

# PROBLEMI I MOGUĆI NAČINI RJEŠAVANJA NAPONSKIH PRILIKA U PRIJENOSNOJ MREŽI DALMACIJE

Marko Lovrić – mr. sc. Ranko Goić, Split

UDK 621.315.05:621.3.027  
STRUČNI ČLANAK

Među najbitnijim faktorima koji utječu na kvalitetu opskrbe električne energije i uredan rad elektroenergetskog sustava je održavanje napona u dozvoljenim granicama. Ključnu ulogu u prijenosnoj mreži za održavanje naponskih prilika ima 400 kV-tna i 220 kV-tna mreža. U ovom radu prikazano je trenutno stanje i mogući načini rješavanja navedenog problema u EES-u Hrvatske, s posebnim osvrtom na dio sadašnje prijenosne mreže Hrvatske elektroprivrede (tzv. "južni krak"). Također je dan i okvirni prikaz stanja koji se može očekivati u prijenosnoj mreži HEP-a s obzirom na predstojeće promjene koje će se dešavati u mreži i EES-u u cjelini.

**Ključne riječi:** regulacija napona, tokovi snaga, jalove snage, prijenosna mreža.

## UVOD

Problem regulacije tokova jalovih snaga i napona u 400 i 220 kV-tnoj mreži HEP-a neopravdano čeka na rješavanje već dugi niz godina. Problemi se uvjetno mogu razdvojiti na one koji se odnose na prijenosnu mrežu zagrebačkog područja, te probleme na tzv. "južnom kraku". U mreži zagrebačkog prijenosnog područja, uslijed vrlo skromnih mogućnosti regulacije napona transformatorima x/110 kV i elektranama, javljaju se problemi s naponskim prilikama u superponiranoj mreži za vrijeme manjih opterećenja EES-a, dok za vrijeme većih opterećenja u sustavu dolazi do preopterećenja nekih vodova u 110 kV-tnoj mreži. Također se može istaknuti i problem neželjenih i neplaniranih tranzita radne snage kroz EES Hrvatske, koji je dodatno aktualiziran izgradnjom DV Tumbri-Heviz. Problemi u južnom kraku, tj. na 400 kV-tnim vodovima Konjsko – Obrovac – Meline i 220 kV-tnim vodovima Zakućac – Konjsko – Brinje – Senj/Mraclin odnose se prvenstveno na pojavu previsokih napona uzrokovanih generiranjem kapacitivne jalove snage navedenih vodova uslijed njihova podopterećenja znatno ispod odgovarajuće prirodne snage prijenosa, za vrijeme malih opterećenja u sustavu. Pri sadašnjem stanju mreže i potrošnje, te mogućnostima regulacije, teoretski i praktički je nemoguće održavati napone u tehnički dozvoljenim granicama. Dakle, stanje je takvo da elektrane vrlo često moraju raditi u kapacitivnom području (posebno RHE Velebit), što uzrokuje ekonomske gubitke, skraćuje se životna dob elektrane, a osnovni problem još uvijek nije riješen, budući da uveliko ovisi o raspoloživosti elektrana, te o mogućnosti njihova

angažiranja s obzirom na odgovarajuće tehničke karakteristike i hidrološke okolnosti. Rješavanje problema regulacije napona nije moguće kvalitetno izvesti s trenutno raspoloživim sredstvima u mreži (elektrane, regulacijski transformatori, isključivanje slabo opterećenih vodova i sl.), već je uz kvalitetniju primjenu raspoloživih mogućnosti potrebno osigurati i dodatne načine, prvenstveno ugradnjom kompenzacijskih uređaja na 400 kV-tnom (eventualno 220 kV-tnom) naponskom nivou.

## D KOEFICIJENT KAO POKAZATELJ EFIKASNOSTI REGULACIJE NAPONA

Radna snaga (P), jalova snaga (Q), iznos napona (V) i kut napona ( $\Theta$ ) čvorišta u elektroenergetskoj mreži međusobno su zavisne veličine povezane nelinearnim jednadžbama tokova snaga

$$F(P, Q, V, \Theta) = 0 \quad (1)$$

Navedene jednadžbe mogu se iskazati na način da prikazuju funkcionalnu ovisnost promjene kuta i napona čvorišta o promjeni radne i jalove snage čvorišta:

$$\begin{bmatrix} \Delta\Theta \\ \Delta V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} \quad (2)$$

gdje se matrica

$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix}$$

računa inverzijom tzv. "Jakobijeve matrice" koja je sastavljena od podmatrica parcijalnih derivacija izraza za radnu, odnosno jalovu snagu po naponima i kutovima čvorišta:



$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P}{\partial \Theta} & \frac{\partial P}{\partial V} \\ \frac{\partial Q}{\partial \Theta} & \frac{\partial Q}{\partial V} \end{bmatrix}^{-1} \quad (3)$$

Iz matrične jednadžbe (2) slijedi da se promjena iznosa napona čvorišta može prikazati u funkciji promjene radne i jalove snage čvorišta.

$$\Delta V = C \cdot \Delta P + D \cdot \Delta Q \quad (4)$$

Radna snaga čvorišta određena je potrošnjom i ona se ne može mijenjati da bi se ostvarila određena promjena napona. Međutim, promjena napona može se postići promjenom iznosa jalove snage koja se injektira u čvor. Osim toga, može se pokazati da je podmatrica

$$\frac{\partial Q}{\partial V}$$

iz Jakobijeve matrice najutjecajnija podmatrica koja definira matricu  $D$  u jednadžbi (2) i (4), tj. u najvećoj mjeri određuje mogućnost promjene napona u mreži. Drugim riječima, na osnovi odgovarajućih iznosa dijagonalnih elemenata navedene podmatrice ( $Q_{ij}/U_{ij}$ ) za pojedino čvorište u mreži može se zaključiti o efektima regulacije napona promjenom jalove snage u promatranom čvorištu. Isto tako, odgovarajući vandijagonalni elementi daju osnovnu indiciju mogućnosti promjene napona u jednom čvoru mreže ukoliko se regulacija jalovom snagom vrši u nekom drugom čvoru.

Simulirajući promjenu jalove snage u određenim čvorištima mreže (uključenjem i isključenjem fiktivnih prigušnica) za uklopno stanje prijenosne mreže u studenom 1998. godine i određena karakteristična pogonska stanja, određeni su  $D$  koeficijenti za neka čvorišta koja su locirana na južnom kraku 400 kV-tne mreže. Proračuni su izvršeni pomoću programskog paketa TOKSwIn, a izračunate vrijednosti  $D$  koeficijenata za 400 kV-tna čvorišta južnog kraka dani su sljedećoj tablici:

Tablica 1.  $D$  koeficijenti za čvorišta južnog kraka

Ime čvorišta	Nazivni napon (kV)	$D$ (kV/MVAr)
TS Konjsko	400	1/14.7
RHE Velebit	400	1/12.5
TS Meline	400	1/22.7

Koeficijenti se mogu interpretirati na sljedeći način: Npr. promjenom jalove snage  $\pm 12.5$  MVAr u 400 kV čvorištu RHE Velebit može se na njemu promijeniti napon za  $\pm 1$  kV. Na taj način ovaj koeficijent daje mjeru korisnosti koju predstavlja regulacija napona promjenom jalove snage u čvorištu RHE Velebit. Također se može primijetiti da je ovaj dio prijenosne mreže veoma male "čvrstoće", što se reflektira sa velikim varijacijama napona.

## NAPONSKE PRILIKE I MOGUĆNOSTI REGULACIJE NA JUŽNOM KRAKU

Osnovni princip pri regulaciji napona i jalove snage sastoji se u tome da se ova regulacija u velikim elektroenergetskim sustavima vrši decentralizirano, tj. posebno po pojedinim područjima EES-a. Temeljni zadatak regulacije napona i jalovih snaga u normalnom (stacionarnom) pogonu je održavanje napona u svim čvorištima elektroenergetskog sustava kroz održavanje jednakosti između proizvodnje i potrošnje jalove snage (energije), uključujući i gubitke. Radni gubici snage (energije) ovisni su o struji, te je u tom smislu svaki prijenos jalove snage nepovoljan. Radi toga se djelatni gubici u prijenosu mogu smanjiti preraspodjelom tokova jalovih snaga, a što doprinosi ekonomičnosti i raspoloživosti rada elektroenergetskog sustava. Kod vođenja EES-a cilj je da se napon u bilo kojem čvorištu bez obzira na njegovu razinu, održava u granicama bliskim njegovoj nazivnoj vrijednosti. Dakle, regulacija napona je u biti usmjerena na proizvodnju, odnosno potrošnju i tokove jalove snage. Regulaciju napona nije nužno obaviti u svakom čvorištu, već se za grupu čvorišta može izabrati jedno kontrolno čvorište u kome se vrši regulacija. Kao kontrolna čvorišta na području Dalmacije mogu se uzeti HE Zakućac, RHE Velebit i TS Konjsko. Osnovni parametri 400 kV-tnih vodova "južnog kraka" i njima incidentnih vodova, dani su u sljedećoj tablici:

Tablica 2. Osnovni parametri 400 kV-tnih vodova na potezu Meline - Mostar

Vod	$U_n$ (kV)	$l$ (km)	$R_1$ ( $\Omega$ /km)	$X_1$ ( $\Omega$ /km)	$B_1$ ( $\mu$ S/km)
Meline-Obrovac	400	180.6	0.0316	0.3263	3.521
Meline-Tumbri		127.0			
Obrovac-Konjsko		101.0			
Konjsko-Mostar *		110.6			
Mostar-Gacko **		69.3			
Mostar-Sarajevo **		96.4			

\* trenutno pod naponom 220 kV

\*\* izvan pogona

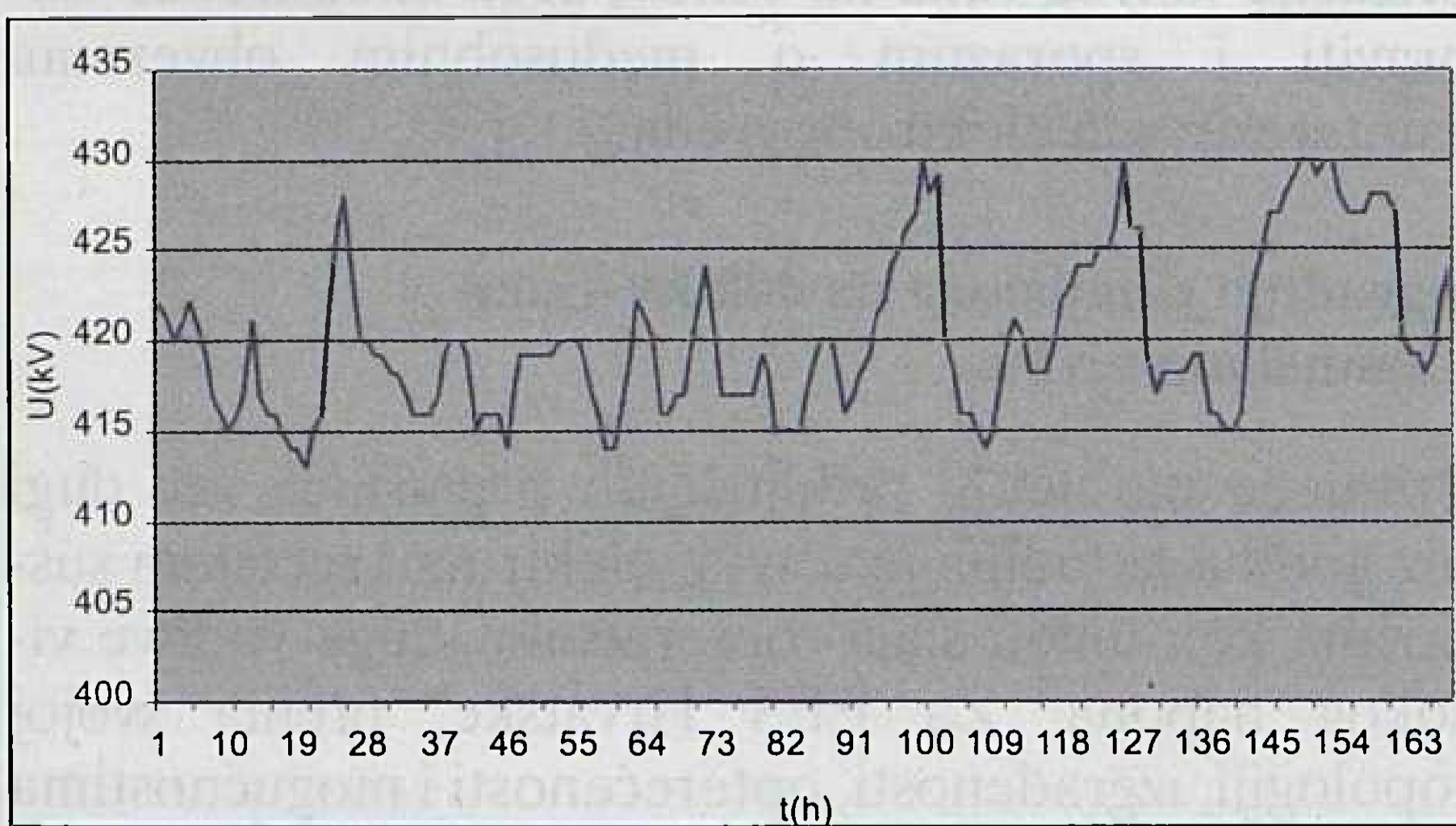
Za pogon elektroenergetskog sustava od velikog je značenja proizvodnja i potrošnja jalove snage voda. U praznom hodu 400 kV-tni proizvodi na 100 km dužine i kod nazivnog napona jalovu snagu  $Q_c = 57.6$  MVAr. Za vrijeme velikog opterećenja voda proizvodnja jalove snage kompenzira jalove gubitke u dalekovodu i u određenim slučajevima podmiruje jedan dio potreba jalove snage potrošača. Prirodna impendacija ovog voda je  $Z_p = 305 \Omega$  iz čega proizlazi prirodna snaga voda  $P_p = 524$  MW kod napona 400 kV. Vod se pri op-



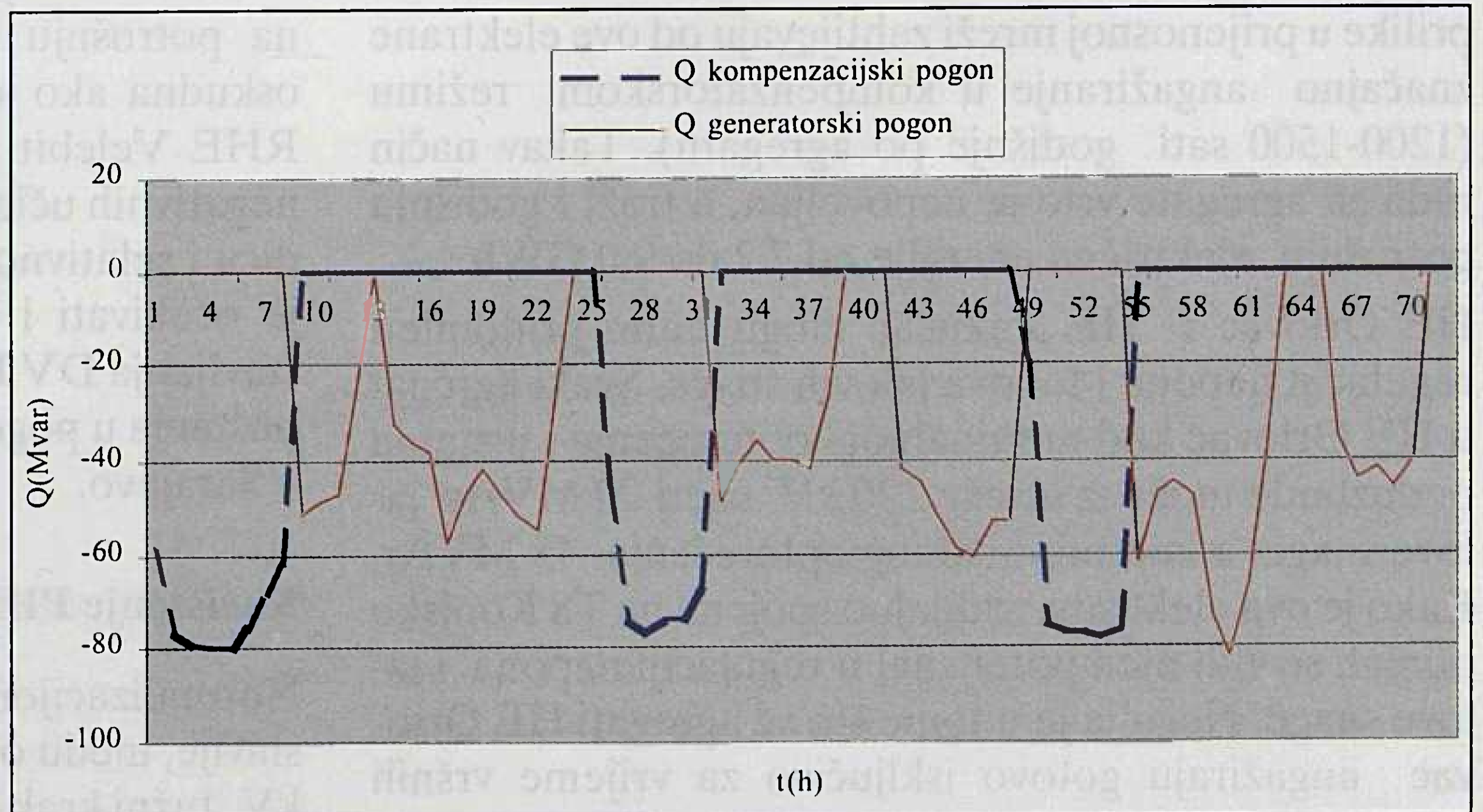
terećenju radnom snagom ispod prirodne snage ponaša kao izvor jalove snage, a iznad toga opterećenja kao potrošač jalove snage. Budući da je 400 kV-tna mreža najčešće opterećena s daleko manjom snagom od prirodne, navedeni 400 kV-tni vodovi veći dio godine generiraju značajne količine jalove snage. Također i vodovi 220 kV i 110 kV u prijenosnoj mreži su većinom opterećeni ispod prirodne snage (123 MW odnosno 32 MW), tako da i oni proizvode određenu jalovu snagu koja podiže napone u mreži.

Čvorišta RHE Velebit, Konjsko i Mostar imaju većim dijelom godine povišene napone (400-420 kV i 231-244 kV). Ponekad se u noćnim satima i za vrijeme neradnih dana (nedjelja, blagdan) javljaju ekstremno visoke vrijednosti (420-440 kV i 244-260 kV). Napon u visokonaponskoj mreži ovisi pored ostalog i o položaju regulacijske preklopke na transformatorima. Položaji regulacijske preklopke na transformatorima u TS Konjsko u razdoblju od uključenja 400 kV-tnog dalekovoda Konjsko-Velebit-Meline 21.12.1995. godine do 3.12.1998. godine bili su na poziciji br.3 (380/231 kV), te su naponi u gornjoj ekstremnoj zoni bili više izraženi u 220 kV-tnoj mreži. Vrijeme trajanja ekstremno visokih napona tijekom godine, za koje se obično kaže da su privremena, je kod 400 kV-tnog naponskog nivoa iznosilo oko 10%, a kod 220 kV-tnog oko 30%. Prebacivanjem regulacijske preklopke u drugi položaj (400/231 kV) dana 3.12.1998. godine, snizili su se naponi u 220 kV mreži, a povećali u 400 kV mreži, što je imalo za posljedicu još veću proizvodnju jalove snage u prijenosnoj mreži.

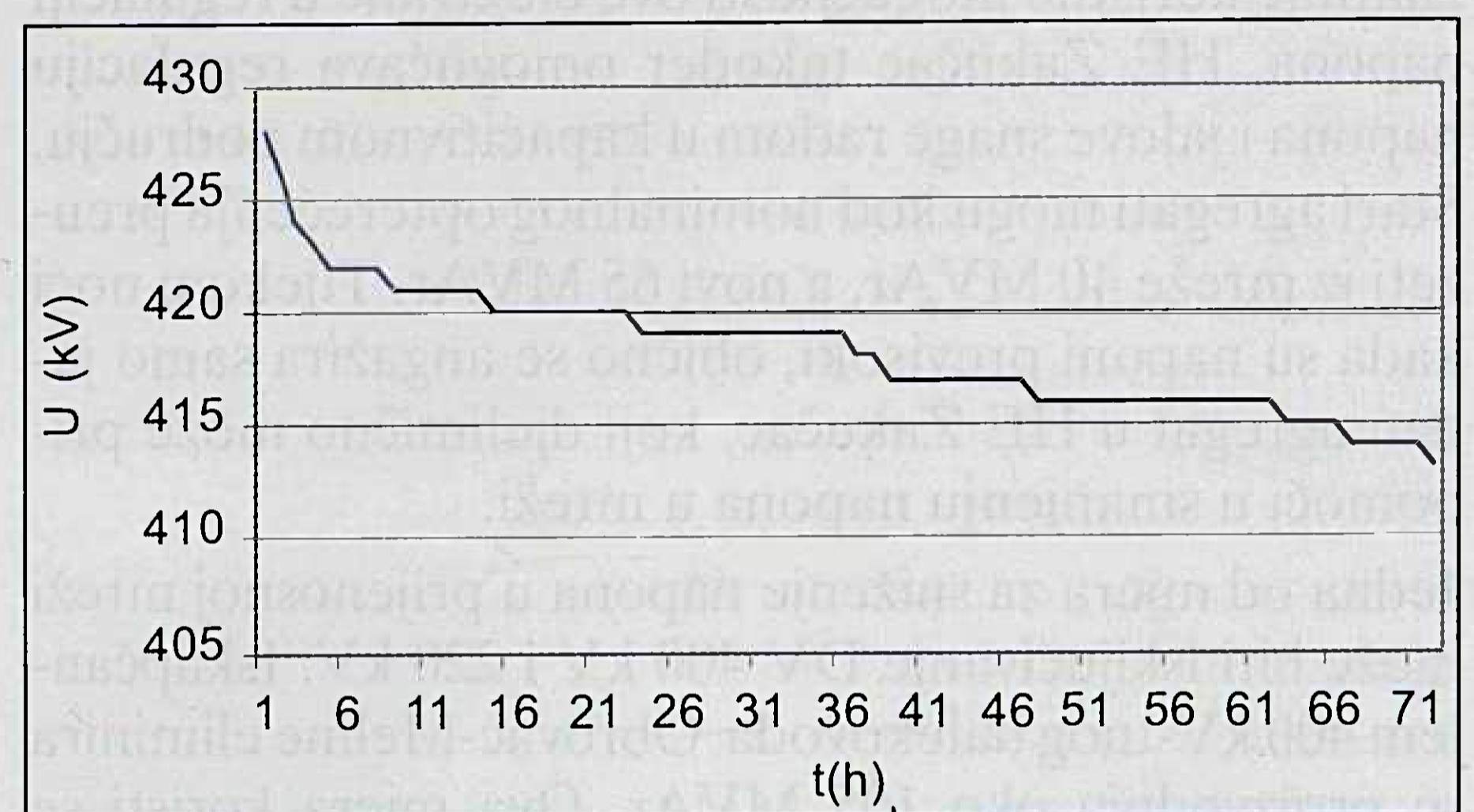
Na slici 1 prikazane su naponske prilike na 400 kV-tnim sabirnicama RHE Velebit tijekom jednog tjedna u siječnju 1999., dok je na slici 2 prikazano generiranje kapacitivne jalove snage RHE Velebit u istom periodu (za prva tri dana). Na slici 3 i 4 dane su krivulje trajanja napona i proizvodnje jalove snage za tri dana u RHE Velebit.



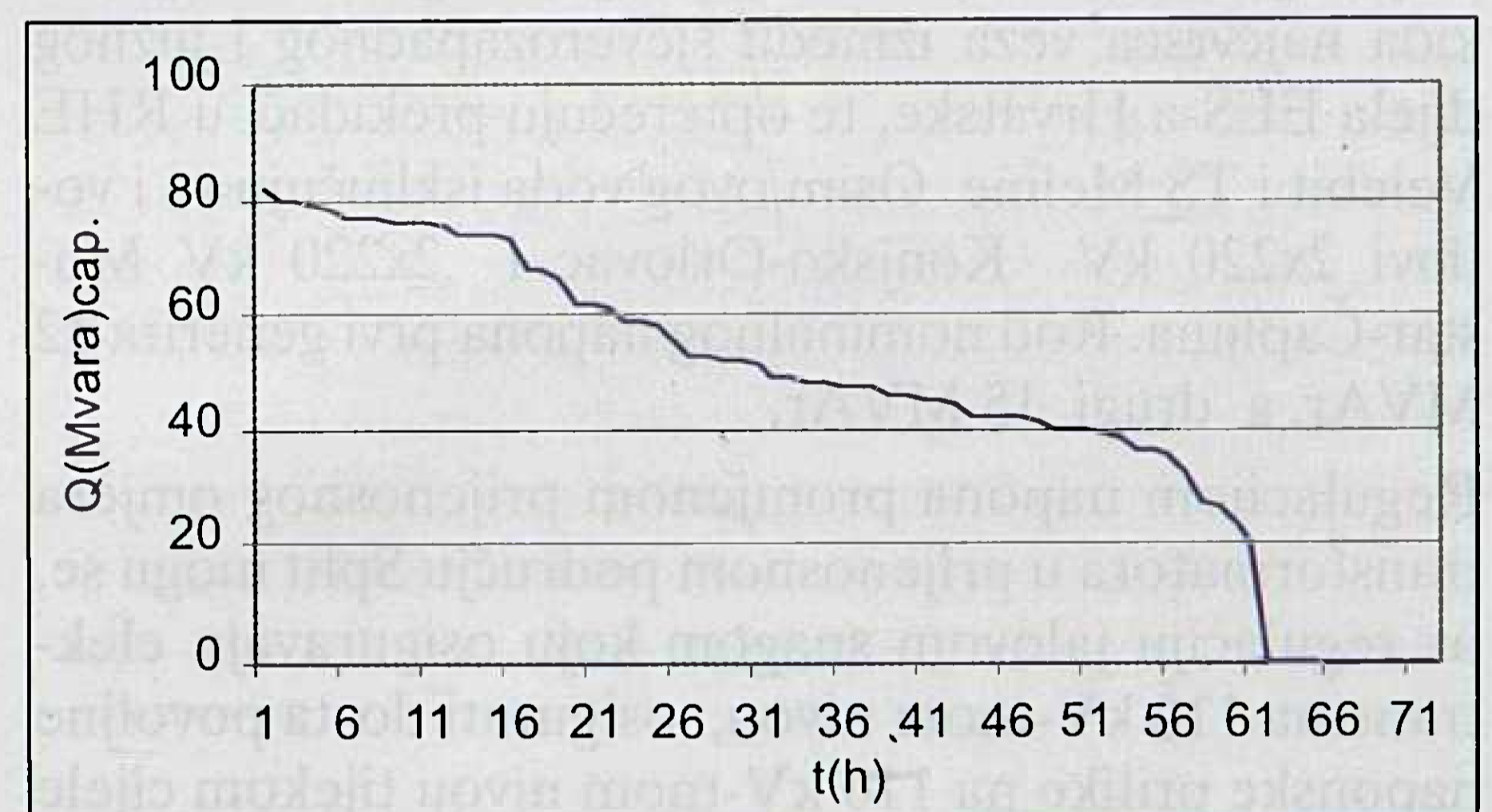
Slika 1. Naponi na 400 kV-tnim sabirnicama RHE Velebit u periodu od 18. siječnja – 24. siječnja 1999.



Slika 2. Proizvodnja jalove snage RHE Velebit 18., 19. i 20. siječnja 1999.



Slika 3. Krivulja trajanja napona na sabirnicama RHE Velebit za period 18-20 siječnja 1999.



Slika 4. Krivulja trajanja proizvodnje jalove snage RHE Velebit za period 18-20 siječnja 1999.

Posebnu ulogu u regulaciji napona na južnom kraku ima RHE Velebit sa svoja tri načina rada (turbinski, kompenzatorski i pumpni), pogotovu u kompenzatorskom režimu kad omogućava preuzimanje viškova jalove snage iz prijenosne mreže. U turbinskom režimu RHE Obrovac radi uglavnom tijekom dana, kada su naponi niži, dok se kompenzacijski režim koristi uglavnom noću kada su naponi previsoki. Tehničke karakteristike agregata omogućuju preuzimanje do 80 MVar jalove snage po agregatu, tako da se jednim agregatom u pogonu može smanjiti napon za otprilike 6.5 kV u čvorištu RHE Velebit. Sadašnje naponske



prilike u prijenosnoj mreži zahtijevaju od ove elektrane značajno angažiranje u kompenzatorskom režimu (1200-1500 sati godišnje po agregatu). Takav način rada za agregate vrlo je nepovoljan, a traži i godišnju potrošnju električne energije od 7.2 do 9.0 GWh.

HE Orlovac i HE Zakućac mogu bitno pridonijeti regulaciji napona i tokova jalovih snaga. Svaki agregat u HE Orlovac kod nominalnog opterećenja i u stanju poduzbude može iz mreže 220 kV uzeti 20 MVar jalove snage, a kod minimalnog opterećenja 45 MVar. Kako je ova elektrana radijalno spojena na TS Konjsko odmah se vidi njen potencijal u regulaciji napona i jalove snage. Nevolja je u tome što se agregati HE Orlovac angažiraju gotovo isključivo za vrijeme vršnih opterećenja u sustavu kada su naponi niži, a ne noću kada su naponi previsoki. Zbog toga se do sada nisu znatnije koristile mogućnosti ove elektrane u regulaciji napona. HE Zakućac također omogućava regulaciju napona i jalove snage radom u kapacitivnom području. Stari agregati mogu kod nominalnog opterećenja preuzeti iz mreže 40 MVar, a novi 65 MVar. Tijekom noći kada su naponi previsoki, obično se angažira samo jedan agregat u HE Zakućac, koji djelimično može pripomoći u smanjenju napona u mreži.

Jedna od mjera za sniženje napona u prijenosnoj mreži može biti isključivanje DV 400 kV i 220 kV. Iskapčanjem 400 kV-tnog dalekovoda Obrovac-Meline eliminira se proizvodnja oko 105 MVar. Ova mjera koristi se samo u slučaju kada naponi poprime ekstremno visoke vrijednosti. Negativne posljedice ovog zahvata su smanjenje sigurnosti rada elektroenergetskog sustava, jer se kida najčvršća veza između sjeverozapadnog i južnog dijela EES-a Hrvatske, te opterećuju prekidači u RHE Velebit i TS Meline. Osim ovog voda isključuju se i vodovi 2x220 kV Konjsko-Orlovac i 2x220 kV Mostar-Čapljina. Kod nominalnog napona prvi generira 12 MVar, a drugi 15 MVar.

Regulacijom napona promjenom prijenosnog omjera transformatora u prijenosnom području Split mogu se, uz regulaciju jalovom snagom koju osiguravaju elektrane na 110 kV-tnom nivou, osigurati dosta povoljne naponske prilike na 110 kV-tnom nivou tijekom cijele godine, dok se promjenom prijenosnog omjera transformatora 400/220 kV može djelomično utjecati na promjenu naponskih prilika u 220 i 400 kV-tnoj mreži, ali ne u cjelini. Naime, promjenom prijenosnih omjera dolazi do prelijevanja jalove snage iz jednog naponskog nivoa u drugi, pa se poboljšavaju naponske prilike u jednom naponskom nivou, ali pogoršavaju u drugom.

## **PREDSTOJEĆE PROMJENE U MREŽI I DODATNE MOGUĆNOSTI REGULACIJE**

Iz iznesenog u prethodnom poglavlju, jasno je vidljivo zašto je situacija s regulacijom napona u Prijenosnom području Split loša, prvenstveno u pogledu previsokih napona. Mogućnosti regulacije jalove snage, s obzirom

na potrošnju i izgrađenost mreže je trenutno vrlo oskudna ako se izuzme mogućnost regulacije radom RHE Velebit u kompenzatorskom režimu koji osim negativnih učinaka na opremu elektrane ima za posljedicu i relativno veliku potrošnju radne snage. Moguće je očekivati i lošiju situaciju, prvenstveno u slučaju stavljanja DV Konjsko – Mostar pod napon 400 kV, te puštanja u pogon DV 400 kV Mostar – Gacko i Mostar – Sarajevo.

## **Korištenje PHE Čapljina u kompenzacijskom radu**

Normalizacijom odnosa na prostorima bivše Jugoslavije, među ostalim, doći će i do uspostave mreže 400 kV. Južni krak 400 kV mreže HEP-a bit će tada dio ove mreže. To podrazumjeva povratak DV 400 kV Konjsko-Mostar pod napon 400 kV, te uključivanje 400 kV-tnih DV Mostar – Sarajevo – Tuzla – Ugljevik - Ernestinovo i Mostar – Gacko - Trebinje. Uključivanjem ovih dionica 400 kV-tne mreže problem održavanja iznosa napona u prihvatljivim granicama bit će još teži, jer one generiraju velike količine jalove snage koja se neće moći apsorbirati od strane potrošača niti od strane mreže, budući da se ne očekuje da će njima teći veliki iznosi radnih snaga. Analiza tokova snaga i napona u prijenosnoj mreži za sadašnji nivo opterećenja pokazuje da bi trenutno bilo teško provedivo uključivanje gore navedenih dionica jer bi naponi u prijenosnoj mreži bili još viši i skoro stalno u ekstremno visokim zonama. Da bi se ovaj problem djelomično ublažio, bilo bi potrebno angažiranje PHE Čapljina u kompenzacijskom radu. Iskustva u pogonu 400 kV-tne mreže na prostoru bivše Jugoslavije pokazuju da se PHE Čapljina nikada nije koristila u kompenzacijskom radu, unatoč izraženim potrebama. Njeni agregati imaju neusporedivo bolje karakteristike od agregata RHE Velebit (mogu preuzimati i do 160 MVar u kompenzacijskom radu). Razlog tome je nemogućnost postizanja dogovora oko novčane kompenzacije za takav rad na nivou elektroprivreda republika bivše Jugoslavije. Zbog toga bi prije stavljanja u pogon spomenutih dionica trebalo detaljno analizirati kako tehničke mogućnosti i potrebe rada PHE Čapljine u kompenzacijskom režimu, tako i mogućih varijanti valorizacije takvog rada na osnovi čega bi se trebao napraviti i sporazum o međusobnim obvezama zainteresiranih elektroprivreda.

## **Ugradnja prigušnice na 400 kV-tnom naponskom nivou**

Primjena paralelno priključenih prigušnica već dugi niz godina aktualna je u svim elektroenergetskim sustavima koji imaju slabo opterećene duge vodove visokog napona. Za EES Hrvatske, prema svojoj topologiji, izgrađenosti, opterećenosti i mogućnostima regulacije nužna je ugradnja odgovarajućih kompenzacijskih uređaja koji će poslužiti za kvalitetniju regulaciju tokova jalovih snaga i naponskih prilika.



Ugradnjom prigušnice direktno na 400 kV-tne sabirnice TS Konjsko ili RHE Velebit preko vlastitog polja i uključivanjem u EES u trenucima niskih opterećenja smanjio bi se iznos napona na prihvatljive vrijednosti, a regulacija iznosa napona i jalovih snaga bila bi mnogo efikasnija u odnosu na do sada korištene mjere. Time bi se eliminirale sve negativne posljedice koje proizilaze iz rada agregata RHE Velebit u kompenzacijskom pogonu, HE Zakučac u poduzbuđenom stanju, te isključivanja dalekovoda Obrovac-Meline. Problematika izbora najpovoljnije lokacije za ugradnju prigušnice, odabir snage i tipa prigušnice obrađena je prošle godine odgovarajućim studijama koje su pokazale da bi najpovoljnije tehno-ekonomsko rješenje bilo ugradnja prigušnice snage 100-150 MVar na 400 kV-tne sabirnice RHE Velebit ili TS Konjsko. Iako bi takvo rješenje dobrim dijelom (ali ne i potpuno) riješilo problem regulacije napona na južnom kraku, za kvalitetno i sustavno rješavanje problema regulacije napona u EES-u Hrvatske bile bi potrebno izvršiti sveobuhvatnije analize koje bi rezultirale odabirom lokacija, potrebnih snaga i tipa kompenzacijskih uređaja u superponiranoj mreži HEP-a, kao i dinamike izgradnje, tj. prioriteta pojedinih lokacija. Posebno je potrebno istaknuti značenje kvalitetnog rješenja regulacije napona u 400 kV-tnoj mreži, odnosno postrojenja koje povezuju EES Hrvatske sa zapadom, tj. u TS Tumbri, TS Melina i TS Žerjavinec.

#### Uloga izgradnje nove TE na regulaciju napona

Razne varijante izgradnje proizvodnih objekata Hrvatske elektroprivrede obuhvaćaju i izgradnju jedne termoelektrane (na plin ili ugljen) u Dalmaciji koja bi se priključila na 400 kV-tnu mrežu. Mreža bi bila pojačana u najmanju ruku jednim novim dvostrukim 400 kV-tnim vodom koji bi povezivao rasklopište termoelektrane sa trafostanicama na području Zagreba. Kratka analiza naponskih prilika i tokova snaga u prijenosnoj mreži, uz pretpostavku da će nova termoelektrana biti locirana na području Obrovca, pokazuje da bi generatori trebali imati  $\cos \varphi = 0.9$  tako da kod nominalnog opterećenja mogu preuzimati iz mreže u poduzbuđenom stanju i do 150 MVar kako bi se naponi u prijenosnoj mreži mogli održavati unutar dozvoljenih granica. Budući da bi takva termoelektrana, bez obzira na lokaciju i gorivo, bila temeljna elektrana, s predviđenim brojem sati svakog agregata u trajanju preko 6000 sati godišnje, nameće se zaključak da bi se izgradnjom i pogonom te nove termoelektrane mogao dobrim dijelom riješiti problem visokih napona i regulacije jalove snage u prijenosnoj mreži, a time i omogućiti uredan rad EES-a Hrvatske. Međutim, s obzirom na trenutno nedefiniranu strategiju razvoja EES-a Hrvatske u pogledu izgradnje novih termoelektrana, vrlo je upitna vjerojatnost izgradnje termoelektrane na području Dalmacije u slijedećih 10 godina, tako da oslanjanje na regulaciju naponskih prilika novom termoelektranom u ovom momentu ipak nije

realno. Osim toga, sustavno rješavanje problema regulacije napona i tokova jalovih snaga u mreži EES-a Hrvatske trebalo bi se temeljiti na svjetskim iskustvima i praksi, na način da se primarna regulacija vrši kompenzacijskim uređajima u mreži, a ne elektranama. Vođenje postojećih elektrana, te planiranje rada i karakteristika budućih elektrana bi trebalo biti takvo da se forsira njihov rad sa što većim faktorom snage, odnosno da sudjeluju u regulaciji napona samo u najnužnijem opsegu, kao fina potpora mrežnim kompenzacijskim uređajima.

#### ZAKLJUČAK

U ovom radu dan je kratki pregled problema s visokim naponima u dijelu sadašnje prijenosne mreže Hrvatske elektroprivrede (južni krak), kao i mogućnosti i varijante rješavanja istog. Ovaj problem povezan je i s drugim problemima vezanim za eksploataciju EES-a (gubici električne energije, sigurnost rada sustava, vrednovanje proizvodnje jalove energije, utjecaj naponskih prilika na visokonaponsku opremu itd.). Također, pri vođenju elektroenergetskog sustava, održavanje napona u dozvoljenim granicama predstavlja sve veći problem u dispečerskoj službi, koji dispečeri s trenutnim regulacijskim mogućnostima u mreži nisu u mogućnosti rješavati. Zbog toga treba pokrenuti proces sustavnog rješavanja problema regulacije naponskih prilika na osnovi iskustava i prakse u svijetu i to prvenstveno na nivou mreže, čime bi se omogućilo optimiranje naponskih prilika u mreži, smanjenje gubitaka u prijenosnoj mreži, povećanje kapaciteta postojeće prijenosne mreže, poboljšala sigurnost rada sustava, produljio životni vijek opreme, racionalnije iskoristili proizvodni kapaciteti, poboljšala dinamička stabilnost EES-a, te omogućilo efikasnije operativno vođenje EES-a. Za provedbu ovih ideja, nužno je formiranje i zajednički rad skupa stručnjaka-eksperata iz elektroprivrede, znanstvenih ustanova i instituta koji bi trebali usuglasiti potrebne mjere i dinamiku rada na iznesenoj problematici kako bi se problem regulacije napona i jalovih snaga počeo kvalitetno i sustavno rješavati.

#### LITERATURA

- [1] M. OŽEGOVIĆ, K. OŽEGOVIĆ: "Električne mreže I,II,III", skripta, FESB Split, 1988.
- [2] M. LOVRIĆ, R. GOIĆ: "Problematika previsokih napona u prijenosnoj mreži Dalmacije", IV savjetovanje HK Cigre, Cavtat, listopad 1999.
- [3] Analiza i načini rješavanja kompenzacije reaktivne snage na lokaciji RHE "Velebit", studija, EI "Hrvoje Požar", siječanj 1999.
- [4] Programski paket TOKSwIn, FRACTAL d.o.o. Split
- [5] Pogonski podaci CDU Vrboran, DC Split



## PROBLEMS AND POSSIBLE SOLUTIONS OF VOLTAGE SITUATION IN THE DALMATIAN TRANSMISSION NETWORK

Among the most relevant factors that influence the electric energy supply quality and regular electric energy system's operation is keeping the voltage within the allowed boundaries. The 400 and 220 kV networks have the key role in the transmission network when keeping the voltage within the allowed boundaries. In this work, current situation is given and possible solutions of the problem in the Croatian electricity system, with a special emphasis on the current transmission network of the Croatian electricity company (so called "south branch"). The framework of the situation that could be expected in the transmission network of the Croatian electricity company within future changes of the network and of the entire system is also given.

## FRAGEN UND MÖGLICHE LÖSUNGSARTEN DER SPANNUNGSVERHÄLTNISSE IM ÜBERTRAGUNGSNETZ DALMATIENS

Zu den wesentlichsten Einflussumständen auf die Qualität der Stromversorgung und den ordentlichen Betrieb des Verbundes zählt die Erhaltung der Spannung in zugelassenen Grenzen. In der Spannungserhaltung des Übertragungsnetzes obliegt die Schlüsselrolle den Netzen von 220 kV und 400 kV. Dargestellt in dieser Arbeit ist der augenblickliche Zustand und die Lösungsmöglichkeiten dieses

Problems im Stromversorgungssystem Kroatiens, mit besonderem Rückblick auf einen seiner Teile (den sogenannten "südlichen Schenkel"). Ebenso gegeben ist eine Rahmendarstellung des zu erwartenden Zustandes im Übertragungsnetz des kroatischen Stromversorgungssystems im Bezug auf bevorstehende Änderungen welche im Netz und im ganzen System vorgenommen werden.

Naslov pisca:

**Marko Lovrić, dipl. ing.**  
**Hrvatska elektroprivreda d.d.,**  
**Dispečerski centar Split**  
**Gundulićeva 42**  
**21000 Split, Hrvatska**

**Mr. sc. Ranko Goić, dipl. ing.**  
**Fakultet elektrotehnike, strojarstva**  
**i brodogradnje Split**  
**R. Boškovića b.b.**  
**21000 Split, Hrvatska**  
**rgoic@fesb.hr**

Uredništvo primilo rukopis:  
 2000-03-27.

- LITERATURA
- [1] M. OZBEGović, K. OZBEGović, "Elektrinske mreže", ILLIT, Zagreb, FEB Split, 1988.
  - [2] M. LOVRIĆ, R. GOIĆ, "Problematika prevodnika na putu u prijenosnoj mreži Dalmacije", IV savjetovanje HK Cijele, Cavtat, listopad 1999.
  - [3] Analiza i načini rješavanja kompenzacijske reaktivne snage na lokaciji RHE "Velebit", studija, FI "Hrvatski Posao", siječanj 1999.
  - [4] Programski paket TOKSWIN, FRACTAL d.o.o. Split.
  - [5] Pogonski podaci CDU Vihorac, DC Split.