

KOMPARATIVNA ANALIZA RAZLIČITIH METODA DISPEČINGA REAKTIVNIH SNAGA IZMEĐU GENERATORA U ELEKTRANI

Jelena Pavlović^{1), 2)*}, Bojan Radojičić³⁾, Lazar Stančić³⁾, Jasna Dragosavac²⁾, Sava Dobričić²⁾, Žarko Janda²⁾

¹⁾ Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu
BEOGRAD

²⁾ Elektrotehnički institut Nikola Tesla, Univerzitet u Beogradu
BEOGRAD

³⁾ JP EPS - Ogranak Termoelektrane Nikola Tesla
OBRENOVAC

SRBIJA

Kratak sadržaj — U radu su prikazana 2 metoda dispečinga reaktivnih snaga između generatora u jednoj elektrani. Ukupan zahtev za reaktivnom snagom se raspoređuje između generatora koji su priključeni na mrežu i koeficijenti opterećenja se održavaju jednakim. Kod prvog metoda, „prema mreži“, koeficijent opterećenja se računa kao odnos generisane reaktivne snage generatora i ukupnog stvarno raspoloživog reaktivnog opsega. Kod drugog metoda, „prema generatoru“, koeficijent opterećenja se računa prema znaku ukupnog zahteva. Ako je zahtev pozitivan (na terminalima generatora) koeficijent opterećenja se računa kao odnos generisane reaktivne snage i pozitivnog dela opsega (od nule do maksimalno raspoložive reaktivne snage), a ako je zahtev negativan koeficijent opterećenja se računa kao odnos apsorbirane reaktivne snage i negativnog dela opsega (od nule do minimalno raspoložive reaktivne snage).

Prednost prvog režima raspodele je da svi generatori istovremeno dostižu svoje minimalne i maksimalne dozvoljene vrednosti, Q_{min} i Q_{max} , što za posledicu ima istovremenu aktivaciju limitera pobude pri promeni napona mreže. Prednost drugog metoda raspodele je održavanje jednake raspodele napona na krajevima generatora, što povoljno utiče na životni vek generatora. Samo ukoliko je napon na krajevima generatora ograničavajući faktor i ovaj režim obezbeđuje istovremeno dostizanje Q_{min} i Q_{max} i istovremenu aktivaciju limitera.

Ključne reči — Naponsko-reaktivna karakteristika – Grupna regulacija – Reaktivna snaga – Pobuda – Sinhroni generator – Napon – Reaktivna rezerva

* Koste Glavinića 8a, 11000 Beograd, jelena.pavlovic@ieent.org

1 UVOD

Ukupna reaktivna rezerva elektroenergetskog sistema (EES) predstavlja zbir raspoloživih reaktivnih rezervi onih izvora koji rade u režimu automatske regulacije napona [1]. To znači da generator pruža sistemsku uslugu regulacije napona samo dok radi u režimu regulacije napona, limiteri pobude nisu aktivirani i napon na krajevima statora se nalazi u granicama $\pm 5\%$ naznačene vrednosti [2]. Rezerva reaktivne snage je prepoznata kao veličina od značaja za operativnu sigurnost EES [3]. Veličina reaktivne rezerve treba da bude dovoljna da se upravljanje naponima vrši na način da postoji dovoljna margina napona. Takođe, u slučaju visokog opterećenja u sistemu, operater sistema treba da obezbedi da, u slučaju ispada proizvodne jedinice, jedinice koje učestvuju u kontroli napona mogu da isporuče dovoljno reaktivne snage da se napon održi u propisanom opsegu. Isto se primenjuje u suprotnoj situaciji, kada je opterećenje u sistemu malo, a reaktivnu snagu je potrebno apsorbovati [3]. Održavanje dovoljne reaktivne margine ne mora biti dovoljan uslov za sprečavanje naponske nestabilnosti ako su neki od ključnih generatora dostigli svoje reaktivne limite. To znači da je dodatni uslov za sprečavanje naponske nestabilnosti u EES da su reaktivne rezerve adekvatno raspoređene na generatorima.

U okviru unapređenja grupnog regulatora reaktivne snage (GRRS) u toku 2019. i 2020 godine u Termoelektrani Nikola Tesla A (TENT A) postavljen je zahtev da se detaljno ispituju različiti režimi raspodele reaktivnih snaga između generatora koji rade priključeni na iste visokonaponske sabirnice. Izvršena je detaljna analiza kroz simulaciju u Matlab-Simulink programskom paketu koja se oslanja na ranija saznanja u ovoj oblasti [4], [5], [6]. Cilj je bio da se postigne:

1. Maksimalni doprinos generatora u regulaciji napona u sistemu, jer su reaktivne rezerve maksimalne. Upravljanjem naponom sabirnica elektrana isporučuje minimalnu sumu reaktivnih snaga, koja je potrebna za održavanje naponskih prilika.
2. Optimalna i ravnomerna eksploatacija svih generatora uz uzimanje u obzir termičkih (pogonska karta) i naponskih naprezanja (napon na krajevima statora se nalazi u granicama $\pm 5\%$ naznačene vrednosti).

U radu su prikazana 2 realizovana režima i njihovo poređenje je izvršeno kroz proračune i merenjem odziva na elektrani.

2 TEORIJSKA POZADINA PROBLEMA I PREDLOZI ZA NJEGOVO REŠENJE

2.1 Raspodela prema rezervi reaktivne snage

Raspodela reaktivnih snaga prema rezervi reaktivne snage predstavlja raspodelu prema pogonskim kartama generatora bez uzimanja u obzir uticaja napona na pogonsku kartu. Ova raspodela se vrši tako da se obezbedi da svi generatori istovremeno dodirnu tačku prelaska sabirnica iz PV u PQ čvor (tačka odrade limitera pobude), tj. da elektrana može da podnese maksimalnu promenu napona ΔV_{VN} na sabirnicama.

Raspodela reaktivnih snaga među generatorima se odnosi na raspodelu u ustaljenom stanju. Međutim, ta raspodela treba da obezbedi optimalne uslove za odziv generatora u prelaznim procesima. To podrazumeva da pri niskim naponskim prilikama svi generatori imaju takve rezerve reaktivne snage da mogu istovremeno da stignu do granice odrade ograničenja struje rotora (OSR), a pri visokim naponskim prilikama rezerve reaktivne snage je potrebno da budu takve da se jednovremeno dostiže ograničenje minimalne pobude (OMIP). Izrazima (2.1) i (2.2) data je raspodela reaktivne snage po generatorima koja obezbeđuje maksimalnu rezervu u naponu cele elektrane za brze promene u sistemu za niske i visoke naponske prilike respektivno,

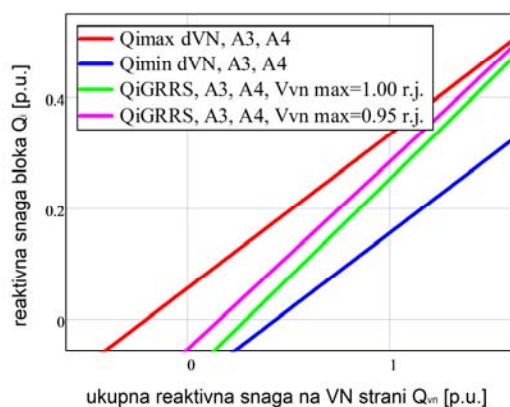
$$Q_i^{\max \Delta V_{VN}} = A_{i\max} + B_i Q_{iVN}, \quad (2.1)$$

$$Q_i^{\min \Delta V_{VN}} = A_{imin} + B_i Q_{iVN}, \quad (2.2)$$

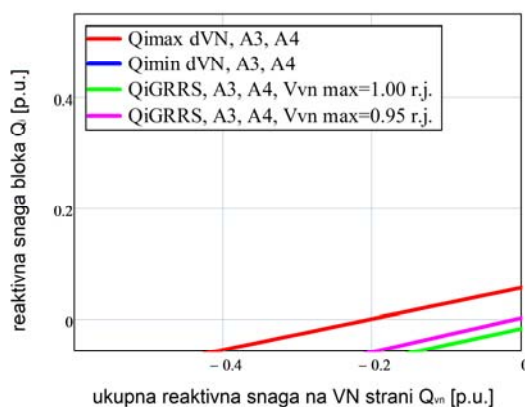
gde su $Q_i^{max\Delta V_{VN}}$ i $Q_i^{min\Delta V_{VN}}$ snage i -tog generatora pri kojoj se postiže maksimalni propad napona ΔV_{VN} za indeks max i minimalni porast napona ΔV_{VN} za indeks min , a Q_{VN} ukupna reaktivna snaga na visokonaponskoj strani blok transformatora. Koeficijenti A_{imax} , A_{imin} i B_i nose informaciju o reaktansama blok transformatora i pogonskim kartama generatora.

Grafička interpretacija ove raspodele reaktivnih snaga za generatore A3, A4 na TENT A prikazana je na slikama 2.1 i 2.3 za induktivnu i 2.2 i 2.4 za kapacitivnu radnu oblast. Grafici su nacrtani za naznačene aktivne snage. Uočava se da postoje dve karakteristike: karakteristika $Q_{imax}(Q_{VN})$ (crveni trag) je optimalna karakteristika pri očekivanom propadu napona u sistemu, a $Q_{imin}(Q_{VN})$ (plavi trag) je optimalna karakteristika pri očekivanom porastu napona u sistemu prema kriterijumu istovremenog dostizanja maksimalne odnosno minimalne granice reaktivne snage. To znači da se u zavisnosti od prilika u sistemu treba kretati po jednoj odnosno drugoj karakteristici.

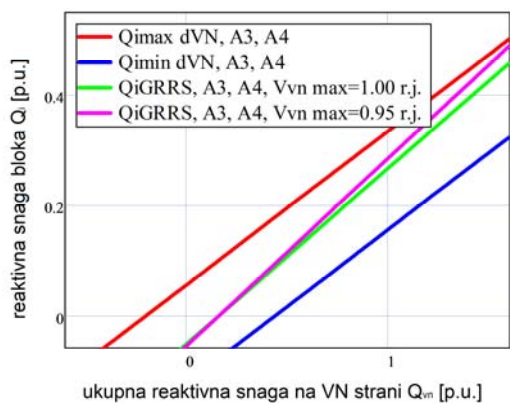
Raspodela reaktivnih snaga prema jednakim reaktivnim rezervama narušava ravnomernu raspodelu napona na statorima generatora tako da ograničenja po naponu na krajevima generatora mogu biti dostignuta pre ograničenja po reaktivnoj snazi. To znači da se primenom jednačina (2.1) i (2.2) ne obezbeđuje rezerva po reaktivnoj snazi jer se ranije dostižu ograničenja po naponu.



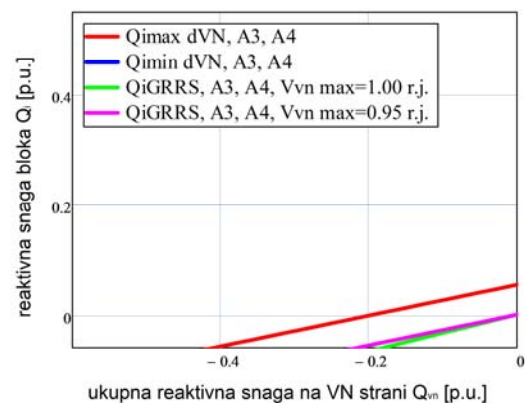
Slika 2.1 – Kombinovana raspodela „prema mreži“ u induktivnom režimu rada



Slika 2.2 – Kombinovana raspodela „prema mreži“ u kapacitivnom režimu rada



Slika 2.3 – Kombinovana raspodela „prema generatoru“ u induktivnom režimu rada



Slika 2.4 – Kombinovana raspodela „prema generatoru“ u kapacitivnom režimu rada

2.2 Raspodela prema rezervi napona

Raspodela reaktivnih snaga prema kriterijumu jednake naponske rezerve predstavlja raspodelu pri kojoj se imaju jednaki naponi na statorima generatora u relativnim jedinicama, i to u granicama od 0,95 do 1,05 r.j.:

$$Q_i^V = CQ_{VN}. \quad (2.3)$$

Činioc C koji stoji uz promenljivu Q_{VN} (ukupna reaktivna snaga na visokonaponskoj strani) je konstantan i zavisi samo od reaktanse blok transformatora. Ovaj kriterijum raspodele ne uzima u obzir nivo aktivne snage, niti ograničenja po PQ dijagramu. Stoga se korišćenjem raspodele prema rezervi napona ne može obezbediti ravnomerna raspodela reaktivne rezerve, niti istovremena odrada limitera na svim generatorima.

2.3 Kombinovana raspodela reaktivnih snaga, „prema mreži“

Da bi se prevazišli nedostaci svake od ovih raspodela realizovana je kombinovana raspodela koja uzima u obzir oba kriterijuma. Za ukupne granice dozvoljenog opsega reaktivnih snaga uzima se strože ograničenje iz prethodne dve raspodele. Time se zadovoljava zahtev za ravnomernom raspodelom kako rezerve reaktivne snage, tako i napona na statorima generatora.

Grafička interpretacija kombinovane raspodele reaktivnih snaga „prema mreži“ za generatore A3 i A4 na TENT A prikazana je na slikama 2.1 za induktivnu i 2.2 za kapacitivnu radnu oblast. Grafici su nacrtani za naznačene aktivne snage. Nacrtane su dve karakteristike za napone 1,00 r.j. (zeleni trag) i 0,95 r.j. (roze trag). Uočava se da postoji jedinstvena kontinualna karakteristika za ceo opseg reaktivnih snaga.

Međutim, u situacijama kada je minimalna dozvoljena reaktivna snaga prema pogonskoj karti veća od nule, celokupan radni opseg tog generatora se nalazi u induktivnoj oblasti. To je slučaj na generatorima A1 i A2 na TENT A pri velikim aktivnim snagama. Tada generator koji radi sa većom aktivnom snagom preuzima i veću reaktivnu snagu kako bi se obezbedilo ravnomerno učešće u kompenzaciji porasta/propada napona u tački priključenja. Pri tome se ne obezbeđuje jednaka naponska rezerva generatora. Što je reaktivna snaga manja to je grejanje generatora zbog toka reaktivne snage manje. Što je reaktivna snaga veća, to se kriterijumom jednakih temperatura postiže veliko razilaženje terminalnih napona.

2.4 Kombinovana raspodela reaktivnih snaga, „prema generatoru“

Da bi se prevazišli uočeni nedostaci kombinovane raspodele „prema mreži“ i uvažile sugestije rukovodca elektrane uvedena su mala odstupanja u raspodeli napona na krajevima generatora. Raspodela koja bi obezbedila ravnomerniju raspodelu temperatura dobila bi se kada bi se, u induktivnom režimu rada, minimalna reaktivna snaga na generatorima postavila na $Q_{min}=0$. Q_{max} je određeno granicama pogonskog dijagrama koji uzima u obzir i aktivnu snagu i ograničenje Q_{max} po V_{tmax} i u induktivnom delu predstavlja termičku sliku generatora (i rotora i statora). Raspodela se vrši po ovim parametrima sve dok generator ne postigne svoj fizički minimum (npr. kod generatora A1 i A2 na TENT A $Q_{min}>0$). Tada se reaktivna snaga tih generatora zadržava na minimalnim graničnim vrednostima, a preostale mašine preuzimaju preostalo reaktivno opterećenje. Slično, u kapacitivnom režimu, $Q_{max}=0$, dok je Q_{min} određeno kao u kombinovanoj raspodeli „prema mreži“.

Grafička interpretacija kombinovane raspodele reaktivnih snaga „prema generatoru“ za generatore A3, A4 na TENT A prikazana je na slikama 2.3 za induktivnu i 2.4 za kapacitivnu radnu oblast. Grafici su nacrtani za naznačene aktivne snage. Nacrtane su dve karakteristike za napone 1,00 r.j. (zeleni trag) i 0,95 r.j. (roze trag). Uočava se da postoji jedinstvena karakteristika za ceo opseg reaktivnih snaga koja se lomi u tački $Q=0$ Mvar. Poređenjem sa graficima 2.1 i 2.2 vidi se da se reaktivni opsezi u potpunosti koriste pri čemu se dobija ravnomernija raspodela napona na krajevima generatora.

Nedostaci kombinovane raspodele „prema generatoru“ su različita reaktivna rezerva tj. generatori ne postižu tačku prelaska iz PV u PQ čvor istovremeno u oba pravca promene napona u tački priključenja. Sa druge strane, raspodela terminalnih napona je ravnomernija. Drugi nedostatak se ispoljava baš u slučaju različitih PQ dijagrama generatora, npr. na TENT A. Ukoliko bi generatori A1-A4 radili sa naznačenim aktivnim snagama ($Q_{minA1}=Q_{minA2}=33$ Mvar) i zahtev za Q bio 66 Mvar, generatori A1 i A2 bi morali da preuzmu celokupnu reaktivnu snagu zbog pogonskog dijagrama. Generatori A1 i A2 tada rade najbliže tački u kojoj se mogu javiti problemi sa krajnjim paketima limova statora. Generatori A3 i A4 su daleko od bilo koje granice pogonskog dijagrama.

3 PRORAČUNI GENERISANIH SNAGA ZA RAZLIČITE TIPOVE RASPODELE

Ako posmatramo dva identična generatora opterećena naznačenom aktivnom snagom $P_1=P_2=0,85$ r.j. i sa po 50% od svoje naznačene reaktivne snage npr. $Q_1=Q_2=0,26$ r.j., ukupna snaga koja greje ove generatore je $S_1=S_2=0,89$ r.j.

Po zahtevu dispečera jedan generator treba da snizi svoju aktivnu snagu na tehnički minimum npr. $P_2=0,7*0,85$ r.j.=0,595 r.j. Da bi se temperature generatora ravnomerno rasporedile potrebno je da je $S_1= S_2$. Pretpostavimo da generator 2, sa minimalnom aktivnom snagom, preuzme celokupan reaktivan teret, $Q_2=0,52$ r.j., i da generator 1 radi sa $P_1=0,85$ r.j. i $Q_1=0$ r.j. Grejanje generatora posledica je njihovih snaga i to $S_2=0,79$ r.j. i $S_1= 0,85$ r.j. To znači da, i ako generator opterećen nižom aktivnom snagom preuzme celokupno reaktivno opterećenje, on ne može da postigne ukupnu snagu S kao generator koji radi pri punoj aktivnoj snazi. U ovom primeru smo pretpostavili da je napon u tački priključenja generatora na visokonaponsku mrežu $V_{HV}=1$ r.j., a reaktansa blok-transformatora $X_1=X_2=12\%$. Napon na terminalima generatara pri tome je

$$V_g = \frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{4} + X_i Q_i - \frac{X_i^2 P_i^2}{2}}, \quad (3.1)$$

$V_{g2}=1,0566$ r.j. i $V_{g1}=0,9948$ r.j. Razlika u terminalnim naponima je velika pri čemu je dozvoljen opseg promena napona $\pm 5\%$. Prema standardima [2] i [7] dozvoljeni opseg napona na krajevima turbogeneratora iznosi $\pm 5\%$ naznačene vrednosti.

Proračun prividnih snaga i napona na krajevima generatora za ovaj primer primenom različitih raspodela reaktivnih snaga prikazan je u tabeli I. U gornjem redu je dat proračun prividnih snaga i napona na krajevima generatora za početno stanje i situaciju kada generator 2 preuzima svu reaktivnu snagu. U ostalim poljima tabele I prikazan je proračun prividnih snaga i napona na krajevima generatora kada se reaktivna snaga među generatorima raspoređuje u skladu predloženim raspodelama opisanim u Poglavlju 2.

Tabela I – Proračun prividnih snaga i napona na krajevima generatora za različite raspodele reaktivne snage

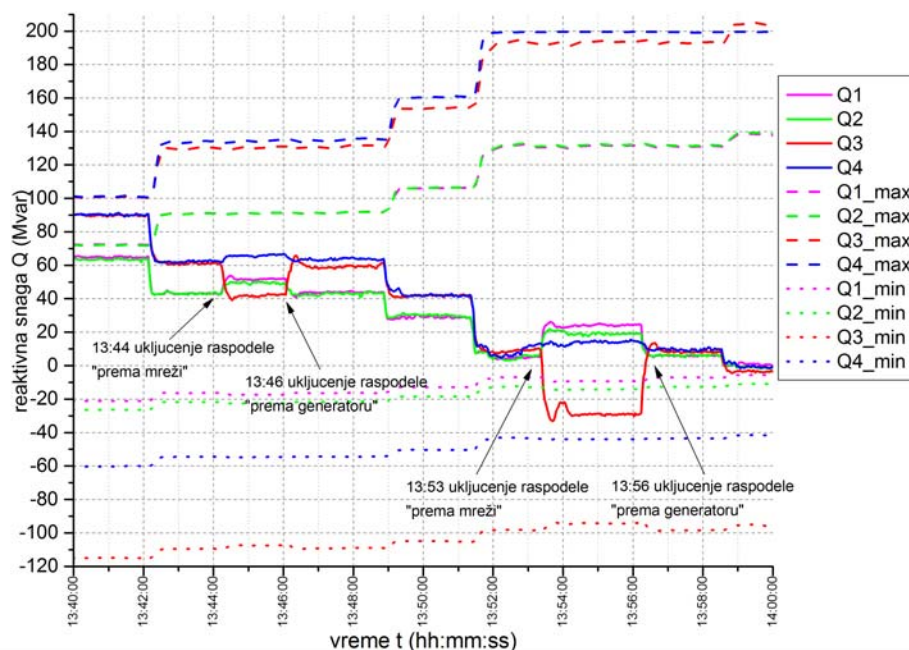
<p>Početno stanje</p> <p>$P_1=P_2=0,85$ r.j. $Q_1=Q_2=0,26$ r.j. $S_1=S_2=0,889$ r.j.</p> <p>$V_{g1}= V_{g2}=1,0253$ r.j.</p>	<p>Generator 2 preuzima svu reaktivnu snagu</p> <p>$P_1=0,85$ r.j. i $P_2=0,7*0,85$ r.j.=0,595 r.j. $Q_1=0$ r.j. i $Q_2=0,52$ r.j. $S_1=0,85$ r.j. i $S_2=0,79$ r.j.</p> <p>$V_{g1}= 0,9948$ r.j. i $V_{g2}=1,0566$ r.j.</p>
<p>Raspodela prema rezervi reaktivne snage</p> <p>$P_1=0,85$ r.j. i $P_2=0,7*0,85$ r.j.=0,595 r.j. $Q_1=0,218$ r.j. i $Q_2=0,302$ r.j. $S_1=0,877$ r.j. i $S_2=0,667$ r.j.</p> <p>$V_{g1}= 1,0205$ r.j. i $V_{g2}=1,0326$ r.j.</p>	<p>Raspodela prema rezervi napona</p> <p>$P_1=0,85$ r.j. i $P_2=0,7*0,85$ r.j.=0,595 r.j. $Q_1=0,26$ r.j. i $Q_2=0,26$ r.j. $S_1=0,889$ r.j. i $S_2=0,649$ r.j.</p> <p>$V_{g1}= 1,0254$ r.j. i $V_{g2}=1,0279$ r.j.</p>
<p>Raspodela „prema mreži“</p> <p>$P_1=0,85$ r.j. i $P_2=0,7*0,85$ r.j.=0,595 r.j. $Q_1=0,24$ r.j. i $Q_2=0,28$ r.j. $S_1=0,883$ r.j. i $S_2=0,658$ r.j.</p> <p>$V_{g1}= 1,0231$ r.j. i $V_{g2}=1,0301$ r.j.</p>	<p>Raspodela „prema generatoru“</p> <p>$P_1=0,85$ r.j. i $P_2=0,7*0,85$ r.j.=0,595 r.j. $Q_1=0,23$ r.j. i $Q_2=0,29$ r.j. $S_1=0,881$ r.j. i $S_2=0,662$ r.j.</p> <p>$V_{g1}= 1,0219$ r.j. i $V_{g2}=1,0313$ r.j.</p>

Raspodela prema reaktivnoj rezervi obezbeđuje najbolju podršku mreži ali ima za posledicu velike razlike u naponima generatora, što može dodatno ograničiti mašinu u zavisnosti od radnog režima u tački priključenja. Raspodela prema rezervi napona daje identične napone i može se, zbog napred pomenutih nedostataka, koristiti samo kao superponirana raspodela nekoj od drugih predloženih. Raspodela „prema mreži“ i raspodela „prema generatoru“ za generatore A3 i A4 daju slične rezultate uz nešto ravnomerniju raspodelu napona na krajevima generatora.

4 REZULTATI IMPLEMENTACIJE RAZLIČITIH REŽIMA RASPODELE

U okviru unapređenja uređaja grupni regulator reaktivne snage (GRRS) na TENT A implementirane su obe kombinovane raspodele reaktivnih snaga, „prema mreži“ i „prema generatoru“. Rezultati rada GRRS prikazani su na slikama 4.1-4.3. Na slikama su prikazane različite merne veličine koje se odnose na isti događaj, promenu zahtevanog napona na 220kV sabirnicama i promenu tipa raspodele reaktivne snage među generatorima. Sva četiri generatora su bila uključena u grupnu regulaciju reaktivne snage.

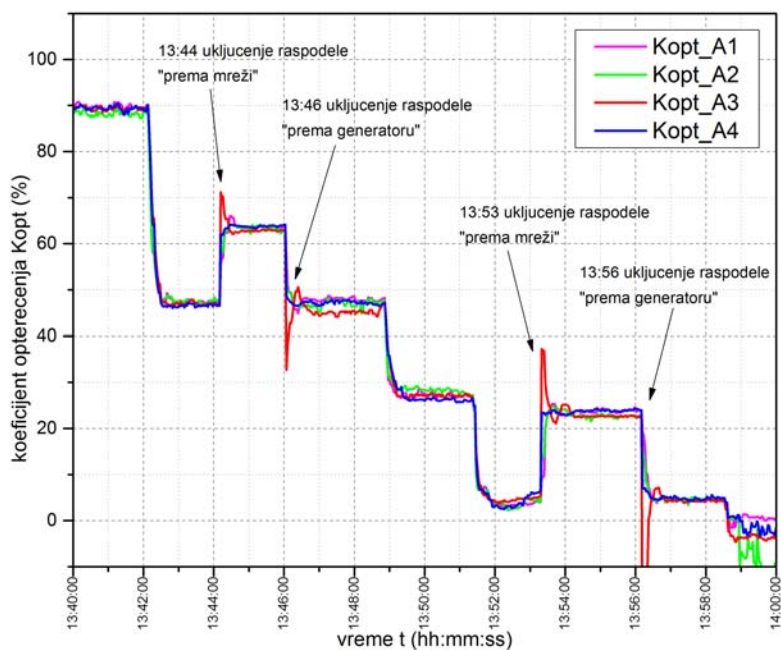
Na slici 4.1 prikazane su ostvarene reaktivne snage generatora A1-A4 u Mvar, kao i njihova dominantna ograničenja, koja uzimaju u obzir pogonske karte i ograničenja po naponu na krajevima generatora. Q_{i_min} predstavlja ograničenje sa kapacitivne, a Q_{i_max} sa induktivne strane. Posebno je interesantno posmatrati raspodelu reaktivnih snaga generatora A3 i A4. Oni imaju približno ista ograničenja sa induktivne strane, dok im se minimalna ograničenja razlikuju za oko 60 Mvar. Na početku snimka je aktivna kombinovana raspodela reaktivnih snaga „prema generatoru“. Pošto je ukupan zahtev za reaktivnom snagom pozitivan, prema ovoj raspodeli, u ovom slučaju se postavlja $Q3_min=Q4_min=0$. Kako je i $Q3_max \approx Q4_max$, to će biti $Q3 \approx Q4$ kada je aktivna raspodela „prema generatoru“. Međutim, kada je aktivna raspodela „prema mreži“, $Q3_min$ i $Q4_min$ uzimaju vrednosti kao sa grafika i reaktivna snaga se raspoređuje u skladu sa ukupnom rezervom, a ne samo sa njenim pozitivnim delom. Tada je rezerva reaktivne snage u kapacitivnom režimu značajno veća za generator A3 nego za A4, pa GRRS reaktivne snage raspoređuje u skladu sa tim. Posledično, u raspodeli „prema mreži“, Q3 će biti za oko 30 Mvar manje u odnosu na Q4. Takođe, uočava se da je reaktivna snaga generatora A1 i A2 veća kada je aktivna raspodela „prema mreži“ nego kada je aktivna raspodela „prema generatoru“.



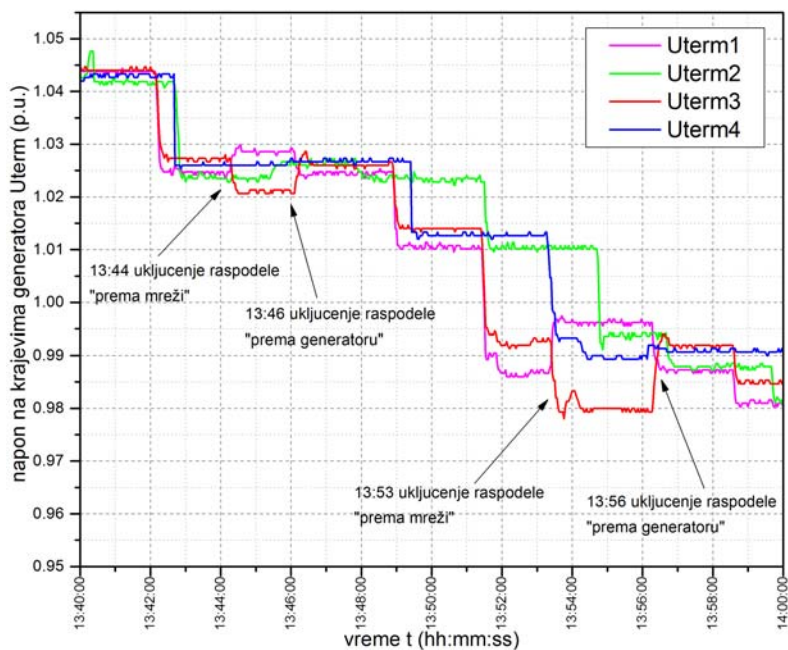
Slika 4.1 – Raspodela reaktivnih snaga na 220 kV naponskom nivou u toku rada GRRS prilikom promene tipa raspodele reaktivnih snaga

Na slici 4.2 prikazani su koeficijenti opterećenja, tj. procentualni odnos ostvarene reaktivne snage generatora i ukupne raspoložive reaktivne snage generatora prema izabranoj raspodeli. Vidi se da su koeficijenti opterećenja približno isti na svim mašinama uključenim u GRRS i da se menjaju kako sa promenom zahtevanog napona na VN sabirnicama, tako i sa promenom tipa raspodele. Prilikom promene tipa raspodele uočljivi su pikovi koji su posledica promene granica Q_{min} i Q_{max} i načina računanja samog koeficijenta.

Slika 4.3 prikazuje napone na krajevima generatora u relativnim jedinicama. Slika pokazuje da raspodela „prema generatoru“ obezbeđuje skoro identične vrednosti napona generatora u relativnim jedinicama.



Slika 4.2 – Koeficijenti opterećenja, K_{opt} , u toku rada GRRS prilikom promene tipa raspodele reaktivnih snaga



Slika 4.3 – Naponi na krajevima generatora u toku rada GRRS prilikom promene tipa raspodele reaktivnih snaga

5 ZAKLJUČAK

Rezultati primene različitih principa raspodele reaktivnih snaga među generatorima koji rade povezani na iste sabirnice mogu se sumirati u sledeće tri stavke:

1. Kada je ukupni zahtev za reaktivnom snagom između 0 i 300 Mvar raspodela „prema generatoru“ daje bolju raspodelu terminalnih napona (manja je razlika između napona statora). Raspodela prividne snage je takođe nešto bolja ali je prividna snaga dominantno određena raspodelom aktivne snage. Ukoliko su prilike takve da je za generatore ceo radni opseg u induktivnom režimu, A1 i A2 će raditi sa Q_{min} sve dok „njihovi“ zahtevi ne postanu veći od Q_{min} .
2. Kako se zahtevi približavaju graničnim režimima tako se gubi razlika između ove dve raspodele jer se generatori približavaju limitima. Kada im je ceo radni opseg u induktivnom režimu, A1 i A2 nisu na Q_{min} kada je zahtev manji od 0 kod raspodele „prema mreži“. To utiče da napon na tim generatorima bude nešto viši i u tome je takođe ogleđa prednost raspodele „prema generatoru“. U kapacitivnom režimu se uočava da generator A3 ide dublje u kapacitet, iako radi sa višom aktivnom snagom. To je posledica veće mogućnosti generatora A3 da radi u kapacitivnoj oblasti.
3. U duboko induktivnom režimu razlika između raspodela postaje sve teže uočljiva jer oba algoritma raspodele podjednako uvažavaju granice kojima se tada prilazi i na njih reaguju na isti način.

U okviru unapređenog uređaja GRRS realizovana su oba režima raspodele reaktivne snage i izbor režima se vrši iz menija operatorske stanice. Bolja raspodela terminalnih napona sa u potpunosti očuvanim širinama reaktivnih opsega daje prednosti novorazvijenoj raspodeli „prema generatoru“.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je podržalo Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja u okviru programa o realizaciji i finansiranju naučnoistraživačkog rada NIO u 2020. i 2021. godini.

LITERATURA

- [1] IEEE Power System Relaying Committee, Voltage Collapse Mitigation, Report to IEEE Power System Relaying Committee, Final version, December, 1996.
- [2] IEEE/ANSI Standard for Cylindrical-Rotor 50Hz and 60Hz Synchronous Generators Rated 10MVA and Above, IEEE Std C50.13TM'2005-ANSI C50.13-1989.
- [3] UCTE OH – Policy 3: Operational Security (final policy 1.3 E, 20.07.2004)
- [4] J. Dragosavac, Ž. Janda, J. Pavlović, Z. Ćirić, “Reactive Power Dispatching Among Generating Units Connected to Point of Common”, 13th IEEE PowerTech 2019, Milano, Italy, June 23-27, 2019.
- [5] J. Pavlović, T. Gajić, J. Dragosavac, Ž. Janda, S. Dobričić, D. Arnautović, „Modelovanje termoelektrane za potrebe upravljanja Q-V karakteristikom VN sabirnica“, Zbornik radova EI ”Nikola Tesla”, knjiga 25, str. 127-143, Beograd 2015.
- [6] J. Dragosavac, Ž. Janda, J.V. Milanović, D. Arnautović, B. Radojičić, “On-line Estimation of Available Generator Reactive Power for Network Voltage Support”, 8th Mediterranean Conference and Exhibition on Power Generation, Transmission, Distribution and Energy Conversion, MedPower 2012; Cagliari; Italy, 2–4 Oct, 2012.
- [7] IEC 60034 SER, Rotating Electrical Machines, Series of Standards

COMPARATIVE ANALYSIS OF VARIOUS DISPATCHING METHODS OF GENERATOR REACTIVE POWER IN THE POWER PLANT

Jelena Pavlović ^{1), 2)}, Bojan Radojičić ³⁾, Lazar Stančić ³⁾, Jasna Dragosavac ²⁾, Sava Dobričić ²⁾, Žarko Janda ²⁾

¹⁾ School of Electrical Engineering, University of Belgrade
BELGRADE

²⁾ Electrical Engineering Institute Nikola Tesla, University of Belgrade
BELGRADE

³⁾ Public company „Elektroprivreda Srbije”, Thermal Power Plant Nikola Tesla TENT A
OBRENOVAC

SERBIA

Abstract— Two methods of reactive power dispatching between generators in the power plant are presented in the paper. Total reactive power required is deployed between generators connected to the power grid and the load coefficients are maintained evenly. According to the first method, “per grid”, load coefficients are determined as a ratio of generated reactive power and total generator available reactive power range. According to the second method, “per generator”, load coefficients are determined depending on the sign of total reactive power required. If the total reactive power required is positive (on the terminals of the generator), load coefficient is determined as ratio of generated reactive power and positive part of total generator available reactive power range (from zero to maximal reactive power available), and if the total reactive power required is negative, load coefficient is determined as ratio of absorbed reactive power and negative part of total generator available reactive power range (from minimal reactive power available to zero).

The advantage of the first dispatching method is that all the generators simultaneously reach their lowest and highest allowed values, Q_{min} and Q_{max} , and then simultaneously activate excitation limiters when the grid voltage varies. The advantage of the second dispatching method is maintaining of the terminal voltages of the generators evenly, which has the favorable influence on the generator lifespan. Only if the terminal voltage of the generator is the limiting factor, this method also ensures reaching Q_{min} and Q_{max} at the same time and simultaneous limiter activation.

Key words — Joint Volt-Var curve – Joint control – Reactive power – Excitation – Synchronous generator – Voltage – Reactive reserve