

## UPRAVLJANJE NAPONIMA GENERATORA U REALNOM VREMENU I NAPONSKO-REAKTIVNA STANJA NA INTERKONEKTIVNIM DALEKOVODIMA

Dragan P.Popović, Miloš Lj. Stojković  
*Elektrotehnički institut Nikola Tesla, Beograd*

**Kratak sadržaj:** U radu se izlaže sagledavanje mogućih efekata primene u realnom vremenu jedne unapređene metode za brzo i dovoljno tačno definisanje napona generatora u cilju ostvarenja povoljnih naponsko-reaktivnih stanja na interkonektivnim dalekovodima. Prva praktična iskustva u sagledavanju mogućnosti primene predložene metode u realnom vremenu, stečena su na modelu postojeće elektroenergetske interkonekcije koju sačinjavaju EES Srbije, Crne Gore, Bosne i Hercegovine, Hrvatske, Mađarske, Makedonije, Rumunije, Bugarske, Grčke i Albanije.

**Ključne reči:** upravljanje, naponi generatora, realno vreme, estimator stanja, naponsko-reaktivna stanja, interkonektivni dalekovodi

### 1. UVOD

Problematika naponsko-reaktivnih prilika u savremenim elektroenergetskim interkonekcijama i dalje ima veliku aktuelnost i značaj. Ova problematika je bila i ostala veoma važna i za EES Srbije, uz konstataciju da je, u dužem vremenu u prošlosti, ona bila zapostavljena u smislu njenog konkretnog rešavanja. Poslednjih godina problematiki naponsko-reaktivnih prilika u prenosnoj mreži Srbije, u njenom širokom okruženju, posvećivana je posebna pažnja, što se i dalje čini. U kontekstu istraživačkih aktivnosti je i izrada Studije [1], koja se bavila naponsko-reaktivnom problematikom prenosne mreže Srbije, za vremenski period do 2015. godine, koja je ukazala na realne mogućnosti daljeg uspešnog rešavanja ove problematike u nas.

U pomenutoj Studiji [1] dobijen je niz korisnih rezultata i pokazatelja. Između ostalog, na jedan indikativan način istaknut je veliki praktičan značaj adekvatnog izbora naponskih referenci generatora, na uspostavljene naponsko-reaktivne prilike u prenosnoj mreži Srbije.

U radovima [2, 3] detaljno je bio izložen razvoj i praktična primena jedne metode i odgovarajućeg računarskog programa – *DEFNAPON (DEFinisanje NAPONa)* [2], odnosno *VOLTCONT (VOLTages CONTrol)*, za internacionalnu upotrebu [3], za brzo i dovoljno tačno definisanje napona angažovanih generatora u cilju ostvarenja povoljnih naponsko-reaktivnih stanja. Verifikacija predložene metode obavljena je u okviru statičkog simulacionog modela, na primerima ostvarenog i perspektivnih stanja prenosne mreže Srbije, u njenom širokom okruženju [2, 3]. Zatim, u radovima [3, 4], izvršena je verifikacija ove metode u okviru dinamičkog simulacionog modela, za identična ostvarena i perspektivna stanja prenosne mreže Srbije, koja su razmatrana u [2].

U dosadašnjoj praksi praktične primene ove metode, pre njenog unapređenja, polazilo se od ustaljenog stanja razmatrane kompletne interkonekcije. Formiranju

matrica osetljivosti prethodila je eliminacija (Gausova) svih potrošačkih čvorova u razmatranoj interkonekciji i svih generatorskih, koji se ne nalaze u EES od interesa (a to je EES Srbije) [1-4]. Da bi se sve to uspešno obavilo, bilo je neophodno da se raspolaze sa svim potrebnim podacima (topologija, injektiranja) ne samo za EES Srbije, već i za sve ostale susedne sisteme. Dakle, ova praktična primena povezana je sa poznatim teškoćama oko pribavljanja koherentnih, konzistentnih i pouzdanih podataka suseda.

Stoga se došlo na ideju da se primena ove metode obavlja u realnom vremenu, odnosno da se njena primena poveže sa rezultatima rada estimatora stanja, koji je najvažniji segment SCADA/EMS sistema, implementiranog u Nacionalnom Dispečerskom Centru Elektromreže Srbije. Sa dobrim i pouzdanim radom estimatora stanja, došlo bi do značajnih olakšanja u primeni predložene metode (značajna redukcija dimenzija modela i vremena simulacija), a da se pri tome obezbedi potrebna tačnost.

Prva iskustva u pogledu mogućnosti primene ove metode u realnom vremenu sticana su na modelu realne elektroenergetske interkonekcije, koju je sačinjavao EES Srbije, u njegovom širokom okruženju, o čemu je detaljno bilo reči u radovima [5-8].

Ovaj rad je nastao u prirodnom i logičkom kontinuitetu sa prethodno pomenutim radovima. U njemu se izlažu dalja unapređenja metode upravljanja naponima generatora, vezana za praćenje i kontrolu stanja na interkonektivnim dalekovodima.

Motivacija za ova unapređenja nađena je u činjenici da će Elektromreža Srbije (EMS), nakon povezivanja sa glavnim delom UCTE mreže, uostalom kao i ostale članice interkonekcije UCTE, biti u obavezi da striktno poštuje zahteve, kriterijume i standarde rada definisane u dokumentu [9]. Jedan od bitnih zahteva, odnosno *conditio sine qua non*, definisanog u ovom dokumentu, u delu koji se odnosi na naponsko-reaktivna stanja, doslovice glasi: "Each TSO is able to comply with its REACTIVE POWER demand of the own transmission system". U Studiji [1], za sva razmatrana maksimalna stanja (31. decembar 2005. godine, 26. januar 2006. godine i maksimalna stanja koja se očekuju 2010. i 2015. godine), utvrđene su realne mogućnosti EESa Srbije, da u izolovanom radu (fiktivnom) zadovolji svoj bilans u pogledu reaktivnih snaga.

Naravno, opšte je poznato da se, iako je taj uslov striktno ispoštovan u svakom od EESa u sinhronom paralelnom radu, javljaju tzv. slobodni (paralelni) tokovi reaktivnih snaga po interkonektivnim dalekovodima (kao i slobodni tokovi aktivnih snaga). U pomenutom dokumentu, preporučuje se da tokovi reaktivnih snaga po interkonektivnim dalekovodovima budu minimizovani, kako bi se prenosni kapaciteti "oslobodili" za prenos aktivne snage, odnosno da svaki Operator Sistema (u nas to je EMS) treba da obezbedi "pokrivanje" svoga konzuma reaktivne snage i energije. Konsekventno prethodno navedenom, ako bi tokovi reaktivnih snaga po interkonektivnim dalekovodovima u pojedinim stanjima težili da naruše vrednosti, koje su bile definisane odgovarajućim bilateralnim sporazumom između dva susedna EESa, bilo bi potrebno da se preduzmu odgovarajuće mere. Jedna od mogućih mera, a koja zahteva odgovarajuće investicije, je ugradnja odgovarajućih kompenzacionih uređaja u graničnim transformatorskim stanicama. Takođe, u takve mere može da se uvrsti i praktična primena unapređene metode upravljanja naponima generatora, koja je predmet ovoga rada. Ona ne zahteva posebne nove investicije, sem onih, koje se odnose na obezbeđenje uslova za njenu nesmetanu primenu u realnom vremenu.

## 2. UNAPREĐENA METODA UPRAVLJANJA NAPONIMA GENERATORA U REALNOM VREMENU

Kako je to već bilo rečeno, u radovima [2, 3] detaljno su bili izloženi razvoj i praktična primena metode upravljanja naponima generatora. Predmet primarne pažnje bili su procesi u tzv.  $Q-V$  konturi. S obzirom na prirodu tretiranog problema, bilo je potrebno da se, za razmatrano ustaljeno stanje, nađe neka praktična mera osetljivosti promena reaktivnih snaga angažovanih generatora pri promeni napona na krajevima pojedinih, unapred odabranih generatora. Za taj cilj, dobru indikaciju daje sledeća linearizovana matrična jednačina, reda  $N_{GI}$  [2,3]:

$$\Delta Q_G = \frac{\partial Q_G}{\partial V_G} \Delta V_G \quad (1)$$

U početnoj verziji ove metode, oznaka  $N_{GI}$  predstavljala je broj generatorskih čvorova u EES od interesa (u našem slučaju to je EES Srbije), dobijen eliminacijom (Gausovom) svih potrošačkih čvorova u razmatranoj interkonekciji i svih generatorskih, koji se ne nalaze u EES od interesa.

U unapređenoj verziji ove metode, koja je predmet ovoga rada, red matrice jednačine oblika (1), je povećan za broj interkonektivnih dalekovodova, na kojima se observiraju tokovi reaktivnih snaga ( $N_{ID}$ ), odnosno taj red sada iznosi  $N_{GI} + N_{ID}$ . Dakle, taj novi red matrice jednačine je dobijen eliminacijom (Gausovom) svih potrošačkih čvorova u razmatranoj interkonekciji, sem odabranih graničnih čvorova i eliminacijom svih generatorskih, koji se ne nalaze u EES od interesa. U takvim uslovima, posredstvom matrice jednačine (1), i dalje srazmerno niskoga reda ( $N_{GI} + N_{ID}$ ), specificirajući korekcije napona odabranih generatora u odnosu na posmatrano stanje (definisanje odgovarajućih elemenata vektora  $\Delta V_G$ ), dobijaju se i odgovarajuće korekcije odatih reaktivnih snaga posmatranih generatora i korekcije tokova reaktivnih snaga na odabranim interkonektivnim dalekovodima (izračunati elementi vektora  $\Delta Q_G$ ).

Rešavanje inverznog problema od prethodno formulisanog, u unapređenoj verziji ove metode, postiže se posredstvom sledeće matrice jednačine, reda  $N_{GI} + N_{ID}$ :

$$\Delta V_G = \left( \frac{\partial Q_G}{\partial V_G} \right)^{-1} \Delta Q_G \quad (2)$$

Dakle, u unapređenoj verziji ove metode, red matrice jednačine oblika (2), takođe je povećan za broj interkonektivnih dalekovodova, na kojima se observiraju tokovi reaktivnih snaga ( $N_{ID}$ ). U takvim uslovima, posredstvom matrice jednačine (2), i dalje srazmerno niskoga reda ( $N_{GI} + N_{ID}$ ), specificirajući željene korekcije odatih reaktivnih snaga odabranih generatora i željene korekcije tokova reaktivnih snaga na odabranim interkonektivnim dalekovodima, u odnosu na posmatrano stanje, dobijaju se potrebne korekcije napona posmatranih generatora. Međutim, u pojedinim slučajevima, moguće je uspešno da se reši problem i sa redukovanim redom ove jednačine, kada figurišu samo elementi na kojima se vrše željene korekcije.

Na bazi prethodno datog matematičkog modela, u Institutu "Nikola Tesla" razvijena je unapređena verzija računarskog programa *DEFNAPON*. Za njegov razvoj korišćeni su *Visual Fortran Professional Edition 6.0.0*. i *Microsoft Visual Basic 5.0*.

U uslovima primene u realnom vremenu, bilo bi potrebno da se raspolaže samo sa relevantnim podacima EESa od interesa (topologija, injektiranja) i sa podacima o stanju u njegovim graničnim tačkama. Te podatke bi omogućio dobar i pouzdan rad estimatora stanja. Na taj način, sa poznatim vektorom stanja EESa od interesa, utvrđenom njegovom topologijom, koju daje konfigurator i poznatim stanjem u njegovim graničnim tačkama, primena predložene metode upravljanja naponima generatora u veoma značajnoj meri se olakšava. Za formiranje matrice osetljivosti potrebna je eliminacija samo potrošačkih čvorova u EES od interesa (a to je EES Srbije). Dakle, potreban je znatno manji broj podataka, čiji je kvalitet direktno korelisan sa kvalitetom rada estimatora stanja.

Primena predložene metode mogla bi da ostvari sledeće pozitivne efekte u EES Srbije: poboljšanje ekonomije pogona u maksimalnim stanjima, odnosno smanjivanje gubitaka aktivne i reaktivne snage, prostorno relociranje rezerve u reaktivnoj snazi generatora, relaksiranje tokova reaktivnih snaga na interkonektivnim dalekovodima i harmonizacija potpobuđenih režima rada generatora, odnosno raspodela tih režima na generatore koji su najpogodniji za to.

### **3. SAGLEDAVANJE MOGUĆNOSTI I EFEKATA PRAKTIČNE PRIMENE UNAPREĐENE METODE UPRAVLJANJA NAPONIMA GENERATORA U REALNOM VREMENU**

Sagledavanje mogućnosti i efekata primene u realnom vremenu unapređene metode, u kojoj su bili obuhvaćeni interkonektivni dalekovodi, urađeno je na modelu realne elektroenergetske interkonekcije koju sačinjavaju EES Srbije, Crne Gore, Bosne i Hercegovine, Hrvatske, Makedonije, Mađarske, Rumunije, Bugarske, Grčke i Albanije. Razmatrano je očekivano maksimalno stanje prenosne mreže Srbije 2015. godine, uz pretpostavku da su angažovani generatori u TE Kolubara B (2 x 350 MW) i TE N.Tesla B 3 (750 MW).

U razmatranoj interkonekciji bilo je ukupno 1110 čvorova. U cilju primene predložene metode, u uslovima kompletne interkonekcije, morala je da se izvrši eliminacija (Gausova) 1066 čvorova (90 generatorskih i 976 "potrošačkih"), tako da bi se problem sveo na 44 (32+12) čvorova ( $N_{GI}+N_{ID}$ ), koliko je tada bilo angažovanih generatora u EES Srbije (32) i interkonektivnih dalekovoda u pogonu (12). Da bi se sve to uspešno obavilo bilo je neophodno da se raspolaže sa svim potrebnim podacima (topologija, injektiranja) ne samo za EES Srbije, već i za sve ostale susedne sisteme. Međutim, ako bi se oslonili na korišćenje rezultata rada estimatora stanja, za uspešnu primenu ove unapređene metode ukupan broj čvorova bi iznosio 443 (ukupan broj čvorova EESa Srbije, koji uključuje i granične čvorove). U tim uslovima, zahtevana bi bila eliminacija svega 399 čvorova (tzv. "potrošačkih"), čime bi se problem i tada sveo na 44 čvorova, koliko je bilo angažovanih generatora u EES Srbije i interkonektivnih dalekovoda u pogonu. Dakle, za uspešnu primenu predložene metode, za razmatrano stanje prenosne mreže Srbije 2015. godine, bilo bi potrebno poznavanje, uz vektor stanja EESa Srbije i njegove topologije, i poznavanje stanja na interkonektivnim dalekovodima 400 kV i 220 kV.

U kontekstu sagledavanja mogućnosti i tačnosti predložene unapredene metode, najpre se navodi tabela 1, u kojoj se izlažu selektivno odabrani vandijagonalni elementi matrice osetljivosti  $\partial Q_G / \partial V_G$ , reda 44. Oni odgovaraju razmatranom maksimalnom stanju prenosne mreže Srbije 2015. godine, odnosno za svako od razmatranih stanja, vrši se formiranje matrice osetljivosti. Ti elementi, dakle samo za razmatrano stanje, daju vezu između promene toka reaktivne snage na posmatranim interkonektivnim dalekovodima (Mvar), za 1 % promene napona prikazanih značajnih generatora u EES Srbije.

Tabela 1. Selektivno odabrani vandijagonalni elementi matrice osetljivosti  $\partial Q_G / \partial V_G$ ,

Elektrane	Interkonektivni dalekovodi				
	Ugljevik - S. Mitrovica	Ernestinovo - S. Mitrovica	Šandorfalva - Subotica	Sofija - Niš	Portile de Fier - Derdap
TE Kolubara B	-2.907	-2.097	-1.722	-1.705	-1.586
TE Nikola Tesla B1,2	-7.849	-5.662	-4.597	-0.761	-1.996
TE Nikola Tesla B3	-3.913	-2.821	-2.280	-0.378	-0.999
TE Nikola Tesla A5,6	-4.227	-3.049	-2.504	-0.519	-1.355
TE Drmno	-1.278	-0.922	-1.020	-0.290	-11.588
HE Derdap 1	-0.046	-0.033	-0.035	-0.433	-166.759

Potrebno je posebno da se naglasi, da ti elementi imaju identične vrednosti u slučaju modelovanja kompletne interkonekcije i eliminaciji 1066 čvorova i u slučaju korišćenja estimatora stanja, kada je izvršena eliminacija svega 399 čvorova. To je rezultat postojeće topološke strukture razmatrane interkonekcije, kada sprovedenom eliminacijom, uz zadržavanje u oba slučaja graničnih čvorova, koji odgovaraju interkonektivnim dalekovodima, vrši se svođenje na 44 čvorova (broj generatorskih čvorova internog sistema + broj graničnih čvorova). U takvim uslovima, eliminacija svih čvorova spoljnog sistema nema uticaja na dobijene konačne vrednosti elemenata matrice osetljivosti. Naravno, ta identičnost je postignuta i uz pretpostavku pouzdanog i kvalitetnog rada estimatora stanja, odnosno da je tačno preslikano stanje na graničnim čvorovima (fazori napona i injektiranja).

Ujedno, pokazatelji izneti u ovoj tabeli daju dobru indicaciju u pogledu kvantifikacije uticaja promene napona prikazanih generatora na promene tokova po pojedinim interkonektivnim dalekovodima. Tako na primer, ako bi se u razmatranom stanju napon generatora u TE N.Tesla B 1, 2 povećao za 1 %, tok reaktivne snage na dalekovodu 400 kV Ugljevik - S.Mitrovica bi se smanjio za 7.85 Mvar, takav tok na dalekovodu 400 kV Ernestinovo - S.Mitrovica, bi se smanjio za 5.66 Mvar, i.t.d.

Dalje, u pomentom kontekstu evaluacije predložene unapredene metode, navodi se primer, koji se odnosi na primenu Opcije II unapredene verzije računarskog programa *DEFNAPON*, za slučaj simultane promena napona generatora u TE Kolubara B 1 i 2, TE N.Tesla B 1 i 2 i TE N.Tesla B 3, od početnih  $1.00 U_{gn}$  do  $1.02 U_{gn}$ . Efekti ovakvog upravljanja naponima, kao i poređenje rezultata uprošćenog i strožijeg prilaza, biće interpretirani pokazateljima datim u tabeli 2. Oznaka  $Q_{GO}$  predstavlja vrednost reaktivne snage izabranih generatora u polaznom stanju, kao i tokova reaktivnih snaga na takođe izabranim interkonektivnim dalekovodima. Nove vrednosti reaktivnih snaga generatora i tokova reaktivnih snaga na interkonektivnim dalekovodima imaju oznaku  $Q_{GK}$ . One su dobijene primenom matrične jednačine (1), reda 44, kada je prethodno tretirana kompletna interkonekcija, a zatim je izvršena eliminacija 1066 čvorova. Vrednosti reaktivnih snaga, za nove vrednosti napona generatora imaju oznaku  $Q_{GR}$ .

One su dobijene primenom matrice jednačine (1), takode reda 44, ali uz korišćenje rezultata koje bi dao estimator stanja (tada bi bila izvršena eliminacija svega 399 čvorova). U pitanju su identične vrednosti ( $Q_{GK}=Q_{GR}$ ), iz razloga koji su prethodno navedeni. Oznaka  $Q_G$  predstavlja nove vrednosti reaktivnih snaga, dobijene proračunom tokova snaga i naponskih prilika u razmatranoj kompletnoj interkonekciji, za nove vrednosti napona generatora, a oznaka  $\Delta Q_G$  je greška koju čini metoda, kada bi koristila rezultate estimatora stanja ( $\Delta Q_G (\%) = (Q_{GR} - Q_G) * 100 / Q_G$ )

Tabela 2. Efekti upravljanja naponima generatora u TE Kolubara B 1, 2, TE N.Tesla B 1, 2 i TE N.Tesla B 3

R.br.	Elektrana, odnosno interkonektivni dalekovod	$Q_{GO}$ (Mvar)	$Q_{GK}=Q_{GR}$ (Mvar)	$Q_G$ (Mvar)	$\Delta Q_G$ (%)
1	TE Kolubara B 1, 2	124.3	189.5	186.4	1.663
2	TE N.Tesla B1, 2	123.5	245.2	241	1.743
3	TE N.Tesla B 3	102.1	164.4	161.2	1.985
4	TE N.Tesla A 1, 2	210.3	197.6	195.9	0.868
5	TE N.Tesla A 3, 4	269.4	253.4	251.3	0.836
6	TE N.Tesla A 5, 6	229.7	180.2	177.7	1.407
7	TE Drmno	124.5	110.1	107.8	2.134
8	S.Mitrovica-Ugljevik	-114.8	-85.5	-82.3	3.888
9	S.Mitrovica-Ernestinovo	-104.8	-83.8	-81.4	2.948
10	Subotica-Šandorfalva	-188.7	-171.4	-167.9	2.085
11	Niš-Sofija	-105.4	-99.5	-98.5	1.015

Neposredni efekti ovakvog upravljanja naponima generatora u TE Kolubara B 1, 2, TE N.Tesla B 1, 2 i TE N.Tesla B 3, su smanjenje gubitaka aktivne i reaktivne snage u modelovanoj mreži Srbije za 1.3 MW i 19.8 Mvar, a generisanje od strane dalekovoda 110, 220 i 400 kV bi se povećalo za 8.5 Mvar. Ujedno, ukupna razmena reaktivne snage sa susedima bi se smanjila za 130.1 Mvar.

Dakle, prva praktična iskustva u primeni ove metode upravljanja naponima generatora, saglasno pokazateljima iz tabela 1 i 2, govore o njenoj upotrebnoj vrednosti, u uslovima neposrednog korišćenja rezultata estimatora stanja, jer najveća vrednost greške u određivanju novih vrednosti reaktivnih snaga se kretala oko 4 %.

Inače, što se tiče razmene reaktivne snage EESa Srbije sa susednim EES, problematika koja se apostrofira u prethodno pomenutom dokumentu [9], u Studiji [1] je utvrđeno da ne bi trebalo da bude nekih posebnih problema, posebno imajući u vidu da se sa daljim razvojem prenosne mreže Srbije taj problem značajno relaksira.

Novi momenti, nastali nakon rekonekcije sa UCTE, vezuju se za EES Mađarske i Hrvatske, iz kojih, saglasno aktuelnoj pogonskoj praksi, "dolazi" izvesna reaktivna snaga. Za EES Hrvatske, to je veoma povoljno, jer u tom EES postoje problemi u pogledu održavanja povoljnih naponsko-reaktivnih prilika i u maksimalnim stanjima ("višak" reaktivne snage i pojava previsokih napona u mreži) [10]. Stoga, često su generatori u EES Hrvatske u potpobuđenim režimima rada, i pored ugrađene prigušnice od 150 Mvar na 400 kV naponskom nivou u RHE Obrovac. Što se tiče razmene reaktivne snage sa EES Mađarske, ona je prirodna posledica prisutne topologije i prisustva veoma značajnog izvora - NE Pakš (2072 MVA, 1760 MW), koji se nalazi relativno blizu granice sa Srbijom. Na tok reaktivne snage na interkonektivnom dalekovodu 400 kV Šandorfalva - Subotica bitan uticaj ima izabrana vrednost naponskih referenci generatora u NE Pakš, koja se tako bira, da bi se u EES Mađarske uspostavila povoljna naponsko-reaktivna stanja. Dosadašna pogonska praksa (a prošlo je više od četiri godine od rekonekcije sa UCTE) nije ukazivala na neke posebne probleme na tom planu, jer su se naponi u graničnim tačkama (Šandorfalva, odnosno Subotica) održavali u okviru propisanih granica.

Međutim, i pored dosadašnjih pozitivnih iskustava na ovom planu, u budućnosti ne bi trebalo u potpunosti da se isključe i pojedinačni slučajevi, kada će biti potrebno da se redukuju tokovi reaktivnih snaga na pojedinim interkonektivnim dalekovodima. Za realizaciju takvih, kratkoročnih ciljeva, mogla bi da pomogne i primena u realnom vremenu ove unapređene metode, na način predložen u ovom radu.

#### 4. ZAKLJUČCI

U radu su sagledane mogućnosti i efekti primene u realnom vremenu jedne unapređene metode upravljanja naponima generatora u cilju ostvarenja povoljnih naponsko-reaktivnih stanja prenosnih mreža. Ova unapređenja se prvenstveno odnose na praćenje i kontrolu tokova reaktivnih snaga na interkonektivnim dalekovodima i kvantifikaciji dostignutog niza povoljnih tehničkih efekata, što je utvrđeno na praktičnim primerima prenosne mreže Srbije, u njenom širokom okruženju.

#### LITERATURA

- [1] "Planiranje izvora reaktivne snage u prenosnoj mreži EES Srbije – II faza", studija Instituta "Nikola Tesla", Beograd, 2006.
- [2] Popović D.P., "Jedna metoda upravljanja tokovima reaktivnih snaga u normalnim i havarijskim stanjima elektroenergetskih interkonekcija", časopis "Elektroprivreda", br.1, 2006., str. 7-24.
- [3] Popović D.P., Stojković M., "An Efficient Generator Voltages Control Method for Improvement of Voltage-Reactive States in Transmission Network", FACTA UNIVERSITATIS, Series: Electronics and Energetics, vol. 21, No. 2, August, 2008., pp. 221-232.
- [4] Popović D.P., Stojković M., "Dinamički aspekti upravljanje naponima generatora i naponsko-reaktivna stanja elektroenergetskih interkonekcija", časopis "Elektroprivreda", br. 3, 2007, str. 3-14.
- [5] Popović D.P., Stojković M., "Upravljanje naponima generatora u realnom vremenu i naponsko-reaktivna stanja elektroenergetskih interkonekcija", Međunarodni naučno-stručni simpozijum INFOTEH - Jahorina, 26.- 28. mart, 2008, referat D-2
- [6] Popović D.P., Stojković M., "Mogućnosti upravljanja naponima generatora u realnom vremenu u cilju unapređenja naponsko-reaktivnih stanja prenosne mreže

Srbije", 14 Simpozijum –Upravljanje i telekomunikacije u EES, Tara, 16 – 18 jun, 2008, R C2 I 01

- [7] Popović D.P., Stojković M., "Upravljanje naponima generatora u realnom vremenu u cilju unapređenja naponsko-reaktivnih stanja u prenosnim mrežama", časopis "Tehnika- Elektrotehnika", br. 2, 2008, str.1-8.
- [8] Popović D.P., Stojković M., "The Effects of Real-time Generator Voltage Control", Power Plants 2008, V.Banja, 28-31 October 2008.
- [9] UCTE Operation Handbook, Policy 3: Operational Security; B. Voltage Control and Reactive Power Management, 18 JUNE 2004.
- [10] "Analiza potreba ugradnje kompenzacijskih uređaja u prijenosnoj mreži HEP-a za planirani razvoj mreže u kratkoročnom i srednjeročnom razdoblju", Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, Srpanj 2002.

**Abstract:** In this paper the possible effects of real-time application of an advanced method for fast and sufficiently accurate determination of generator voltages are investigated. The main purpose of the proposed method is to realize the favorable voltage-reactive power states on interconnected lines. The first results of the real-time application of the proposed method, have been derived on the model of real interconnection of the electric power systems of Serbia, Montenegro, Bosnia and Herzegovina, Hungary, Croatia, Macedonia, Romania, Bulgaria, Greece and Albania.

**Key words:** *control, generator voltage, real-time, state estimator, voltage-reactive power states, interconnected lines*

#### **GENERATOR VOLTAGES CONTROL IN REAL TIME AND VOLTAGE- REACTIVE STATES ON INTERCONNECTED LINES**

Dragan P.Popović, Miloš Lj. Stojković  
*Electrical Engineering Institute "Nikola Tesla", Belgrade*