

3. ZAKLJUČAK

Mada pomalo stihijski i bez ozbiljnog plana, od 2001. godine primećuju se ozbiljni pomaci u restrukturiranju republičkih javnih preduzeća. Videli smo da je broj zaposlenih smanjen za oko 11 %, odnosno za 14 hiljada. VA je kumulativno za tri godine povećana za 83 %, VAs (dodata vrednost bez subvencija) za čak 95 %, što svedoči o smanjenju značaja i udela subvencija u VA i njenom rastu. Produktivnost je udvostručena a koeficijent troškova rada je neznatno povećan (sa 0,38 na 0,40), na šta su presudno uticali smanjenje broja zaposlenih i umeren rast zarada koji je bio pod kontrolom MMF-a. Kao kuriozitet zvuči podatak da je pomenuti koeficijent ostao niži čak i od onog u privatnom sektoru.

S druge strane, odvijale su se strukturne reforme. Donet je čitav set novih zakonskih rešenja koji je podupro statusne, tj. organizacione promene u ovim preduzećima. Tako je (prema Memorandumu o budžetu i ekonomskoj i fiskalnoj politici za 2006. godinu sa projekcijama za 2007. i 2008. godinu, Ministarstvo finansija Republike Srbije), na primer, novim Zakonom o energetici ceo sistem EPS-a podeljen na proizvodnju, prenos i distribuciju električne energije, i rudnike sa površinskom eksploatacijom. Saglasno zahtevima EU i Atinskog sporazuma, prenosna mreža je izdvojena u posebno preduzeće što je prvi preduslov za otvaranje tržišta električne energije u Republici, a reduciran je i broj distributivnih preduzeća u okviru nove organizacije EPS-a usvojene u toku 2005. godine. Novim Zakonom o železnici formirano je Javno preduzeće za upravljanje javnom železničkom infrastrukturom i obavljanje javnog prevoza u železničkom saobraćaju i uvodi se novi koncept u funkcionisanju železnice; Zakonom o poštanskim uslugama predviđeno je do 2009. godine ukidanje poštanskog monopola, odnosno sprovođenje strukturnih reformi celokupnog PTT sistema i transformacije poštanskog sektora.

Donošenjem Zakona o prestanku važenja Zakona o osnivanju NIS-a u avgustu 2005. godine otpočela je funkcionisanje nova nacionalna naftna kompanija koju će činiti dva javna preduzeća (Transnaf-ta - Pančevo i Srbijagas - Novi Sad) i jedno akcionarsko društvo NIS -Novi Sad. Podsećamo da je sredinom 2005. godine (formalno) ukinut monopol Telekomu Srbije na pružanje usluga fiksne telefonije.

Međutim, utisak je da su barem u ovom organizacionom delu izostale kvalitativne promene. Naime, i pored intenziviranih procesa restrukturiranja radne snage, nivo zaposlenih se optimizira na pogrešan način. Preovlađuje linearno smanjenje zaposlenih koje često ne prati i izmena organizacione strukture. Izostaje modifikacija poslovnih procesa ili

funkcija koje bi trebalo da dovedu do njihovog unapređenja, odnosno do povećanja efikasnosti i smanjenja troškova za njihovo izvođenje.

Drugi, ujedno i najvažniji zaključak ove analize tiče se subvencija i njihovog neprimerenog udela u VA javnih preduzeća. Iz rezultata analize očigledno je da je gro preraspodele fiskalnim putem usmeren na javna preduzeća i njihov sistem monopola. Za sva preduzeća udeo subvencija u VA je u celom periodu 7,2 %, a neuporedivo je najveći u državnom sektoru, gde je izneo 30 %. Može se izračunati da je u celom posmatranom periodu putem subvencija preraspodeljeno oko 4,5 % ukupne VA u korist preduzeća u državnoj svojini (i znatno manji iznos u korist društvene svojine). Vremenom, ta se preraspodela smanjivala, ali je i u 2004. godini ostala na nivou 4 % ukupne VA. Pri tome se 85 % ove preraspodele u državnom i 71 % u društvenom sektoru odnosi na velika preduzeća. Zaista, 99,9 % ukupnih subvencija u 2004. godini išlo je u korist javnih preduzeća (od toga blizu dve trećine u korist 8 republičkih), a njihova VA sa oko dve trećine pripada sektoru državne svojine, kod lokalnih preduzeća oko 95 %.

Odavde bi mogla da sledi poruka o urgentnoj potrebi ubrzane privatizacije javnih preduzeća, kao pretpostavci za smanjivanje javne potrošnje. Istovremeno ova preduzeća imaju i monopolski položaj na tržištu što se, ako izostavimo efikasnost, kosi i sa principima EU kojoj težimo. Rezultati analize nedvosmisleno su pokazali da država nema razloga da bude većinski vlasnik NIS-a.

Jedini izuzetak ovde treba da bude EPS. Ovo preduzeće je specifično po mnogo čemu, ali dovoljno je reći samo da je njegov doprinos ukupnom privrednom rastu oko 5 %.

4. LITERATURA

- [1] FINANSIJSKI IZVEŠTAJI (BILANSI USPEHA) I ANEKSI FINANSIJSKIH IZVEŠTAJA JAVNIH PREDUZEĆA U SRBIJI U PERIODU 2001-2004, Centar za bonitet NBS;
- [2] Handbook of National Accounting: USE OF THE SYSTEM OF NATIONAL ACCOUNTS IN ECONOMICS IN TRANSITION, UNITED NATIONS, New York, 1996, p. 295;
- [3] Eurostat, „EUROPEAN SYSTEM OF ACCOUNTS - ESA 1995”, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 1996, p. 435.;
- [4] LINKS BETWEEN BUSINESS ACCOUNTING AND NATIONAL ACCOUNTING, United Nations, New York, 2000., pp. 270.;
- [5] Lum, S., Moyer, B. (2001): „GROSS DOMESTIC PRODUCT BY INDUSTRY FOR 1998-2000”, US

- Department of Commerce - Bureau of Economic Analysis, Survey of Current Business, November 2001., pp. 17-33.;
- [6] MEMORANDUM O BUDŽETU I EKONOMSKOJ I FISKALNOJ POLITICI ZA 2006. GODINU SA PROJEKCIJAMA ZA 2007. I 2008. GODINU, Ministarstvo finansija Republike Srbije;
- [7] Milojić, A. (1997). „OSNOVE SISTEMA NACIONALNIH RAČUNA”, Savezni zavod za statistiku, Beograd, str. 109.;
- [8] NATIONAL ACCOUNTS: A PRACTICAL INTRODUCTION, United Nations, New York, 2003., pp. 139.;
- [9] Strassner, E., Moyer, B. (2002): „AN ANALYSIS OF THE COMPOSITION OF INTERMEDIATE INPUTS BY INDUSTRY”, US Department of Commerce - Bureau of Economic Analysis, WP2002-05, pp. 47.;
- [10] SUSTAV NACIONALNIH RAČUNA 1993, Zagreb - Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske, 1997. - 785. str.

Rad je primljen u uredništvo 22. 12. 2005. godine



***Ivan Nikolić** je rođen 1975. godine u Beogradu. Diplomirao je 2001. godine na Ekonomskom fakultetu i trenutno je na posledipolomskim studijama. Zaposlen je u Ekonomskom institutu, u centru za makroekonomska istraživanja. Autor je većeg broja naučnih i stručnih radova, i sekretar i koautor mesečnog biltena „Makroekonomske analize i trendovi-MAT”.*

Branislav A. Bošković

Ostvarenje elektroenergetskog bilansa Državne zajednice Srbija i Crna Gora u 2005. godini

Stručni rad
UDK: 621.3.05

Rezime:

Rad prezentira realizaciju elektroenergetskog bilansa za 2005. godinu u Državnoj zajednici Srbija i Crna Gora kroz prikaz sledećeg: proizvodnje i potrošnje električne energije, republičke razmjene električne energije, nabavke i isporuke električne energije drugim elektroenergetskim sistemima, stanja akumulacija hidroelektrana, otkrivke uglja, deponija uglja za termoelektrane, i upoređuje ove veličine sa ostvarenjem u 2004. godini.

Ključne riječi: elektroenergetski bilans Državne zajednice Srbija i Crna Gora

Abstract:

**REALIZATION OF THE POWER BALANCE
OF THE STATE COMMUNITY SERBIA & MONTENEGRO IN 2005**

The paper deals with the realization of the electric power balance for 2005 in the State community Serbia and Montenegro, such as: electric power production and consumption, republican electric power interchange, electric power supply from and delivery to other electric power systems, hydro plant reservoirs, coal overburden layers removal, coal deposits for thermal power plants, with a review of the realization in 2004.

Key words: Electric power balance of the State community Serbia and Montenegro

1. UVOD

Elektroenergetski sistem (EES) Državne zajednice Srbija i Crna Gora (SCG) čine elektroenergetski sistemi Srbije i Crne Gore.

Elektroprivrednu delatnost u republikama obavljaju:

Javno preduzeće za proizvodnju električne energije, distribuciju električne energije i upravljanje distributivnim sistemom i trgovinu električne energije, koje posluje pod firmom Javno Preduzeće

„Elektroprivreda Srbije” sa potpunom odgovornošću i sedištem u Beogradu, čiji je skraćeni naziv JP „EPS” sa p.o. (u daljem tekstu: EPS) i Javno preduzeće „Elektromreža Srbije” sa potpunom odgovornošću i sedištem u Beogradu, čiji je skraćeni naziv JP „EMS” sa p.o. (u daljem tekstu: EMS). Javna preduzeća su osnovana zakonom o elektroprivredi („Službeni glasnik Republike Srbije”, br. 94/2004) sa izmenama i dopunama.

Javno elektroprivredno preduzeće za proizvodnju, prenos, nabavku i distribuciju električne energije

Branislav A. Bošković, dipl. ing. el. – Zajednica jugoslovenske elektroprivrede, 11 000 Beograd, Balkanska 13

je, koje posluje pod firmom „Elektroprivreda Crne Gore” sa sedištem u Nikšiću (u daljem tekstu: EPCG) osnovano Zakonom o energetici („Službeni list SRCG” br. 16/90) sa izmenama i dopunama. Odlukom Upravnog odbora ovog preduzeća, 18. marta 1998. godine ovo preduzeće je transformisano u Elektroprivredu Crne Gore A.D.

Saradnja između ove dve elektroprivrede regulisana je Ugovorom o dugoročnoj poslovnotehničkoj saradnji, koji je zaključen marta 1991. godine, uz uvažavanje normativnih akata: Zajednice jugoslovenske elektroprivrede, Elektroprivrede Srbije i Elektroprivrede Crne Gore.

Do donošenja novog zakona o EES-u Državne zajednice Srbija i Crna Gora, koordinirajuću ulogu u radu ova dva elektroenergetska sistema, u određenom obimu, vrši Stručna služba Zajednice jugoslovenske elektroprivrede (JUGEL), sa Koordinacionim odborom Zajednice jugoslovenske elektroprivrede u sastavu: direktor JUGEL-a, generalni direktor EPS-a i izvršni direktor EPCG AD.

2. PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE

U 2005. godini, energetske bilansima elektroprivreda Srbije i Crne Gore predviđena je:

- proizvodnja iz sopstvenih izvora 38 410 GWh (HE 12 086 GWh, TE 26 324 GWh) i
- nabavka od EES-a izvan SCG 2 038 GWh.

Ukupna proizvodnja električne energije u SCG je iznosila **41 355,6 GWh (33,6 % iz HE a 66,4 % iz TE)**, dok su nabavke električne energije od drugih EES-a izvan SCG iznosile **2 611,5 GWh**.

Plan proizvodnje iz sopstvenih izvora je veći za **7,7 %**. HE su svoj plan ostvarile sa **115,0 %** a TE su ostvarile sa **104,3 %** plana.

Nabavka električne energije od EES-a izvan SCG je veća za **28,1 %** od plana.

Ukupno raspoloživa električna energija je bila za **8,7 %** veća od plana za 2005. godinu.

Kada se prave poređenja proizvodnje električne energije u 2005. godini u odnosu na 2004. godinu, onda su odnosi sledeći:

- sopstvena proizvodnja je veća za **7,7 %**, pri čemu je proizvodnja HE veća za **4,0 %** a TE takođe veća za **9,7 %**;
- nabavka električne energije od EES-a izvan SCG je manja za **5,9 %**;
- raspoloživa električna energija je veća za **6,8 %**.

Svi gore navedeni podaci dati su u tabeli 1 i na slici 1.

Karakteristične proizvodnje na pragu elektrana:

a.) U EPS-u:

- najveća mesečna proizvodnja je bila **3 880,5 GWh** i to u **decembru** 2005. godine, tog meseca HE su proizvele **1 075,8 GWh**, a TE **2 804,8 GWh** (najveća mesečna proizvodnja u 2004. godini je bila **3 641,2 GWh**);
- najveća mesečna proizvodnja HE je bila u **maju** 2005. godine i iznosila je **1 260,5 GWh** (najveća mesečna proizvodnja HE u 2004. godini je bila **1 287,6 GWh**);
- najveća mesečna proizvodnja TE je bila u **decembru 2005.** godine i iznosila je **2 804,8 GWh** (najveća mesečna proizvodnja TE u 2004. godini je bila **2 700,3 GWh**);
- najveća dnevna proizvodnja je bila **01. marta** 2005. godine i iznosila je **144,9 GWh**, tog dana HE su proizvele **46,9 GWh**, a TE **98,0 GWh** (najveća dnevna proizvodnja u 2004. godini je bila **129,8 GWh**);
- najveća dnevna proizvodnja HE je bila **9. februara** 2005. godine i iznosila je **51,5 GWh** (najveća dnevna proizvodnja HE u 2004. godini je bila **50,2 GWh**);
- najveća dnevna proizvodnja TE je bila **20. februara** 2005. godine i iznosila je **103,6 GWh** (najveća dnevna proizvodnja TE u 2004. godini je bila **96,8 GWh**);
- prosečna dnevna proizvodnja na godišnjem nivou u 2005. godini je iznosila **105,8 GWh** (planirana **97,7 GWh**), (dok je u 2004. godini ostvarena prosečna dnevna proizvodnja iznosila **96,3 GWh**).

b.) U EPCG:

- najveća mesečna proizvodnja je bila u **januaru** 2005. godine i iznosila je **353,0 GWh** (najveća mesečna proizvodnja u 2004. godini je bila **427,9 GWh**), tog meseca HE su proizvele **235,3 GWh**, a TE **117,7 GWh**;
- najveća mesečna proizvodnja HE je bila u **januaru** 2005. godine i iznosila je **235,3 GWh** (najveća mesečna proizvodnja HE u 2004. godini je bila **339,9 GWh**);
- najveća mesečna proizvodnja TE je bila u **januaru** 2005. godine i iznosila je **117,7 GWh** (najveća mesečna proizvodnja TE u 2004. godini je bila **132,6 GWh**);
- najveća dnevna proizvodnja je bila **19. januara** 2005. godine i iznosila je **15,3 GWh** (najveća dnevna proizvodnja u 2004. godini je bila **17,8 GWh**) tog dana HE su proizvele **11,2**, a TE **4,1 GWh**;
- prosečna dnevna proizvodnja na godišnjem nivou u 2005. godini je iznosila **7,5 GWh** (planirana **7,7 GWh**), dok je u 2004. godini ostvarena prosečna dnevna proizvodnja bila je takođe **8,8 GWh**).

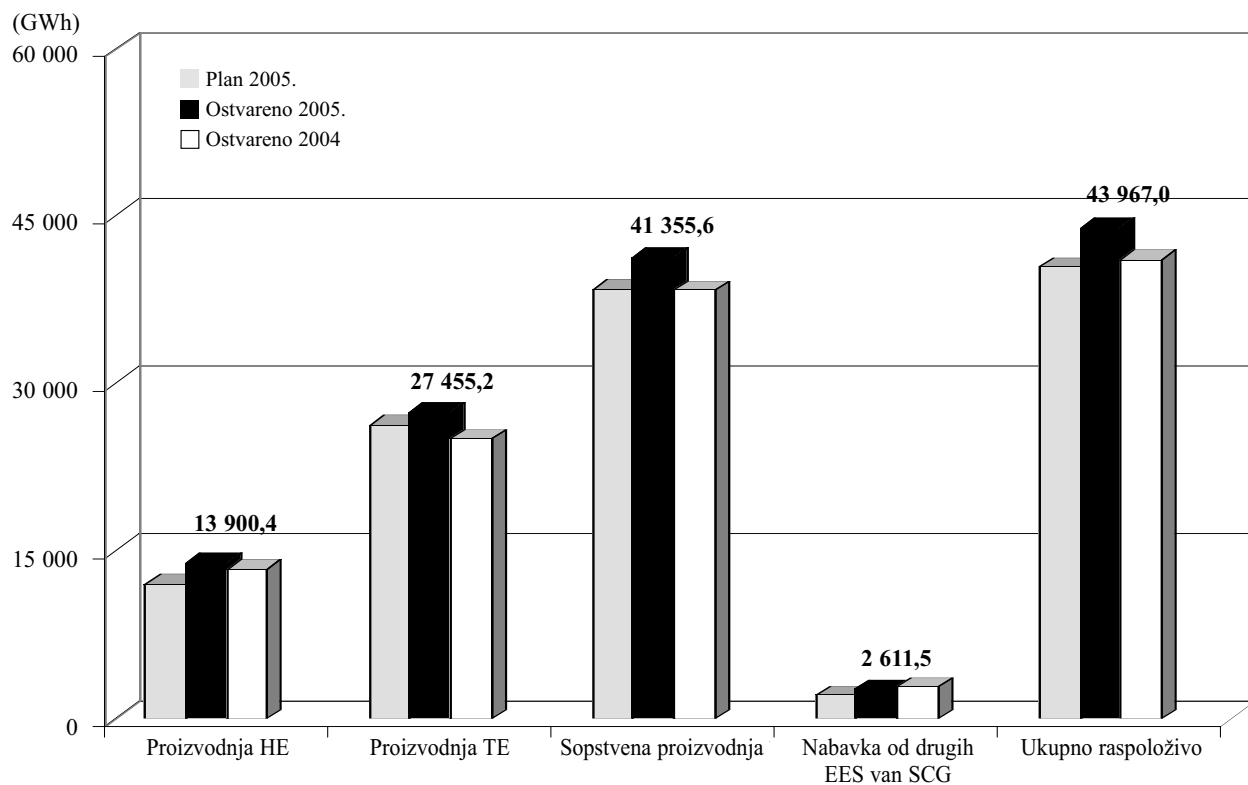
Tabela 1.

Ostvarenje bilansa proizvodnje (na pragu elektrana) i nabavki električne energije EES-a SCG

Raspoloživo	2005. godina						Ostvareno 2005/ Planirano 2005.		
	Planirano (GWh)			Ostvareno (GWh)			Ostvareno 2005/ Planirano 2005. (%)		
	SCG	EPS	EPCG	SCG	EPS	EPCG	(4/1)	(5/2)	(6/3)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Proizvodnja HE	12 086	10 413	1 673	13 900,4	12 043,0	1 857,4	115,0	115,7	111,0
Proizvodnja TE	26 324	25 251	1 073	27 455,2	26 564,8	890,4	104,3	105,2	83,0
Sopstvena proizvodnja	38 410	35 664	2 746	41 355,6	38 607,8	2 747,8	107,7	108,3	100,1
Međurepublička razmena		762	1 066		1 024,5	1 285,4		134,4	120,6
Nabavka od drugih EES izvan SCG	2 038	454	1 584	2 611,5	1 032,4	1 579,0	128,1	227,4	99,7
Ukupno raspoloživo	40 448	36 880	5 396	43 967,0	40 664,7	5 612,3	108,7	1 110,3	104,0

Tabele 1. - nastavak

Raspoloživo	2004. godina Ostvareno (GWh)			Ostvareno 2005/ Ostvareno 2004. (%)		
	SCG	EPS	EPCG	(4/10)	(5/11)	(6/12)
	(10)	(11)	(12)	(13)	14)	15)
Proizvodnja HE	13 366,6	11 135,4	2 231,2	104,0	108,2	83,2
Proizvodnja TE	25 021,4	24 066,9	954,5	109,7	110,4	93,3
Sopstvena proizvodnja	38 388,0	35 202,3	3 185,7	107,7	109,7	86,3
Međurepublička razmena		1 308,0	1 218,1		78,3	105,5
Nabavka od drugih EES izvan SCG	2 758,9	1 326,2	1 447,7	94,1	77,8	109,1
Ukupno raspoloživo	41 146,9	37 837,5	5 851,4	106,8	107,5	95,9



Slika 1. Ostvarenje EEB EES SCG

3. POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Ukupne potrebe potrošača električne energije u SCG su iznosile **42 604,7 GWh**, dok su isporuke drugim EES izvan SCG iznosile **1 362,3 GWh**.

Plan potrošnje domaćih potrošača električne energije je ostvaren sa **105,3 %**, a isporuke električne energije drugim EES izvan SCG je iznosio

1 362,3 GWh, tako da je ukupan plasman iznosio **108,7 %** plana. U tabeli 3 i na slici 2 se vidi kako je učešće potrošača električne energije. Vidi se da nam direktni potrošači nisu ispunili plan za **0,3 %** (potrošili su električne energije više nego 2004. godine za **2,4 %**). Distributivna potrošnja je **104,5 %** od plana, i ista ima rast od **5,5 %** u odnosu na 2004. godinu. Gubici električne energije u prenosu su veći od planiranih, za **5,5 %** ali su i u odnosu na 2004. godinu veći za **2,8 %**. Na slici 2, prikazana je prosečna potrošnja električne energije bruto konzuma (bez pumpanja).

Bez upoređivanja sa prethodnom godinom, daju se neki rezultati potrošnje električne energije u 2005. godini:

a.) U EPS-u:

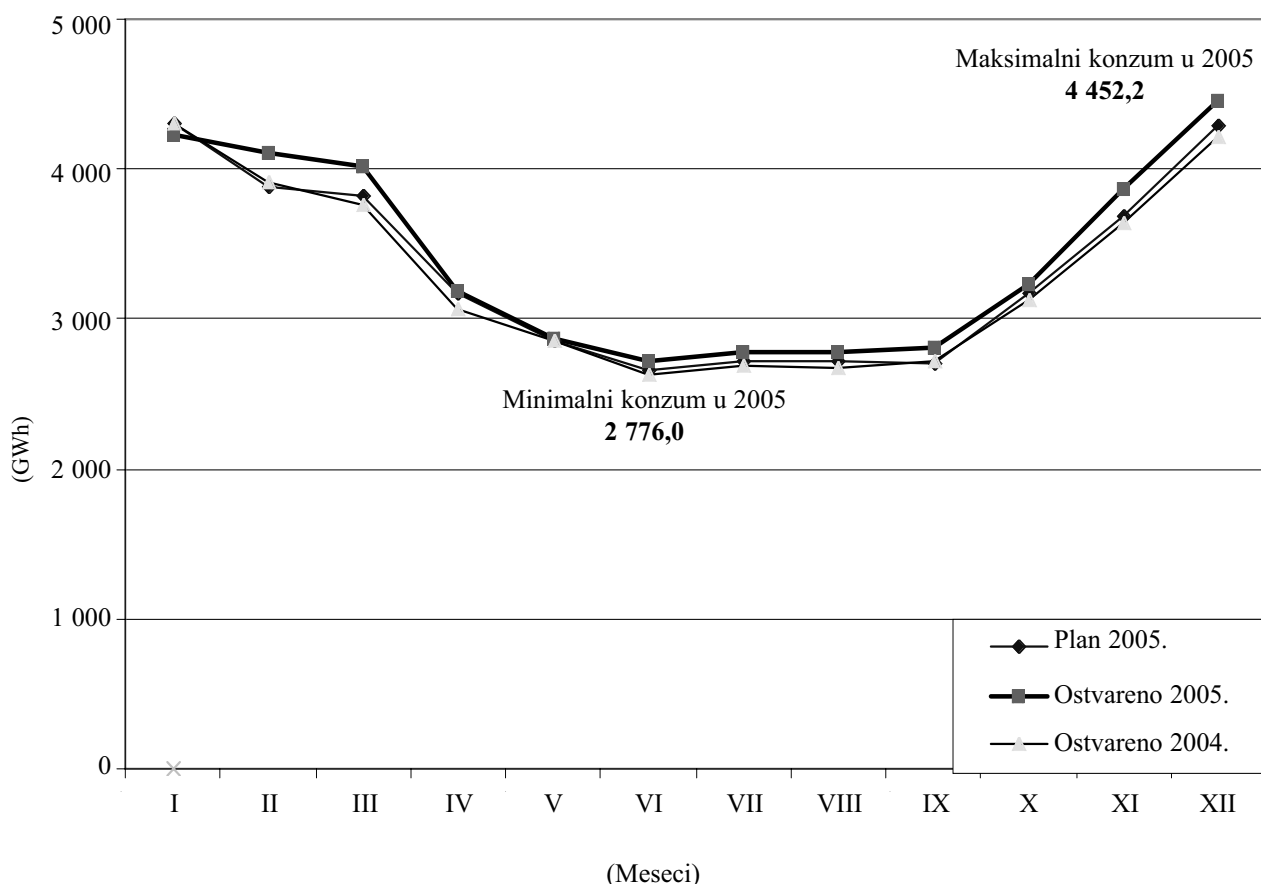
– najveća mesečna potrošnja je bila u **decembru** 2005. godine i iznosila je **3 992,8 GWh**, bez pumpanja (najveća u 2004. godini je bila **3 860,0 GWh**);

– najveća dnevna potrošnja je bila **09. februara** 2005. godine i iznosila je **148,0 GWh**, pri minimalnoj dnevnoj temperaturi tog dana u Beogradu od minus **13,0** stepena Celzijusa (najveća dnevna potrošnja 13. februara u 2004. godini je bila **137,5 GWh**, pri temperaturi od minus **9,9** stepena Celzijusa;

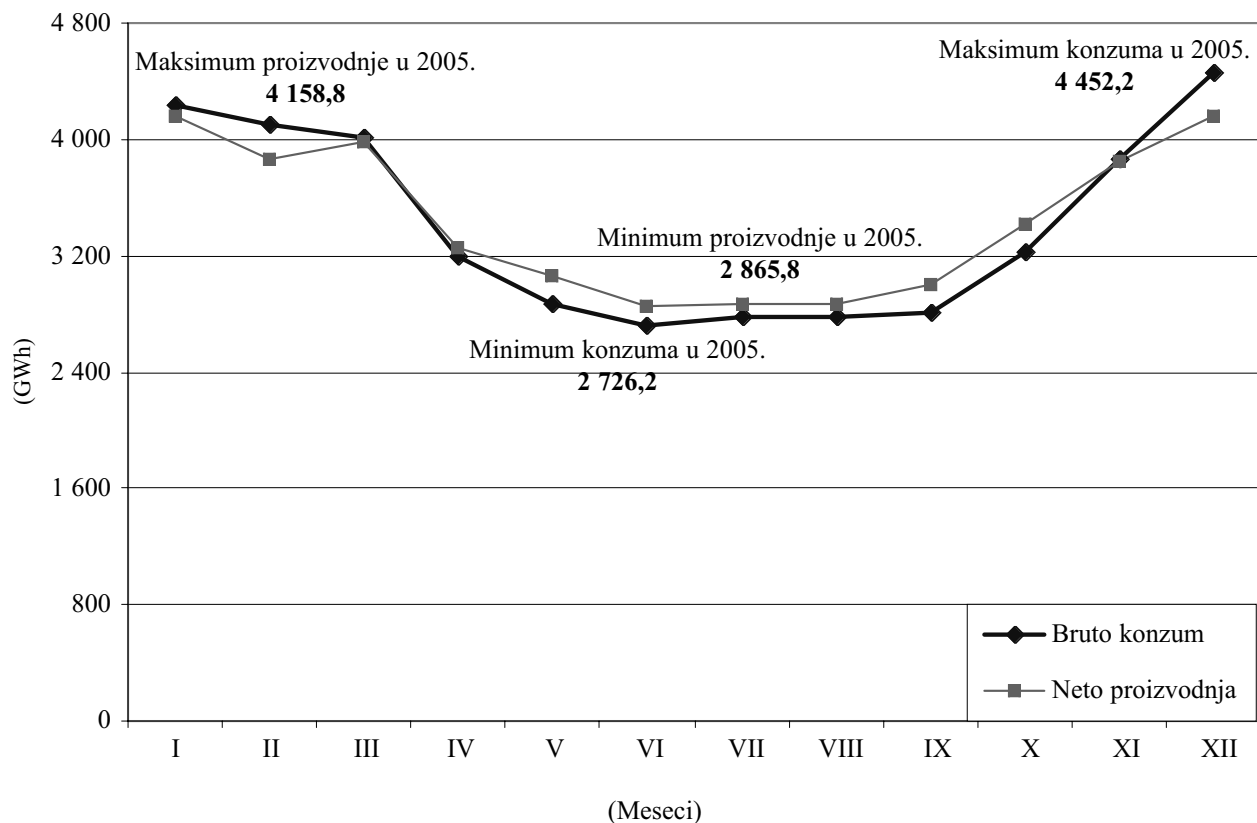
– najveća srednja satna snaga je bila 09. februara **6 867 MW** u 20 h (najveća u 2004. godini je bila **6 448 MW**);

– prosečna dnevna potrošnja na godišnjem nivou u 2005. godini, bez energije za pumpanje je iznosila **100,4 GWh** (planirana **96,9 GWh**), (prosečna dnevna potrošnja na godišnjem nivou u 2004. godini **95,9 GWh**).

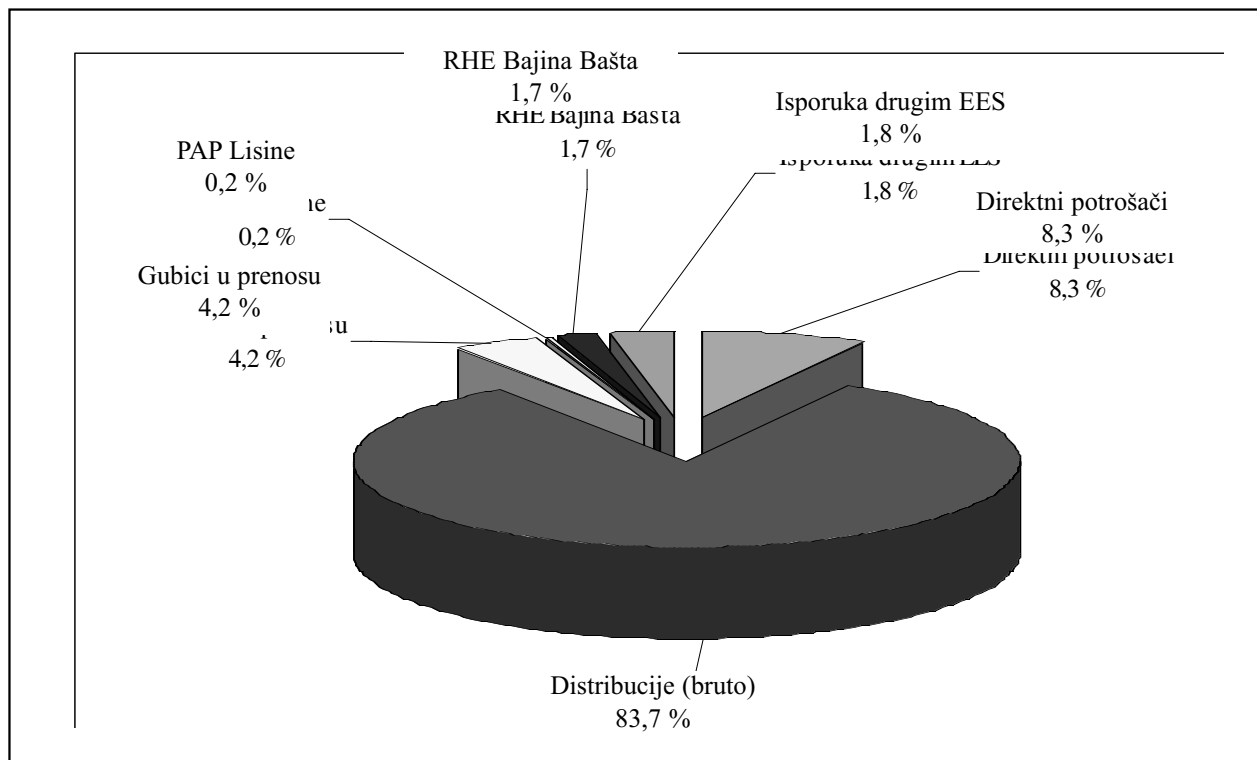
Interesantno je pomenuti kako su se kretale minimalne i maksimalne snage sistema EPS-a tokom kvartala 2005.godine u odnosu na planovima tih perioda (bez pumpanja):



Slika 2. Mesečni bruto konzum EES SCG



Slika 3. Mesečni proizvodnje i bruto konzum u SCG



Slika 4. Učešće potrošača električne energije u ukupnom plasmanu električne energije u EES SCG u 2005. godini

Tabela 2.

Ostvarenje bilansa potrošnje i isporuka električne energije EES SCG

Plasman	2005. godina						Ostvareno 2005/ Planirano 2005.		
	Planirano (GWh)			Ostvareno (GWh)			(%)		
	SCG	EPS	EPCG	SCG	EPS	EPCG	(4/1)	(5/2)	(6/3)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Direktni potrošači	3 542	1 352	2 190	3 530,7	1 472,4	2 058,3	99,7	108,9	94,0
Distribucije (bruto)	34 752	32 496	2 256	36 315,5	34 005,7	2 309,8	104,5	104,6	102,4
Gubici u prenosu	1 703	1 515	188	1 796,2	1 620,8	175,4	105,5	107,0	93,3
Pumpanje PAP Lisine	74	74		97,9	97,9		132,3	132,3	
Pumpanje RHE Bajina Bašta	377	377		864,5	864,5		229,3	229,3	
Sopstvena potrošnja	40 448	35 814	4 634	42 604,7	38 061,3	4 543,4	105,3	106,3	98,0
Međurepublička razmena		1 066	762		1 285,4	1 024,5		120,6	134,4
Isporuka drugim EES izvan SCG	0	0	0	1 362,3	1 317,9	44,4			
Ukupan plasman	40 448	36 880	5 396	43 967,0	40 664,7	5 612,3	108,7	110,3	104,0

Tabele 2. - nastavak

Plasman	Ostvareno 2004. godina (GWh)			Ostvareno 2005/ Ostvareno 2004. (%)		
	SCG	EPS	EPCG	(4/10)	(5/11)	(6/12)
	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
Direktni potrošači	3 447,1	1 342,3	2 104,8	102,4	109,7	97,8
Distribucije (bruto)	34 430,9	32 218,9	2 212,1	105,5	105,5	104,4
Gubici u prenosu	1 747,7	1 542,8	204,9,0	102,8	105,1	85,6
Pumpanje PAP Lisine	96,8	96,8		101,1	101,1	
Pumpanje RHE Bajina Bašta	695,6	695,6		124,3	124,3	
Sopstvena potrošnja	40 418,2	35 896,4	4 509,9	105,4	106,0	100,5
Međurepublička razmena		1 218,1	1 308,0		105,5	78,3
Isporuka drugim EES izvan SCG	744,6	722,9	21,6	183,0	182,3	205,2
Ukupan plasman	41 162,8	37 837,4	5 851,4	106,8	107,5	95,9

– prosečna minimalna snaga bruto konzuma za period I – III je bila **4 172 MW** (bilansom predviđena manja 44,8 %);

– prosečna minimalna snaga bruto konzuma za period IV – VI je bila **2 567 MW** (bilansom predviđena manja 25,7 %);

– prosečna minimalna snaga bruto konzuma za period VII – IX je bila **2 373 MW** (bilansom predviđena manja 22,3 %);

– prosečna minimalna snaga bruto konzuma za period X – XII je bila **3 647 MW** (bilansom predviđena manja 43,0 %);

– prosečna minimalna snaga bruto konzuma za period I – XII je bila **3 190 MW** (bilansom predviđena manja 35,5 %W);

– prosečna maksimalna snaga bruto konzuma za period I – III je bila **5 965 MW** (bilansom predviđena manja 7,3 %);

– prosečna maksimalna snaga bruto konzuma za period IV – VI je bila **4 539 MW** (bilansom predviđena manja 5,5 %);

– prosečna maksimalna snaga bruto konzuma za period VII – IX je bila **4 197 MW** (bilansom predviđena manja 7,3 %);

– prosečna maksimalna snaga bruto konzuma za period X – XII je bila **5 680 MW** (bilansom predviđena manja 5,5 %);

– prosečna maksimalna snaga bruto konzuma za period I – XII je bila **5 095 MW** (bilansom predviđena manja 6,4 %).

Kao što se vidi iz gornjih podataka, postoji velika razlika kod minimalnih opterećenja (od 125 do 145 %) a kod maksimalnih opterećenja planirana snaga je manja od ostvarene cca od 5,5 % do 7,3 %.

U pojedinim trenucima zimskih opterećenja nedostajalo je cca 778 MW snage, a zimi i do 15,6 GWh električne energije dnevno.

b.) U EPCG:

– najveća mesečna bruto potrošnja je bila u januaru 2005. godine i iznosila je **441,1 GWh** (najveća mesečna bruto potrošnja u 2004. godini je bila 442,9 GWh);

– najveća dnevna potrošnja je bila 09. februara 2005. godine i iznosila je **16,8 GWh** (najveća dnevna potrošnja u 2004. godini je bila 15,9 GWh);

– najveća srednja satna snaga je bila 06. februara **799 MW** u 20 časova (najveća srednja satna snaga u 2004. godini je bila 742 MW) i

– prosečna dnevna potrošnja na godišnjem nivou u 2005. godini je iznosila **11,9 GWh** (planirana 12,2 GWh dok je u 2004. godini ostvarena prosečna dnevna potrošnja bila 11,9 GWh).

4. MEĐUSOBNA RAZMENA ELEKTRIČNE ENERGIJE DVE ELEKTROPRIVREDE

Razmena električne energije između dva sistema u 2005. godini je na visokom nivou.

EPS je tokom prošle godine EPCG isporučio električne energije **1 285,4 GWh** ili **120,6 %** od plana, što je u odnosu na isporučenu električnu energiju u 2004. godini za 5,6 % više (tabela 5 i slika 5).

EPCG je tokom 2005. godine EPS-u isporučio električne energije **1 024,5 GWh** ili **134,4 %** plana, što je u odnosu na 2004. godinu manje 21,6 % .

5. RAZMJENA ELEKTRIČNE ENERGIJE SA EES IZVAN SCG

Elektroprivredna preduzeća koja sačinjavaju EES SCG, su tokom 2005. godine isporučila električne energije **1 362,3 GWh**, (2004. godine 744,6 GWh) dok su u trenucima potreba, pretežno u zimskim mesecima, nabavila električne energije **2 611,5 GWh** (2004. godine 2 773,8 GWh). Tabele 1 i 3, prikazuju podatke o toj isporuci i nabavci. Kada se analiziraju ti podaci u odnosu na bilans u 2005. godini, onda su odnosi sledeći:

– nabavka električne energije u 2005. godini bila je veća od plana za **28,1 %**, odnosno za 5,9% manja od nabavke električne energije u 2004. godini,

– isporuka električne energije (što je pretežno vraćanje električne energije zadužene ranijih godina) je bila **1 362,3 GWh**, a veća nego 2004. godine za 83,0 %.

Glavni deo isporuka električne energije je ostvario EPS (**96,7 %** od ukupne isporuke električne energije), dok je kod uvoza električne energije EPCG uvezla električne energije **60,5 %** (od ukupnog uvoza SCG).

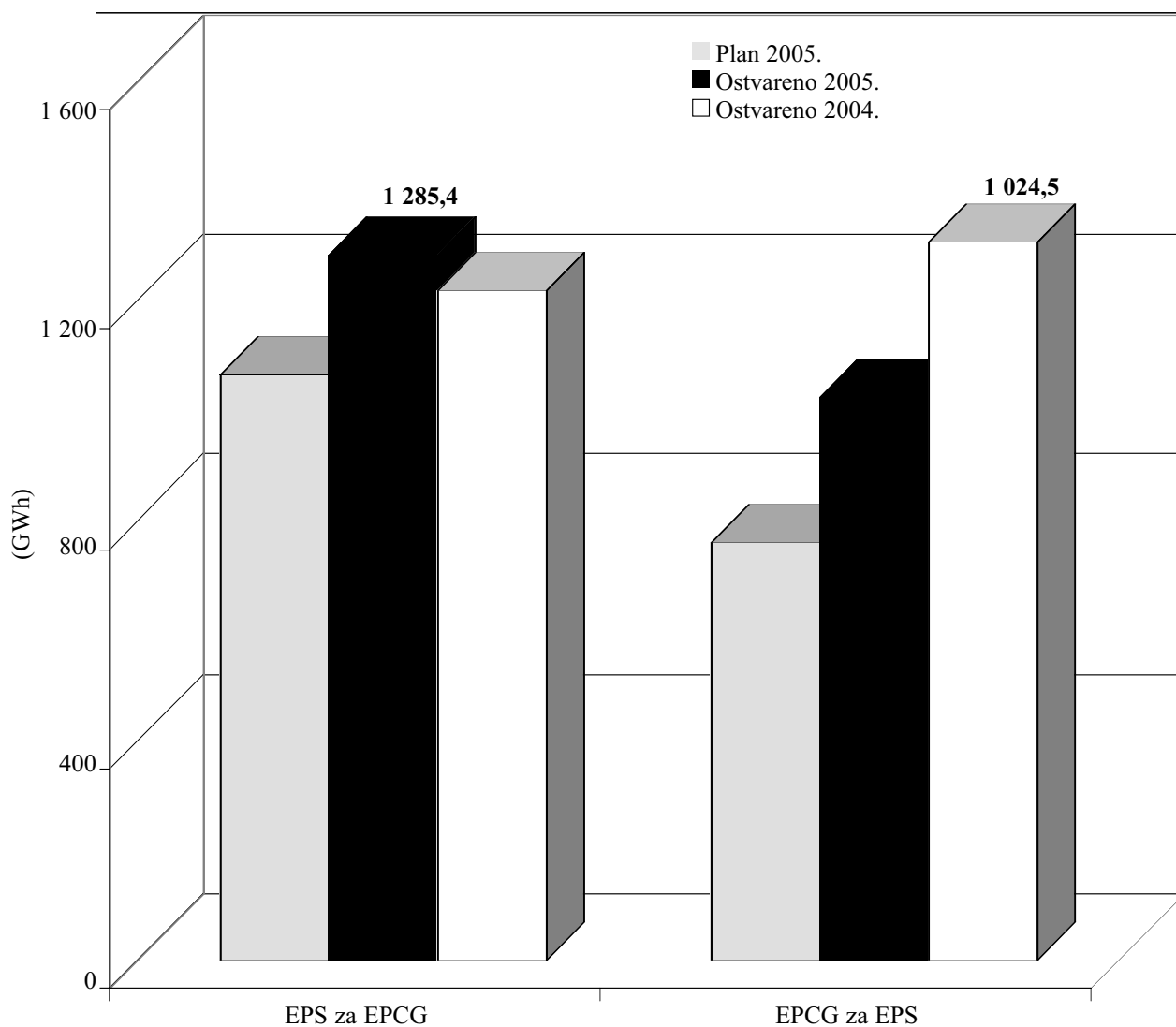
Na slikama 6 i 7 prikazano je kako se kretala (mesečno) isporuka i nabavka električne energije EES SCG tokom 2005. godine.

Tabela 3.

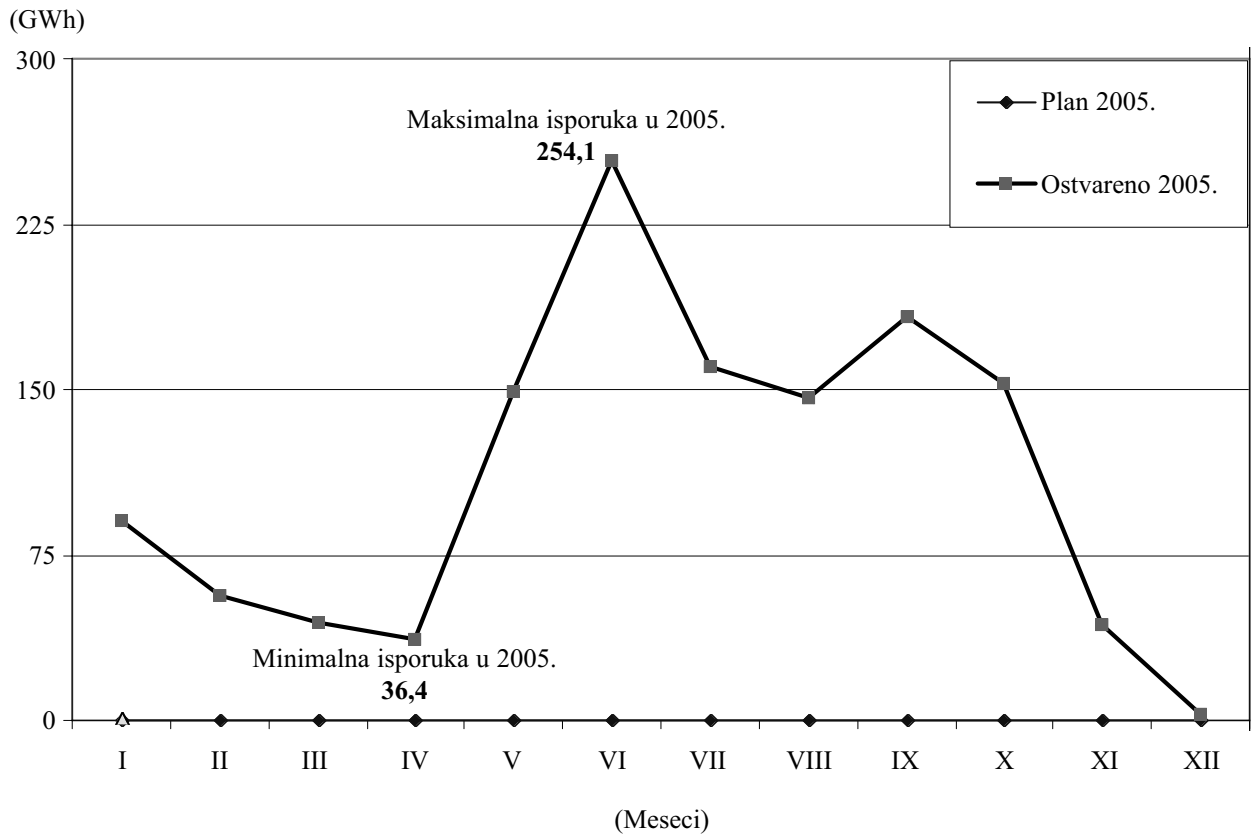
Razmena električne energije između republičkih elektroprivreda

Razmena električne energije između EPS-a i EPCG	Plan za 2005. (GWh)	Ostvareno u 2005. (GWh)	Ostvareno u 2005./ Plan u 2005. (%)	Ostvareno u 2004. (GWh)	Ostvareno 2005/2004 (%)
EPS isporučio EPCG	1 066	1 285,4	120,6	1 218,1	105,5
EPCG isporučio EPS-u	762	1 024,5	134,4	1 308,0	78,3

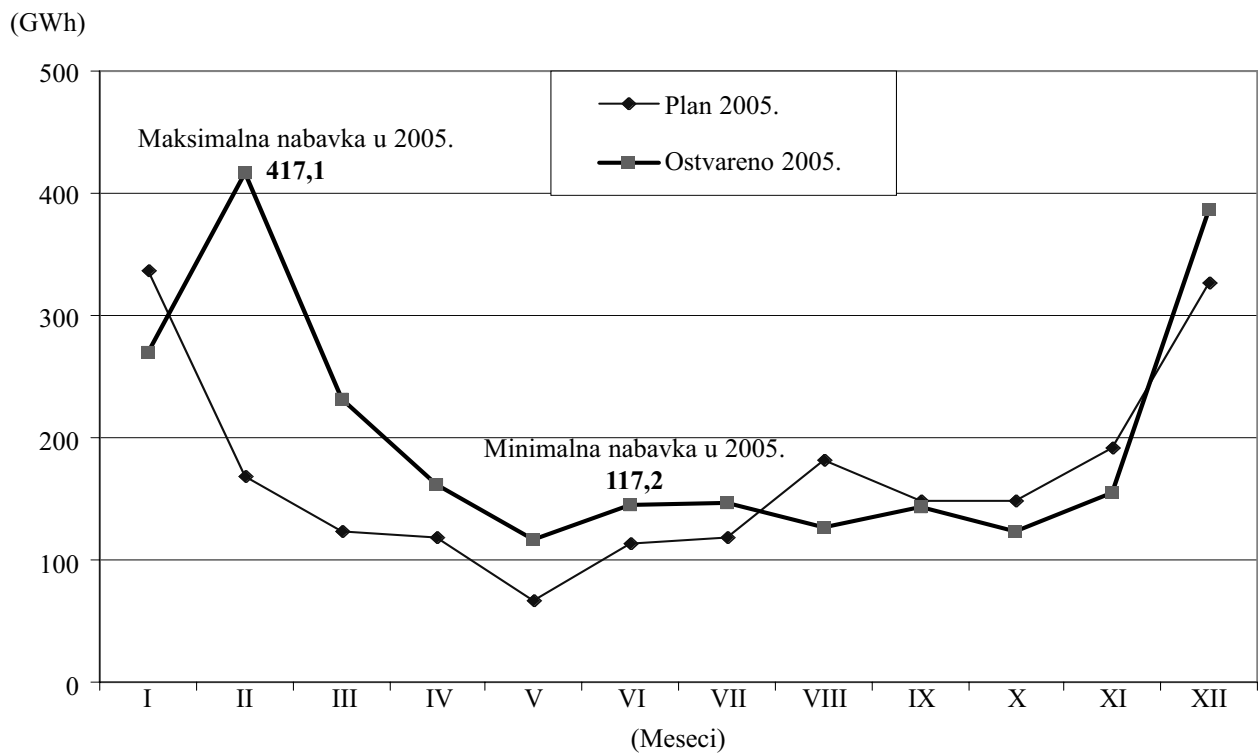
Napomena: pomenutim ugovorom je definisan odnos između vršne energije koju EPCG isporučuje EPS-u i energije u bandu koju EPS isporučuje EPCG u : 1,415 : 1.



Slika 5. Razmena električne energije između dve elektroprivrede



Slika 6. Isporuka električne energije EES SCG drugim EES sistemima



Slika 7. Nabavka EES SCG (plan SCG kao zbir planova elektroprivreda)

6. STANJE AKUMULACIJA

U tabeli 4 i pripadajućem dijagramu na slici 8 prikazano je stanje akumulacija u EES SCG tokom 2005. godine, sa poređenjem u odnosu na 2004.

Stanje je bilo tako da je 31.12.2005. godine dočekan sa **109,6 %** plana akumulacija (zbirnog plana republičkih bilansa), a to je **73,3%** maksimalno mogućih akumulacija EES SCG.

Tabela 4.

Stanje akumulacija za HE

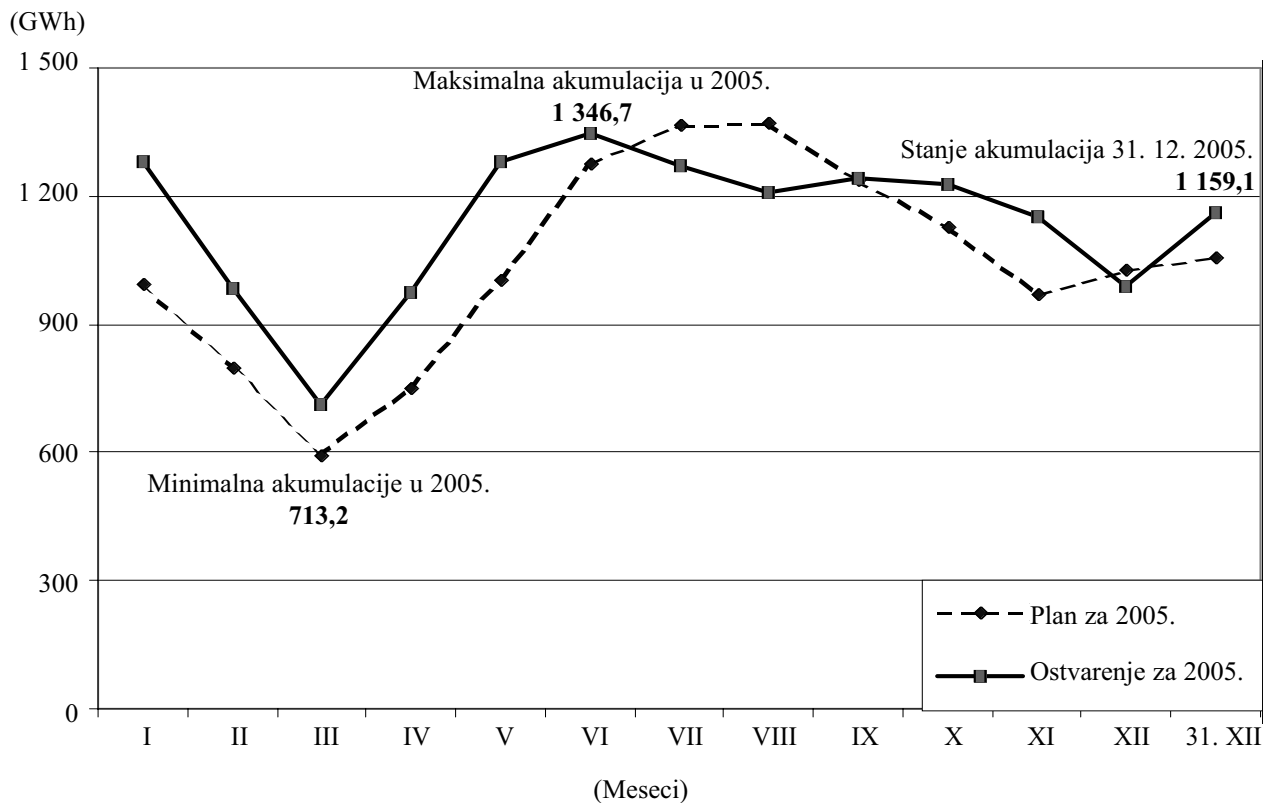
Akumulacije	01. I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	31. XII
Plan 2005. (GWh)	994	796	593	749	1 005	1 277	1 365	1 370	1 239	1 126	970	1 025	1 058
Ostvareno 2005 (GWh)	1 280,5	985,8	713,2	974,1	1 281,2	1 346,7	1 268,9	1 206,7	1 240,6	1 227,1	1 149,0	991,0	1 159,1
Ostvareno 2005/ Planirano 2005. (%)	128,8	123,8	120,2	130,1	127,6	105,5	92,9	88,1	100,2	109,0	118,4	96,7	109,6
Ostvareno 2004. (GWh)	993,8	1 057,3	1 065,9	1 207,5	1 343,4	1 389,9	1 348,2	1 274,1	1 255,6	1 203,8	1 198,4	1 206,4	1 263,9
Ostvareno 2005/ Ostvareno 2004. (%)	128,8	93,2	166,9	80,7	95,4	96,9	94,1	94,7	98,8	101,9	95,9	82,1	91,7
Ostvareno 2005/ Maksimum (%)	81,0	62,4	45,1	61,6	81,1	85,2	80,3	76,3	78,5	77,6	72,7	67,2	73,3

Napomena:

Maksimalne akumulacije EPS-a sa uticajem Uvca iznose: 995,6 GWh.

Maksimalne akumulacije EPCG sa Pivom iznose: 585,0 GWh.

Maksimalne akumulacije SCG sa uticajem Uvca iznose: 1 580,6 GWh.



Slika 8. Akumulacije za HE EES SCG

7. OTKRIVKA UGLJA

Pošto od veličine otkrivke uglja zavisi proizvodnja uglja, a samim tim i popunjenost deponija uglja i rad TE, to će se u ovom poglavlju kao i na slici 9 i u tabeli 5 dati i ova problematika, jer njena uspešnost itekako utiče na ostale rezultate ostvarenja EB zemlje.

Na nivou zemlje otkrivka uglja, kao prost zbir otkrivki uglja u Republikama, ostvarena sa **116,0** %

plana (sa isključenjem podataka za plan i proizvodnju na Kosovu i Metohiji, koji nam nisu dostupni).

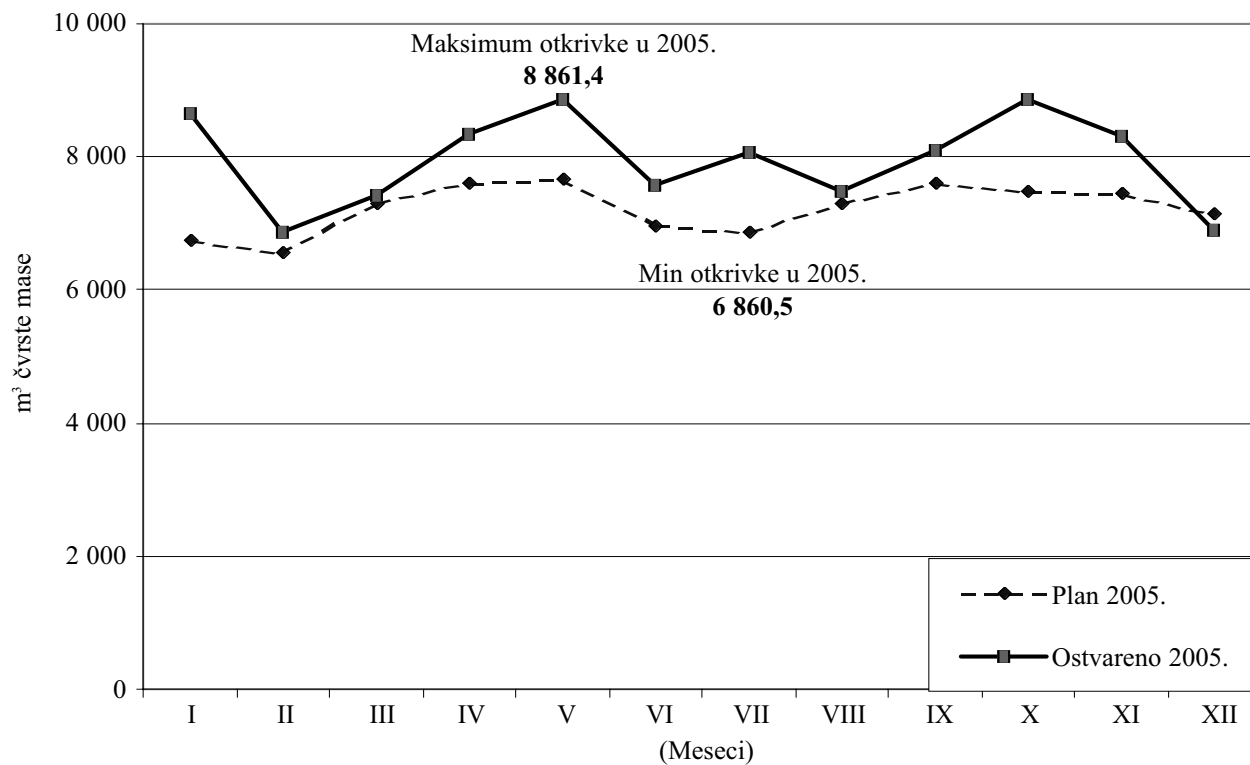
Ostvarenje plana otkrivke uglja u EPS-u u 2004. godini (bez podataka za plan i proizvodnju na Kosovu i Metohiji) je iznosilo **114,4** % i veća je od ostvarene u 2004. godini **2,0** %.

Otkrivka uglja u RCG u 2005. godini je iznosila **50,9** % od plana. Ista je manja u odnosu na ostvareno u 2004. godini **17,8** %.

Tabela 5.

Otkrivka uglja u republikama Srbiji i Crnoj Gori

Otkrivka	Plan 2005. (m ³ čvrste mase)	Ostvareno 2005. (m ³ čvrste mase)	Ostvareno 2005/ Planirano 2005. (%)	Ostvareno 2004. (m ³ čvrste mase)	Ostvareno 2005/ Ostvareno 2004. (%)
Otkrivka u rudnicima EPS-a	80 900	92 517,3	114,4	90 682,6	102,0
Otkrivka u rudniku „Pljevlja”	5 800	2 950,1	50,9	3 587,2	82,2
Ukupna otkrivka uglja u SCG	86 700	94 269,8	116,0	94 269,8	101,3



Slika 9. Mesečne otkrivke uglja u SCG

8. DEPONIJE UGLJA

U energetske bilansima Republika, plan deponija uglja za TE i njihovo stanje tokom 2005. godi-

ne prikazano je na slici 10 i u tabeli 6, sa poređenjem: stanja deponija u odnosu na ostvareno u 2004. godini.

Tabela 6.

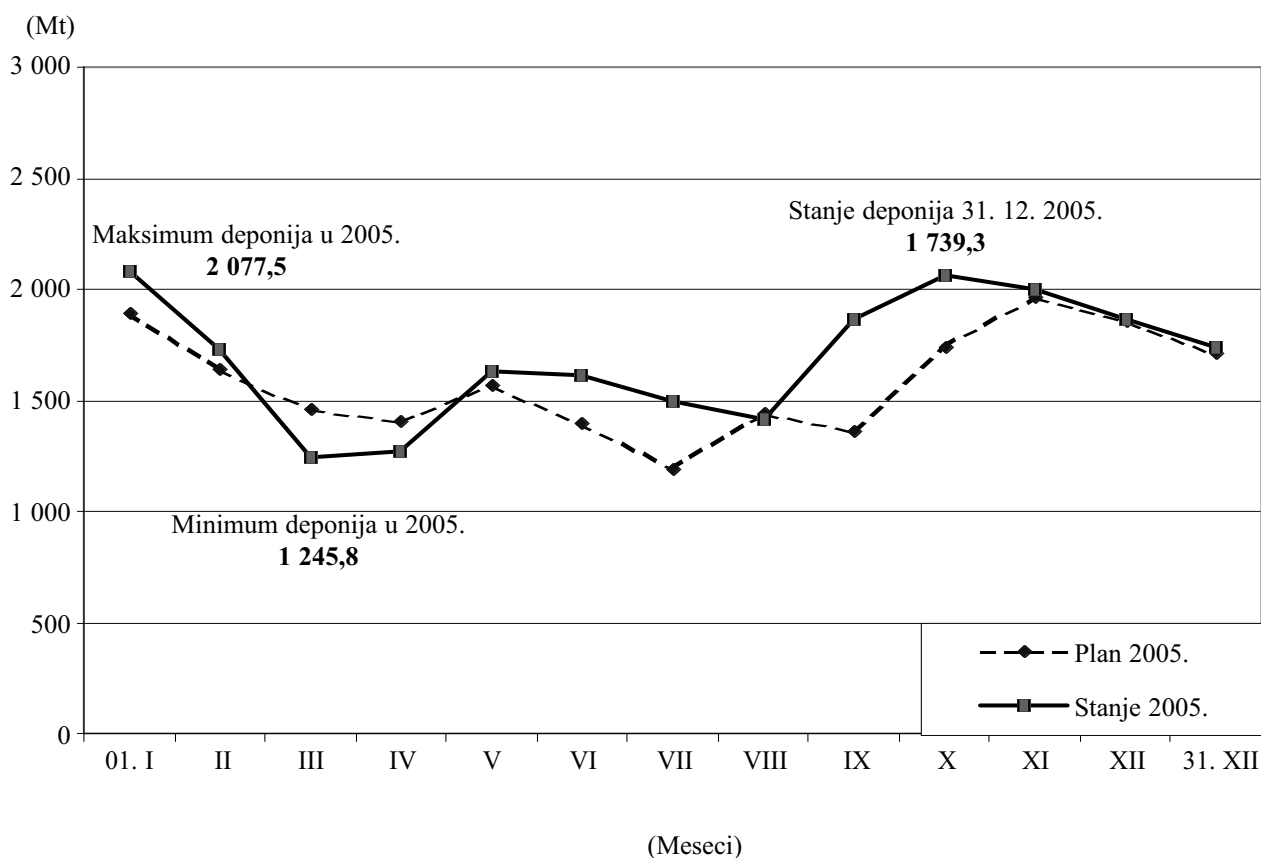
Deponije uglja TE u SCG bez TE na Kosovu i Metohiji

Mt

	01. I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	01. XII	31. XII
Plan 2005. (Mt)	1 890,0	1 641,0	1 460,0	1 405,0	1 565,0	1 396,0	1 192,0	1 442,0	1 369,0	1 743,0	1 967,0	1 858,0	1 715,0
Stanje 2005. (Mt)	2 077,5	1 726,7	1 245,8	1 273,2	1 628,7	1 608,4	1 496,1	1 410,2	1 864,8	2 067,6	2 001,8	1 866,6	1 739,3
Stanje 2004/Plan 2004. (%)	109,9	105,2	85,3	90,6	104,1	115,2	125,5	97,8	136,8	118,6	101,8	100,5	101,4
Stanje 2004. (Mt)	1 586,7	797,0	916,4	1 258,9	1 942,0	1 966,2	1 963,3	2 025,5	2 273,3	2 195,4	2 224,1	2 035,8	2 083,5
Stanje 2005/Stanje 2004. (%)	130,9	216,6	135,9	101,1	83,9	81,8	76,2	69,6	82,0	94,2	90,0	91,7	83,5
Stanje 2005/Maksimum (%)	89,5	74,4	53,7	54,9	70,2	69,3	64,5	60,8	80,4	89,1	86,3	80,5	75,0

Napomena: Deponije u EPS-u su bez deponija za Kosovo i Metohiju (max 2 160 Mt) EPCG (max 160 Mt)

Napomena: Podaci za EPS su bez Kosova i Metohije



Slika 10. Deponije uglja za TE EES SCG

9. ZAKLJUČAK

Kada se analiziraju proizvodnja i potrošnja električne energije u 2005. godini, kao i ostali aspekti vezani za tu vrstu problematike, može se konstatovati sledeće:

– kao posledica kvalitetnijih remonata i održavanja, evidentni su i bolji rezultati u radu i proizvodnji čitavog EES;

– tarifni sistem i netržišna cijena električne energije (u EPS-u), posustaju u smanjenje maksimalnog dnevnog opterećenja u mreži EPS-a, kao i u eventualnom rastu minimalnog dnevnog opterećenja, zbog neusklađenosti-disparitetu cena energenata, što dovodi do nešto manje ravnomernosti dnevnog dijagrama opterećenja na nivou SCG;

– delimično se popravljaju i tehnička efikasnost izvora električne energije;

— potrebno je stvoriti uslove za što racionalnije korišćenje električne energije;

– potrebno je nastaviti sa intenzivnim ulaganjem u remonte na svim nivoima, pripremom revitalizacije, kao i novim investicijama;

Generalna napomena čitaocima: ukoliko bi čitalac proveravao zbirne u tabelama, našao bi mala neslaganja, što je posledica zaokruživanja na

jednu decimalu, jer su podaci dati, recimo u kWh, a u tabelama su prikazivani u GWh, pa otuda i razlika. Isto važi i kada su procenti (%) u pitanju.

10. LITERATURA

- [1] UGOVOR O DUGOROČNOJ POSLOVNO-TEHNIČKOJ SARADNJI, mart 1991. godine.
- [2] EEB REPUBLIKE SRBIJE (aktuelizovani) U 2004, i 2005. GODINI.
- [3] EB REPUBLIKE CRNE GORE U 2004, I 2005. GODINI.
- [4] KOMERCIJALNI PODACI EPS-a O OSTVARENJU EEB u 2005, Beograd, 25. 01. 2006. godine.
- [5] IZVEŠTAJ EPS-a O OSTVARENJU PROIZVODNJE UGLJA, Beograd, br. II-13/3 12.01. 2006. godine.
- [6] IZVEŠTAJ RUDNIKA UGLJA PLJEVLJA O OSTVARENJU PROIZVODNJE UGLJA, Pljevlja, januar 2006. godine.
- [7] ELEKTROPRIVREDA SRBIJE 2004. GODINA, Beograd, 2005. godine.
- [8] ELEKTROPRIVREDA CRNE GORE 2004. GODINA, Nikšić, 2005. godine.
- [9] ELEKTROPRIVREDA SRBIJE 2005. GODINA, Beograd, 2006. godine.

Rad je primljen u uredništvo 10. 02. 2006. godine



Branislav A. Bošković je rođen 1946. godine u Kolašinu. Srednju tehničku školu i prvi stepen elektrotehničkog fakulteta završio u Titogradu (danas Podgorica), a drugi stepen u Beogradu. Po završetku studija, radio u „Minelu” i „Elektronu”, kao i za strane kompanije, na izgradnji elektroenergetskih i industrijskih postrojenja u zemlji i inostranstvu. Od 1996. godine zaposlen u Zajednici jugoslovenske elektroprivrede. Oblast rada u ZJE je bio EEB SRJ.

Prof. dr Vujica Jevđević (1913-2006)

Dana 26. marta 2006. godine u SAD (Kolorado) preminuo je prof. dr Vujica Jevđević, dipl.inž.građ.-najpoznatiji svetski naučnik u oblasti voda, inostrani član Akademije inženjerskih nauka SCG. Kao svetski priznat stvaralac, rodoljub i dobročinitelj po želji SPC sahranjen je na groblju „Sveta gora” u manastiru kraj Čikaga, na kome počivaju najznamenitiji Srbi preminuli u SAD.

Vujica Jevđević je rođen 1913. u selu Kasidolima kraj Priboja na Limu, u porodici seoskog sveštenika. Završio je Građevinski fakultet (1936.) u Beogradu, i studije hidrotehnike na izuzetno uglednoj visokoj školi u Grenoblu (1938.). Službu započinje u Skoplju, kao hidrotehnički inženjer u Banskoj upravi Vardarske banovine, radeći na planiranju i realizaciji hidrotehničkih sistema u Makedoniji. Već tada je dao koncepciju za realizaciju više hidrotehničkih sistema, koji su dosta kasnije sa sličnim pozicijama i realizovani. Kao inženjerijski oficir zarobljen je nakon kapitulacije Jugoslavije i rat je proveo u Italiji, najpre u oficirskom zarobljeničkom logoru (u kome je započeo pisanje knjige iz Hidrologije!), a kasnije u italijanskom pokretu otpora. Odmah nakon rata povereno mu je da formira Hidroenergetski zavod (tada čuveni HEZ, sa svetski glasovitom hidrauličkom laboratorijom), koji je na sebe primio sve stručne aktivnosti na realizaciji hidroenergetskih objekata u zemlji. Šest godina se nalazio na čelu tog Zavoda, iz koga su kasnijim reorganizacijama potekle svetski glasovite firme „Energoprojekt” i Institut za vodoprivredu. Radio je na projektima najvećih hidrotehničkih objekata u bivšoj Jugoslaviji: HE Mavrovo, Vlasinski sistem, HE Jablanica, HE Jajce II, HE Rama,... Uradio je prvu baznu studiju „Vodne snage Jugoslavije”, koja je dugo bila polazište za sva strateška planiranja u oblasti voda. U toj kapitalnoj studiji, objavljenoj na srpskom i en-

gleskom jeziku, dao je metodologiju za određivanje vodnih potencijala, koja je kasnije postala široko prihvaćena u svetu. U toj studiji je dao okvirne strateške koncepcije za iskorišćenje vodnih potencijala pojedinih slivova Jugoslavije.

Godine 1955. odbranio je doktorsku disertaciju pred posebnom komisijom SANU i postao prvi doktor tehničkih nauka u oblasti hidrotehnike. Kao profesor Građevinskog fakulteta u Beogradu predavao je Hidrologiju i Korišćenje vodnih snaga, obavivši pionirsku ulogu formiranja tih struka kao egzaktnih naučnih disciplina. Objavio je (1956.) prvi udžbenik iz Hidrologije, koji je bio prva takva knjiga u svetu, kojom je napušten do tada uobičajeni deskriptivni pristup, već je definisana egzaktna naučna disciplina, zasnovana na savremenim matematičkim načelima Teorije verovatnoće i Matematičke statistike. Bio je veoma omiljen među studentima, te se i sada među njegovim tadašnjim studentima pripoveda o veoma zanimljivoj nastavi, koja je iskakala iz uobičajene stereotipije, kao i o stručnim ekskurzijama koje je lično organizovao, držeći na objektima hidroelektrana u gradnji, pa i u fabrici „Litostroj” - ispred turbina na montažnom platou - izvanredna predavanja. Bio je stalni savetnik Elektroprivrede Jugoslavije, i kao takav, ključni ekspert koji je odlučujuće uticao na usvajanje strateških koncepcija i planiranje hidroenergetskih objekata i sistema.

Godine 1958. prelazi u SAD, na poznati Univerzitet države Kolorada (CSU) u Fort Kolinsu. Njegovim dolaskom na mesto rukovodioca istraživačkog i postdiplomskog programa, Departman za hidrotehničko inženjerstvo tog univerziteta postao je, zahvaljujući prof. Jevđeviću, najpoznatija svetska visoka škola hidrotehnike. Tu su sa svih strana sveta dolazili najposobniji mladi inženjeri, da upravo kod njega, kao mentora uvek najaktuelnijih tema,

urade svoje teze i disertacije. Ti naučni radovi, objavljeni u posebnom serijalu pod redakcijom prof. Jevđevića (Hydrology Papers i Hydraulic Papers), bili su poznati kao rasadnik novih ideja u oblasti hidrotehnike.

Od 1979. do 1987. radi kao profesor-istraživač i direktor vodoprivrednog instituta na Univerzitetu „Džordž Vašington“ (Washington D.C.), i dalje tesno saradujući sa CSU. Krajem 1987. odlazi u penziju (sa 74 godine, i 49 godina neprekidnog rada!) i vraća se u Kolorado, nastavljajući veoma živu aktivnost u svim važnijim svetskim zbivanjima u oblasti nauke o vodama. Rukovodi nizom međunarodnih seminara i kurseva, a po pozivu najpoznatijih univerziteta i naučnih instituta širom sveta održava predavanja iz hidrologije i vodoprivrede. Bio je ekspert Odelenja za naučne probleme životne sredine ASI (Advanced Study Institute), učestvujući do duboke starosti u veoma značajnim naučnim projektima.



Profesor Vujica Jevđević (desno) u razgovoru sa akademikom prof. Miomirom Vukobratovićem, predsednikom Akademije inženjerskih nauka SCG, na svečanosti koja je upriličena na Građevinskom fakultetu u Beogradu, povodom proglašenja prof. Jevđevića sa počasnog doktora Beogradskog univerziteta

Mnogo je putovao po svetu i u svojstvu konsultanta je učestvovao u velikim projektima u oblasti voda u preko 60 zemalja. Zbog svega toga, po nepodeljenom mišljenju svetske javnosti, bio je vodeći svetski autoritet u oblasti voda. Smatra se utemeljivačem savremena stohastičke hidrologije, koja sada predstavlja jednu od baznih nauka o vodama. Kao vizionar je utirao nove pravce u nauci, što je posebno istaknuto u obrazloženju odluke kojom mu je Američko društvo građevinskih inženjera dodelilo - kao prvom laureatu - tek ustanovljenu najvišu nacionalnu, ali i svetsku nagradu za dostignuća u oblasti hidrotehnike. Dobio je i druge najviše svetske nagrade (Međunarodne asocijacije za vodne resurse, Međunarodnog društva za hidrološka istraživanja, prvi je dobitnik nagrade „University Award for Excellence in Reserch“, itd.). Godine 1995. održan je poseban skup Američke geofizičke unije, posvećen naučnom delu prof. Jevđevića, što je najveće priznanje koje može da dobije neki naučnik. Počasni je doktor nauka na više stranih univerziteta, i bio je počasni predsednik više međunarodnih i nacionalnih stručnih asocijacija. Pored ostalog, počasni je doktor (doctor honoris causae) i Univerziteta u Beogradu, a Jugoslovensko društvo za hidrologiju izabralo ga je za svog počasnog predsednika.

Za sobom je ostavio izvanredan bibliografski opus, u kome se nalaze i 24 knjige, i oko 220 naučnih radova najvišeg nivoa značajnosti. Jedan je od najviše citiranih naučnika u svetu u oblasti voda. No, prof. Jevđević je za sobom ostavio najveću dragocenost - najbolje obrazovane hidrotehničke kadrove na svim kontinentima, koji su iz kabineta prof. Jevđevića odnosili u svoje zemlje izvanredna stručna znanja i duh najsavremenijeg gledanja na rešavanje sve ozbiljnijih problema u oblasti voda. Sada su oni na najodgovornijim mestima (u nekim zemljama vode nacionalne vodoprivrede), ili su cenjeni univerzitetski profesori. Ti odlično obrazovani, agilni kadrovi - najtrajniji su spomenik njegovom delu. Pošto su svi ljudi u svetu znali odakle je prof. Jevđević potekao, jer je on to ponosno isticao, njegova lična afirmacija je bila i velika afirmacija naše zemlje i njene nauke. Prema informacijama kojima raspolažemo, prigodne nekrologe o životnom putu profesora Vujice Jevđevića napisali su mnogi vodeći svetski eksperti, i oni su objavljeni u nizu uglednih svetskih listova. Nama ostaje da čuvamo uspomenu na veliko životno delo profesora Jevđevića.

Branislav Đorđević

Kriterijumi za kategorizaciju radova u stručnom časopisu „Elektroprivreda”

ORIGINALNI NAUČNI RAD

U ovu kategoriju svrstavaju se radovi, koji sadrže originalne rezultate istraživanja, interesantne za širi krug stručnjaka u području koje je predmet rada. Primena dobijenih rezultata treba da bude prikazana na realnim primerima iz inženjerske prakse. Ovi radovi treba da su napisani tako, da je na osnovu izloženih sadržaja i informacija, moguće praktično primeniti saopštene rezultate i proveriti urađene primere.

PRETHODNO SAOPŠTENJE

Kao prethodno saopštenje svrstava se rad koji sadrži elemente originalnosti, ali koji nisu dovoljni da bi se rad mogao smatrati u potpunosti originalnim naučnim radom iz jednog ili više navedenih razloga:

- doprinosi su manjeg značaja*
- nisu obuhvaćeni neki od značajnih činilaca*
- nema primene na realnom primeru*
- rešenje nije realizovano (kada je reč o novom uređaju, mernoj metodi ili objektu)*

PREGLEDNI RAD

Ovi radovi sadrže celoviti prikaz stanja i tendencija razvoja pojedinih oblasti nauke i tehnologije. Radovi ove kategorije obavezno sadrže kritički osvrt i ocenu onoga što je razmatrano. Citirana literatura u radu treba da bude dovoljno obuhvatna, kako bi se na osnovu nje omogućio što širi i bolji uvid u predmetne sadržaja. Obavezno je citiranje relevantnih referenci autora, koje se odnose na razmatranu problematiku, čime se potvrđuje kompetentnost sa pisanje radova iz ove kategorije. Ukupan broj razmatranih citata ne bi trebalo da bude manji od 15 i trebalo bi pretežno da bude iz vodećih svetskih publikacija.

STRUČNI RAD

Ovi radovi mogu da sadrže prikaz rešenja nekog uređaja, sklopa ili instrumenta koje je originalno u domaćim uslovima, kao i prikaz značajnih praktičnih realizacija, projekata, studijskih analiza i sl. Radovi ove kategorije mogu da sadrže doprinose primeni poznatih metoda i naučnih rezultata i njihovom prilagođenju potrebama aktuelne prakse.

REDAKCIJA
časopisa „Elektroprivreda”

Uputstvo autorima za saradnju u stručnom glasilu „Elektroprivreda”

**U stručnom glasilu se objavljuju kategorisani članci:
originalni naučni radovi, prethodna saopštenja, pregledni radovi i stručni radovi
iz oblasti elektroprivrede, odnosno energetike.**

Pismo: ćirilica ili latinica. Na početku se navode imena autora sa zvanjima i akademskim titulama, naziv preduzeća, odnosno dela preduzeća ili ustanove sa adresom, kao i naslov rada (na srpskom i engleskom jeziku). Rezime rada (na srpskom i engleskom jeziku) sadrži kratko izloženu osnovnu strukturu i sadržaj rada, i ne treba da sadrži više od 200 reči. Ključne reči se takođe navode na srpskom i engleskom jeziku.

Treba izbegavati celovita matematička izvođenja vezana za relacije koje opterećuju proučavanje rada. Neophodna matematička izvođenja mogu se dati, po potrebi, kao celine u vidu jednog ili više priloga. Treba obavezno koristiti SI sistem jedinica i opšte prihvaćene pojmove.

Jednačine treba numerisati uz desnu marginu teksta, u malim (okruglim) zagradama. Pozivanje na jednačine u tekstu vrši se pomoću malih zagrada, a pozivanje na literaturu pomoću srednjih (uglastih) zagrada. Značenje skraćeniće objasniti pri njenom prvom korišćenju u tekstu. Strane reči se prevode na srpski, a original se piše u zagradi iza prevoda. Napomena u tekstu treba da bude što manje, a ukoliko ih ima, treba da budu kratke. Napomene se označavaju rednim arapskim brojevima i navode se na dnu stranice, kao fusnote. Napomene u tabelama označavaju se malim slovima i navode se odmah ispod tabele. Na kraju rada prilaže se spisak korišćene literature. Za članke, navode se prezimena i početna slova imena svih autora, naslov ra-

da, pun naziv časopisa, broj i godina publikovanja i prvi i poslednji broj stranice. Za knjige, navode se prezimena i početna slova imena svih autora, naslov knjige, izdavač i godina izdanja. Za referate sa konferencija, navode se prezimena i početna slova imena svih autora, naziv referata, pun naziv konferencije, broj referata, mesto i vreme održavanja konferencije.

Rad ne treba da prelazi 15 kucanih strana formata A4 sa marginama od 3 cm. Tabele, slike i fotografije treba obeležiti po redosledu i uključiti u tekst.

Autor može dati predlog kategorizacije rada u skladu sa Uputstvom za uređivanje časopisa (originalni naučni rad, prethodno saopštenje, pregledni članak i stručni članak). Autor ne može istu ili sličnu verziju rada istovremeno ponuditi drugim časopisima radi objavljivanja.

Autor dostavlja rad u elektronskom obliku na disketi i na papiru, u tri primerka. Za elektronski oblik rada, preporučuje se autoru da koristi program za pisanje teksta Word i tip slova Times New Roman (font 12, a razmak 1,5).

Rad se šalje na adresu:

**ZAJEDNICA
JUGOSLOVENSKE
ELEKTROPRIVREDE
Balkanska 13/II, 11000 Beograd**