



STK D2 STK C2

14. simpozijum UPRAVLJANJE I TELEKOMUNIKACIJE U ELEKTROENERGETSKOM SISTEMU

C2 01

MOGUĆNOSTI UPRAVLJANJA NAPONIMA GENERATORA U REALNOM VREMENU U CILJU UNAPREĐENJA NAPONSKO-REAKTIVNIH STANJA PRENOSNE MREŽE SRBIJE

D. P. POPOVIĆ*, M. STOJKOVIĆ
Institut "Nikola Tesla"
Beograd

KRATAK SADRŽAJ

U radu se izlaže sagledavanje mogućnosti primene u realnom vremenu jedne metode za brzo i dovoljno tačno definisanje naponskih referenci generatora u cilju ostvarenja povoljnih naponsko-reaktivnih stanja elektroenergetskih interkonekcija. Razvoj ove metode bio je podstaknut poznatim saznanjem o veoma značajnom uticaju adekvatnog izbora vrednosti naponskih referenci angažovanih generatora na uspostavljene naponsko-reaktivne prilike. Primena u realnom vremenu omogućena je posredstvom estimatora stanja koji se nalazi u sastavu novog SCADA/EMS sistema, implementiranom u Nacionalnom Dispečerskom Centru Elektromreže Srbije. Prva praktična iskustva u sagledavanje mogućnosti primene predložene metode u realnom vremenu, stečena su na modelu realne 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, prenosna mreža Srbije

1. UVOD

Do sada rezultati sprovedenih istraživačkih aktivnosti na planu naponsko-reaktivnih stanja prenosne mreže Srbije (ugradnja prvih 200 Mvar na niskom naponu [1], sagledanih novih 200 Mvar (170 Mvar na niskom naponu i 30 Mvar na srednjem naponu) [2], reaktiviranje oko 80 Mvar kod industrijskih potrošača, kao i rezultati Studije [3], koja se bavila naponsko-reaktivnom problematikom prenosne mreže Srbije, za vremenski period do 2015. godine), ukazuju na realne mogućnosti uspešnog rešavanja ove problematike u nas. Uz prethodno navedeno, tim konstatacijama u značajnoj meri je doprinela rekonekcija sa interkonekcijom UCTE [4, 5, 6], kao i sagledani dalji razvoj prenosne mreže Srbije [7].

* Dragan P. Popović, Institut „Nikola Tesla“, Koste Glavinića 8a, Beograd

U pomenutoj Studiji [3], koja je obuhvatila prenosnu mrežu Srbije u vremenskom periodu do 2015. godine, dobijen je niz korisnih rezultata i pokazatelja. Između ostalog, u njoj je razvijena procedura za određivanje poželjnih vrednosti prenosnih odnosa transformatora 400/220, 400/110 i 220/110 kV, kao i procedura za dovoljno tačno definisanje naponskih referenci generatora u cilju ostvarenja povoljnih naponsko-reaktivnih stanja. Odnosno na jedan indikativan način istaknut je veliki praktičan značaj adekvatnog izbora naponskih referenci generatora, na uspostavljene naponsko-reaktivne prilike u prenosnoj mreži Srbije. Tu se prvenstveno misli na poboljšanje ekonomije pogona u maksimalnim stanjima, odnosno smanjivanje gubitaka aktivne i reaktivne snage. U minimalnim stanjima, to se radi u cilju minimizacije potreba za potpobuđenim režimima rada generatora, ili pak za njihovu harmonizaciju, odnosno raspodelu tih režima na generatore koji su najpogodniji za to.

U radu [8] detaljno je bio izložen razvoj i praktična primena jedne metode (i odgovarajućeg računarskog programa - *DEFNAPON*) 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 [8]. Zatim, u radu [9], izvršena je njena verifikacija u okviru dinamičkog simulacionog modela, za identična ostvarena i perspektivna stanja prenosne mreže Srbije, koja su razmatrana u [8]. To je prvenstveno urađeno, dakle, ne samo da bi se detaljnije sagledala sama "fizika" razmatranog problema upravljanja naponima generatora, već u cilju da bi se pomenuta metoda, odnosno njena primena, što bliže približila realnoj pogonskoj praksi. Utvrđena je visoka upotrebna vrednost predložene metode, jer najveća vrednost greške u određivanju novih vrednosti reaktivnih snaga generatora se kretala oko 4 % [8, 9].

Iz tih razloga, u radu [9] je konstatovano da bi predložena metoda, čiju materijalizaciju čini razvijen računarskim program *DEFNAPON*, mogla da nađe svoje odgovarajuće mesto, u okviru analiza i pripreme pogona, koje se obavljaju u odgovarajućim stručnim službama u Elektromreži Srbije. Naravno, ako potencijalni Korisnik oceni da to može da mu koristi u praksi. U međuvremenu, ova metoda je korišćena za rešavanje nekih od praktičnih problema u kontekstu-naponsko reaktivnih prilika, o čemu je bilo reči u [3, 10, 11]. Dalji istraživački korak na planu upravljanja naponima generatora sastojao se u sagledavanju praktičnih mogućnosti primene ove metode u realnom vremenu. Takvu vrstu primene bi omogućio estimator stanja, koji se nalazi u sastavu novog SCADA/EMS sistema, implementiranom u Nacionalnom Dispečerskom Centru Elektromreže Srbije [12, 13].

Predmet ovoga rada je da, uz kraći prikaz metode i estimatora stanja, izloži prva praktična iskustva u sagledavanju mogućnosti primene ove metode u realnom vremenu. Ta iskustva su stečena na modelu realne elektroenergetske interkonekcije, koju sačinjavaju EES Srbije, Crne Gore, Bosne i Hercegovine, Hrvatske, Mađarske, Makedonije, Rumunije, Bugarske, Grčke i Albanije.

2. KRAĆI PRIKAZ METODE UPRAVLJANJA NAPONIMA GENERATORA

Kako je već rečeno, u radu [8] je detaljno je bio izložen razvoj i praktična primena ove metode (i odgovarajućeg računarskog programa - *DEFNAPON*). U njenom kraćem prikazu, predmet primarne pažnje biće procesi u tzv. $Q-V$ konturi. Međutim, pri tome se ne zanemaruju procesi u tzv. $P-\delta$ konturi, koji nisu dominantni. Kako je to pokazano u [9], ti procesi postoje pri promeni napona generatora, ali u znatno manjem intezitetu. 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 odabranih generatora. Za taj cilj, dobru indikaciju daje sledeća linearizovana matrična jednačina [8]:

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

gde je:

ΔV_G - vektor korekcije prethodno zadatih modula napona izvora za koji je dobijeno polazno stanje EES, reda N_{GI} ;

ΔQ_G - vektor promene injektiranih reaktivnih snaga izvora u odnosu na vrednosti iz polaznog stanja, takođe reda N_{GI} ;

$\frac{\partial Q_G}{\partial V_G}$ - matrica osetljivosti, kvadratna matrica reda N_{GI} , čiji su elementi:

$$\frac{\partial Q_{Gi}}{\partial V_{Gj}} = 2V_{Gi}Y_{Gii} \cos \mu_{Gii} - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{N_{GI}} V_{Gj}Y_{Gij} \cos(\delta_{ij} - \mu_{Gij}) \quad i=1,2,\dots,N_{GI} \quad (2)$$

$$\frac{\partial Q_{Gi}}{\partial V_{Gj}} = -V_{Gi}Y_{Gij} \cos(\delta_{ij} - \mu_{Gij}) \quad j=1,2,\dots,N_{GI}, \quad j \neq i \quad (3)$$

gde je:

Y_{Gij}, μ_{Gij} - moduo i komplementarni ugao admitanse Y_{Gij} ;

$\delta_{ij} = \delta_i - \delta_j$ - razlika uglova modula napona čvorova i i j (V_{Gi} i V_{Gj}).

Oznaka N_{GI} 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.

Posredstvom matrice jednačine (1), srazmerno niskoga reda (N_{GI}), specificirajući korekcije napona odabranih generatora u odnosu na posmatrano stanje (definisane odgovarajućih elemenata vektora ΔV_G), dobijaju se i odgovarajuće korekcije njihovih reaktivnih snaga (na bazi dobijanih elemenata vektora ΔQ_G). Imajući u vidu da je matrica osetljivosti $\frac{\partial Q_G}{\partial V_G}$ "puna" matrica, evidentno je

da će, generalno gledano, u teoretskom smislu, promena napona samo na jednom generatoru, dovesti do promene reaktivnih snaga kod svih generatora. Naravno, u praktičnom smislu, te promene će biti značajnije, ako se vrši korekcija naponskih referenci na relevantnim generatorima.

Rešavanje inverznog problema od prethodno formulisanog, postiže se posredstvom sledećih matricnih jednačina [8]:

$$\Delta V_G = \left(\frac{\partial Q_G}{\partial V_G} \right)^{-1} \Delta Q_G \quad (4)$$

Na taj način, posredstvom matrice jednačine (4), specificirajući željene korekcije reaktivnih snaga odabranih generatora u odnosu na posmatrano stanje (definisane odgovarajućih elemenata vektora ΔQ_G), dobijaju se potrebne korekcije napona generatora (odnosno, dobijanje elemenata vektora ΔV_G).

Na bazi prethodno datog matematičkog modela, u Institutu "Nikola Tesla" razvijen je računarski program **DEFNAPON** [8]. Za njegov razvoj korišćeni su *Visual Fortran Professional Edition 6.0.0.* i *Microsoft Visual Basic 5.0.*

U dosadašnjoj praksi praktične primene razvijene metode, 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) [3, 8, 9, 11]. 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, odnosno konzistentnih i pouzdanih podataka. Te teškoće se mogu da prevazilaze, ali uz utrošak ne malog vremena.

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, prisutnih u savremenim Dispečerskim Centrima. 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. U ovim uslovima primene, bi bilo potrebno da se raspolaze samo sa relevantnim podacima u EES od interesa (topologija, injektiranja), i sa podacima o stanju u njegovim graničnim tačkama. Na taj način, sa poznatim vektorom stanja EES-a od interesa, utvrđenom njegovom topologijom, koju daje konfigurator i poznatim stanjem u njegovim graničnim tačkama, primena predložene metode upravljanja u veoma značajnoj meri se olakšava. Potreban je znatno manji broj podataka, čiji je kvalitet direktno korelisan sa kvalitetom rada estimatora. Dalje, za formiranje matrice osetljivosti potrebna je eliminacija samo potrošačkih čvorova u EES od interesa (a to je EES Srbije) i njegovih graničnih čvorova.

O prvim praktičnim iskustvima u sagledavanju mogućnosti primene ove metode u realnom vremenu, stečena na modelu realne elektroenergetske interkonekcije, biće više reči u četvrtom poglavlju ovoga rada.

3. KRAĆI PRIKAZ MESTA I ULOGE ESTIMATORA STANJA U OKVIRU SCADA/EMS SISTEMA

U Nacionalnom Dispečerskom Centru (NDC) Elektromreže Srbije instaliran je je SCADA/EMS sistem, svetskog proizvođača AREVA [12]. Fabričko testiranje ovoga sistema i svih njegovih funkcija izvršeno je krajem februara 2005. godine. Tokom 2006. godine je instalirana oprema, dovedena su merenja, podešavane su i testirane aplikacije. Takođe, u saradnji sa proizvođačem, neke od aplikacija su prilagođene uslovima rada u našem EES. Krajem 2006. godine počeo je probni rad sistema, čije trajanje je predviđeno da iznosi šest meseci.

Globalni prikaz osnovnih elemenata novog SCADA/EMS koji predstavlja osnovnu tehnološku infrastrukturu TSMO-a Srbije izložen je bio u radu [13], uz konstataciju da je moderno koncipiran sistem moguće proširivati i po vertikali i po horizontali u zavisnosti od budućeg razvoja elektroenergetskog sistema i tržišta električne energije. U narednom tekstu daje se samo veoma kratak prikaz EMS aplikacija, kao dela celovitog projekta SCADA/EMS, i to samo u delu koji se odnosi na estimator stanja. Kompletan EMS se sastoji od četiri osnovne celine:

- podsistem za analize mreže;
- podsistem za upravljanje proizvodnjom;
- podsistem za obuku dispečera;
- podsistem za planiranje rada EES.

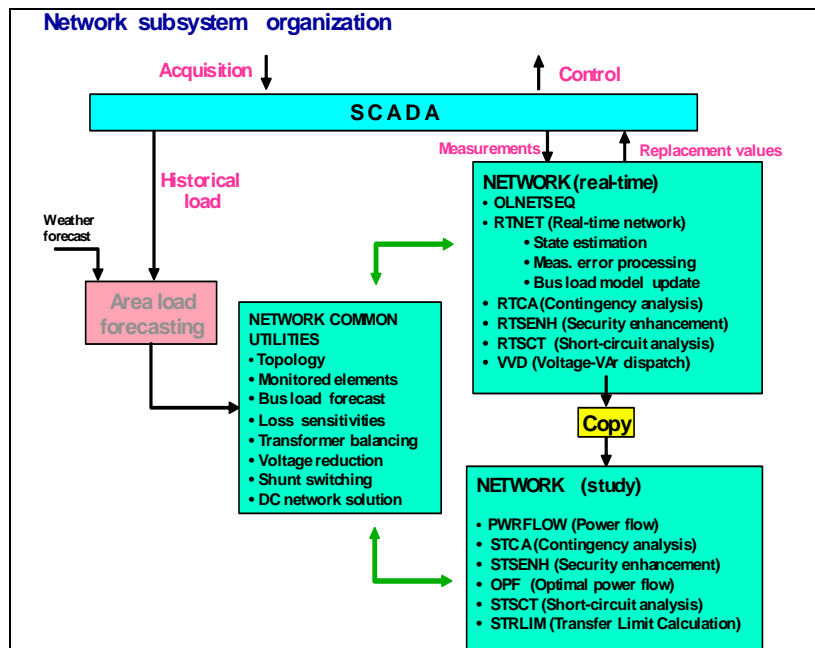
Podsistem za analize mreže, koji je od interesa za predmet ovoga rada, sastoji se od aplikacija koje mogu da se izvršavaju u modu realnog vremena i u studijskom modu. To se radi u cilju određivanja stanja EES, zatim nivoa sigurnosti EES, kao i kako da se sigurnost i ekonomičnost pogona mreže poboljša.

Aplikacije u realnom vremenu se pokreću automatski koristeći podatke dobijene od SCADA sistema. Aplikacije u studijskom modu se pokreću od strane dispečera ili inženjera za planiranje i analizu rada mreže a u cilju da bi se analizirali efekti promena u EES. Studijski podaci se mogu dobiti/inicijalizirati na osnovu podataka iz realnog vremena, arhivskih podataka ili planskih podataka. Organizacija podsistema za analize mreže je data na slici 1 [13].

Podsistem za analize mreže sačinjava ukupno 15 komponenti, od kojih je, za svrhe ovoga rada, od interesa komponenta RTNET (Real Time Network), koja izvršava sledeće funkcije: određivanje topologije mreže, statičku estimaciju stanja, prognozu opterećenja čvorova mreže kao i određivanje faktora osetljivosti gubitaka u mreži. Dakle, funkcija estimacije stanja nalazi se se u okviru RTNET aplikacija. Inače, funkcije unutar komponente RTNET se izvršavaju sekvencijalno, uz veoma važnu napomenu, da se estimacija stanja izvršava kao prva. To nije ni malo slučajno, jer ako se estimacija ne obavi na valjan način, ostale aplikacije u okviru RTNET ne bi imale praktičnog smisla, jer bi bile zasnovane na nepouzdanom vektorom stanja. Dakle, estimacija stanja je najvažnija aplikaciju u okviru EMS sistema i predstavlja filter za izvršenje ostalih aplikacija.

Estimacija stanja se vrši na osnovu strukturnih podataka o mreži, koji se dobijaju primenom posebnog računarskog programa za određivanje topologije mreže. Njegova primena je bazirana na

poznatim vrednostima parametara elemenata mreže (dalekovoda i transformatora), kao i statusa rasklopnih aparata (daljinski prikupljenih) i na analognim merenjima.

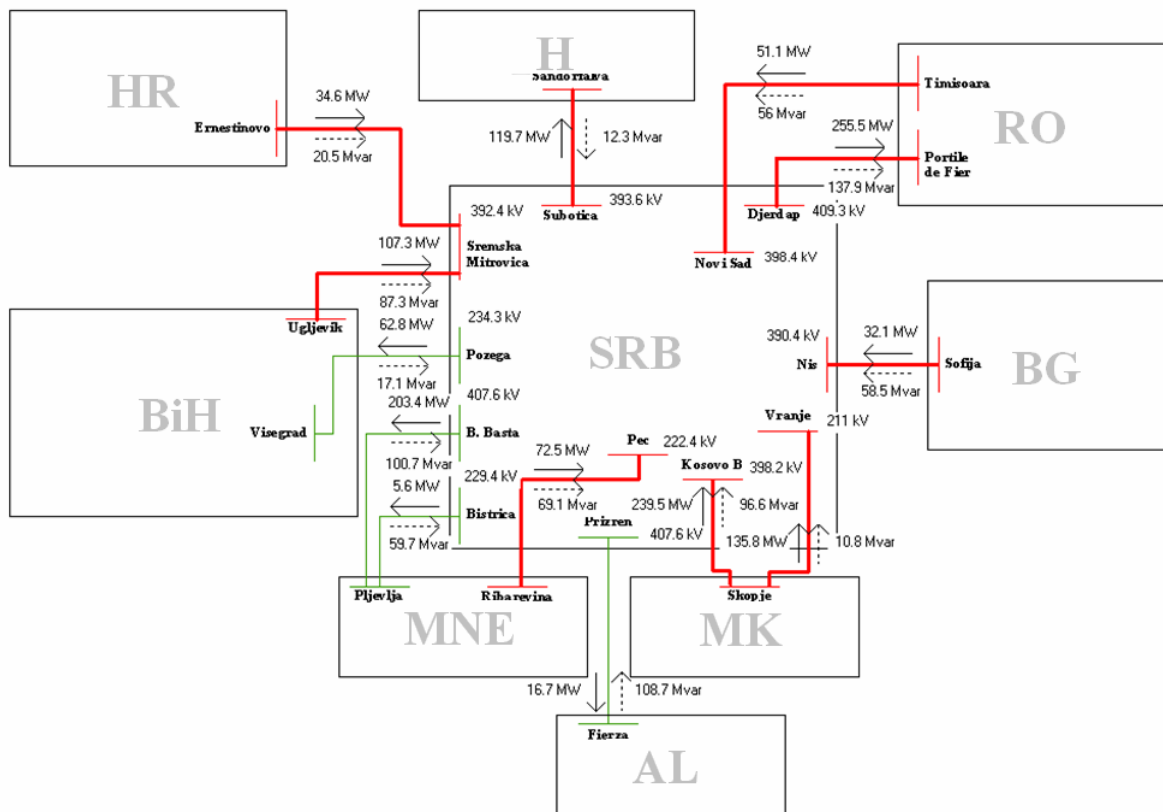


Sl. 1. Organizacija podsistema za analize mreže

U radu [12] su opisane funkcije estimatora stanja koji se nalazi u okviru novog SCADA/EMS sistema, koji je implementiran u NDC Elektromreže Srbije (primenjena metoda WLS i ortogonalne transformacije, opservabilnost, psudomerenja, analiza loših podataka i otkrivanje grešaka u topologiji). Takođe, u ovom radu bilo je reči o dosadašnjem toku implementacije estimatora, uz opis svega onoga što je do sada urađeno i opis svih problema koji su se javljali i problema koji i dalje postoje. Između ostalog, navedeno je da je u toku proces povezivanja i razmene informacija između našeg i susednih EES, tako da će u susednim sistemima biti modelovane tzv. prve, a u nekim, i tzv. druge petlje. Pri tome će se prenositi informacije o merenjima i statusima u tim postrojenjima, tako da će se raspolagati sa kompletnijim modelom. Ovo se posebno naglašava, jer je u kontekstu sagledavanja mogućnosti primene u realnom vremenu predložene metode upravljanja napona generatora.

4. SAGLEDAVANJE MOGUĆNOSTI PRAKTIČNE PRIMENE METODE UPRAVLJANJA NAPONIMA GENERATORA U REALNOM VREMENU

Prva praktična iskustva u sagledavanju mogućnosti primene ove metode u realnom vremenu, stečena su na modelu realne elektroenergetske interkonekcije, koju sačinjavaju EES Srbije, Crne Gore, Bosne i Hercegovine, Hrvatske, Makedonije, Mađarske, Rumunije, Bugarske, Grčke i Albanije. Modelovane su kompletne visokonaponske mreže 220 kV i 400 kV u pomenutim EES (u EES Grčke, i relevantni delovi mreže 150 kV), uz napomenu da je kompletno modelovana mreža 110 kV u EES Srbije i sve TS 110/x kV. Od niza dobijenih rezultata, navode se oni, koji se odnose na očekivano maksimalno stanje prenosne mreže Srbije 2015. godine [3,7]. Na slici 2, za ovo stanje, daju se tokovi aktivnih i reaktivnih snaga na interkonektivnim dalekovodima EES-a Srbije i naponi u njegovim graničnim čvorovima. U tada razmatranoj interkonekciji bilo je 1108 čvorova. U cilju primene predložene metode, u uslovima kompletne interkonekcije, izvršena je eliminacija 1077 čvorova (91 generatorskih i 986 "potrošačkih"), tako da se problem sveo na 31 čvorova (N_{GI}), koliko je tada bilo angažovanih generatora u EES Srbije. Da bi se sve to uspešno obavilo, dakle, bilo je neophodno da se raspolože sa svim potrebnim podacima (topologija, injektiranje) ne samo za EES Srbije, već i za sve ostale susedne sisteme.



Sl. 2. Tokovi aktivnih i reaktivnih snaga na interkonektivnim dalekovodima EES-a Srbije

Međutim, ako bi se oslonili na korišćenje rezultata koje bi tada dao već uveliko uhodani i pouzdani estimator stanja, implementiran u NDC Elektromreže Srbije, za uspešnu primenu ove metode ukupan broj čvorova bi iznosio 427 (ukupan broj čvorova EES-a Srbije, koji uključuje i granične čvorove). U tim uslovima, zahtevana bi bila eliminaciju svega 396 čvorova ("potrošačkih"), čime bi se problem i tada sveo na 31 čvorova, koliko je bilo angažovanih generatora u EES Srbije.

Dakle, za uspešnu primenu predložene metode za razmatrano stanje prenosne mreže Srbije 2015. godine, potrebno je poznavanje, uz vektor stanja EES-a Srbije i njegovu topologiju, i stanje na početku sledećih interkonektivnih dalekovoda 400 kV: Đerdap-Portile de Fier, Niš-Sofija, Novi Sad-Temišvar, S.Mitrovica-Ugljevik, S.Mitrovica-Ernestinovo, Subotica-Šandorfalva, Vranje-Skoplje, Kosovo-Skoplje i Peć-Ribarevina. Takođe, potrebno je poznavanje stanja na početku sledećih interkonektivnih dalekovoda 220 kV: Bistrica-Pljevlja, Požega-Višegrad, RP B.Bašta-Pljevlja i Prizren- Fierza.

Naravno, postavlja se neizbežno i sasvim opravdano pitanje, a kolika je tačnost metode, kada koristi rezultate estimatora, a ne podatke razmatrane kompletne interkonekcije? U okviru raspoloživog prostora za ovaj rad, navode se sledeći primeri, koji pokušavaju da daju odgovor na postavljeno pitanje. Prvi primer se odnosi na primenu Opcije II računarskog programa *DEFNAPON* [8], kada je izvršena simultana promena napona generatora u TE N.Tesla B 1 i 2, od početnih 1.00 Un do 1.05 Un.

Efekti pomenutog upravljanja naponima biće interpretirani pokazateljima datim u tabeli 1. U njoj se najpre daju vrednosti reaktivne snage izabranih generatora u polaznom stanju Q_{GO} (Mvar). Zatim, daju se nove vrednosti reaktivnih snaga generatora Q_{GK} (Mvar), dobijene primenom matrične jednačine (1), reda 31, za zadate korekcije napona izabranih generatora), kada je tretirana kompletna interkonekcija (izvršena je eliminacija 1077 čvorova). Dalje, daju se vrednosti reaktivne snage Q_{GR} (Mvar), za nove zadate vrednosti napona generatora, dobijene takođe primenom matrične jednačine (1), reda 31, ali uz korišćenje rezultata koje bi dao estimator stanja (tada je izvršena eliminacija svega 396 čvorova). Veličina Q_G (Mvar) predstavlja nove vrednosti reaktivnih snaga, dobijene proračunom tokova snaga i naponskih prilika u razmatranoj, kompletnoj interkonekciji, za nove zadate vrednosti

napona generatora, a veličina ΔQ_G (u %) je greška koju čini metoda, kada koristi rezultate estimatora stanja.

Neposredni efekti ovakvog upravljanja naponima generatora u TE N.Tesla B su smanjenje gubitaka aktivne i reaktivne snage u modelovanoj mreži Srbije za 1.4 MW i 14.1 Mvar, a generisanje od strane dalekovoda 110, 220 i 400 kV bi se povećalo za 21.0 Mvar.

Tabela 1: Efekti upravljanja naponima generatora u TE N.Tesla B

Redni broj	Naziv elektrane	Q_{GO} (Mvar)	Q_{GK} (Mvar)	Q_{GR} (Mvar)	Q_G (Mvar)	ΔQ_G (%)
1	HE Djerdap 1	339.4	304.4	326.1	327.1	-0.306
2	TE Drmno	156.3	128.1	126.9	129.4	-1.932
3	HE B.Bašta	137.9	130.4	131.4	133.1	-1.277
4	TE N.Tesla A 1, 2	157.1	133.4	131.1	134.4	-2.455
5	TE N.Tesla A 3, 4	200.9	171.3	168.7	172.5	-2.203
6	TE N.Tesla A 5, 6	110.7	30.1	29.7	31.1	-4.502
7	TE N.Tesla B 1, 2	183.2	546.3	543.3	572.4	-5.008

Naredni primer se odnosi na simultanu promenu napona generatora u TE N.Tesla A 1, 2, 3, 4, 5 i 6 i TE N.Tesla B 1 i 2, od početnih 1.00 U_n do 1.02 U_n , a efekti toga biće interpretirani pokazateljima datim u tabeli 2, koja je u potpunosti analogna tabeli 1.

Tabela 2: Efekti upravljanja naponima generatora u TE N.Tesla A i B

Redni broj	Naziv elektrane	Q_{GO} (Mvar)	Q_{GK} (Mvar)	Q_{GR} (Mvar)	Q_G (Mvar)	ΔQ_G (%)
1	HE Djerdap 1	339.4	310.2	327.4	328.2	-0.244
2	TE Drmno	156.3	129.7	128.8	129.4	-0.464
3	HE B.Bašta	137.9	127.8	128.3	129.5	-0.927
4	TE N.Tesla A 1, 2	157.1	191.5	189.7	190.3	-0.315
5	TE N.Tesla A 3, 4	200.9	244.1	241.8	242.1	-0.124
6	TE N.Tesla A 5, 6	110.7	164.3	159.3	168.7	-5.572
7	TE N.Tesla B 1, 2	183.2	273.1	266.3	281.4	-5.366

U stanju nakon izvršenih ovih korekcija napona, gubici aktivne i reaktivne snage bi se smanjili za 1.6 MW i 25.9 Mvar, a generisanje od strane dalekovoda 110, 220 i 400 kV bi se povećalo za 19.7 Mvar.

Saglasno pokazateljima iz tabela 1 i 2, na ovim praktičnim primerima utvrđena je upotrebna vrednost predložene metode u uslovima neposrednog korišćenja rezultate estimatora stanja, jer najveća vrednost greške u određivanju novih vrednosti reaktivnih snaga generatora se kretala oko 5 %.

5. ZAKLJUČCI

U radu su sagledane mogućnosti uspešne praktične primene u realnom vremenu, u sprezi sa rezultatima estimatora stanja, jedne metode upravljanja naponima generatora u cilju ostvarenja povoljnih naponsko-reaktivnih stanja elektroenergetskih interkonekcija.

Predložena metoda, čiju materijalizaciju čini razvijeni računarskim program *DEFNAPON*, mogla bi da nađe svoje odgovarajuće mesto, u prvoj fazi svoje praktične primene, u okviru analiza i pripreme pogona, koje se obavljaju u odgovarajućim stručnim službama u Elektromreži Srbije. Ukoliko bi se u ovoj primeni potvrdila njena upotrebna vrednost, ne bi bilo pretenciozno da se razmišlja i o njenoj primeni u realnom vremenu, čvrsto povezanoj sa korišćenjem rezultata pouzdanog i kvalitetnog estimatora, implementiranog u NDC Elektromreže Srbije.

LITERATURA

- [1] "Izbor načina smanjenja reaktivnog opterećenja u elektrodistributivnoj mreži za 200 Mvar", Institut "Nikola Tesla", Beograd, 2005.
- [2] "Izbor optimalnog načina smanjenja reaktivnog opterećenja s gledišta prenosne mreže po TS 110/X kV u mreži EMS-a, u ukupnom iznosu od dodatnih 200 Mvar (170 Mvar na niskom naponu i 30 Mvar na srednjem naponu)", Institut "Nikola Tesla", Beograd, 2006.
- [3] "Planiranje izvora reaktivne snage u prenosnoj mreži EES Srbije – II faza", Institut "Nikola Tesla", Beograd, 2006.
- [4] Tubić D., Stojković B., "Ponovno povezivanje sa glavnim delom UCTE mreže", časopis "Elektroprivreda", br. 3, str. 3-8., 2004.
- [5] Mijailović S., Vujasinović Z., Cvijetić I., Marković S., "Rekonekcija UCTE-a: novi uslovi eksploatacije", 13. simpozijum "Upravljanje i telekomunikacije u EES", Tara, 29.maj-02.jun., 2006., Referat C2 I01
- [6] Cvijetić I., "Experiences and outcomes after re-synchronization of the UCTE 2", EPS, Power System Control Department, 2005.
- [7] "Studija dugoročnog razvoja prenosne mreže 400 kV, 220 kV i 110 kV na području Republike Srbije, za period do 2025. godine", Institut "Nikola Tesla", Beograd, 2006.
- [8] Popović D.P., "Jedna metoda upravljanja tokovima reaktivnih snaga u normalnim i havarijskim stanjima elektroenergetskih interkonekcija", časopis "Elektroprivreda", br.1, str. 7-24, 2006.
- [9] Popović D.P., Stojković M., "Dinamički aspekti upravljanje naponima generatora i naponsko-reaktivna stanja elektroenergetskih interkonekcija", časopis "Elektroprivreda", br. 3, 2007., str. 3 – 14
- [10] Popović D.P., Stojković M., "Jedna metodologija i programska celina za analizu i unapređenje naponsko- reaktivnih stanja u prenosnim mrežama", časopis "Tehnika - Elektrotehnika", br. 5, 2007., str.1-8
- [11] Izbor i analiza optimalnih parametara generatora i blok-transformatora hidroelektrana priključenih na prenosnu mrežu 110 i 35 kV EES EPS-a, Institut "Nikola Tesla", Beograd, 2007.
- [12] Veselinović J., Filipović B., "Implementacija estimatora stanja u NDC Elektromreže Srbije", 28 Savetovanje JUKO-CIGRE, 30. septembar-05. oktobar 2007, Vrnjačka Banja, R C2-05
- [13] Vlaisavljević D., "Prikaz EMS aplikacija novog SCADA/EMS sistema za DC EPS-a", 27 Savetovanje JUKO-CIGRE, 29. maj-03.jun 2005, Zlatibor, R C2-09