

METODOLOŠKI I PRAKTIČNI ASPEKTI IZBORA NOMINALNOG FAKTORA SNAGE GENERATORA I KARAKTERISTIKA BLOK- TRANSFORMATORA U TE KOLUBARA B I TE NIKOLA TESLA B3

Dragan P.Popović, Miloš Stojković, Ivan Stanisavljević
Elektrotehnički institut Nikola Tesla, Beograd

Kratak sadržaj: *U radu se izlažu relevantni metodološki aspekti izbora najpovoljnijih vrednosti za nominalni faktor snage generatora i najpovoljnijih karakteristika njegovog blok-transformatora. Praktična primena ove metodologije je obavljena na primeru predviđenih novih turbogeneratora u TE Kolubara B i TE Nikola Tesla B3.*

Ključne reči: *izbor, nominalni faktor snage, generator, blok-transformator, karakteristike, TE Kolubara B, TE Nikola Tesla B3*

1. UVOD

Generalno gledano, kod izbora parametara sinhronih generatora, uz uvažavanje ekonomskih kriterijuma, neophodno je da se postigne razumni kompromis između cene njihovih konstrukcija, pogonskih troškova, kvantiteta i kvaliteta plasirane električne energije u elektroenergetski sistem (EES), odnosno neophodno je da se uvažavaju i zahtevi koje neminovno nameće EES (tzv. sistemski zahtevi). Dakle, u pitanju je jedan veoma složen tehnološko-ekonomski problem. Dobrim izborom relevantnih parametara novih generatora i njihovih blok-transformatora postiže se optimalni rad proizvodnog bloka, odnosno, u interaktivnoj sprezi sa EES na koji se priključuje, postiže se maksimalno, odnosno, racionalno iskorišćenje njegovih performansi. U kontekstu ovoga osnovnog cilja, između ostalog, veoma su bitni efekti poboljšanja naponsko-reaktivnih prilika u delu mreže gde se novi izvor priključuje.

Poznato je da prisutni ekonomski i tehničko-tehnološki faktori uslovljavaju porast jediničnih snaga generatora, a time, po pravilu, i neminovno pogoršanje (sa aspekta zahteva EES-a) određenih parametara generatora. To je u prvom redu vezano za turbogeneratore. S druge strane, izbor nominalne snage hidrogeneratora je u prvom redu determinisan karakteristikama energetskog izvora, pri čemu njegova konstrukcija ima u potpunosti individualni karakter, s obzirom da je ona uslovljena velikim brojem promenljivih faktora.

Iz pomenutih razloga, veoma je važno da se razviju odgovarajuće metodologije, koje će na najracionalniji način da izvrše izbor povoljnih vrednosti ključnih parametara i karakteristika generatora i njihovih blok-transformatora. Dakle, pitanja izbora relevantnih parametara novih izvora, sa aspekta zahteva EES-a, imaju nesumnjivo veliki značaj i aktuelnost. Naravno, to se odnosi i na izvore, koji su predviđeni za revitalizaciju, kada je neophodno blagovremeno da se utvrde, u novim uslovima pogona, efekti postojećih, i eventualno korigovanih, njihovih parametara i karakteristika.

Ova problematika je od posebnog značaja za planirane nove termoagregate u TE Kolubara B (2x350 MW) i TE Nikola Tesla B3 (750 MW), imajući u vidu veličine

njihovih snaga i mesta priključenja na sistem, odnosno njihov veliki uticaj na efikasno i stabilno funkcionisanje EES-a Srbije. Vlada Republike Srbije, na sednici održanoj 11. decembra 2008. godine, konačno je dala zeleno svetlo da EPS raspiše međunarodni tender za izbor strateškog partnera za izgradnju ove dve termoelektrane. Raspisana je prva faza navedenog tendera, što je objavljeno u „Fajnenšel tajmsu“ 20. januara 2009. godine.

Osnovni cilj Studije [1], saglasno njenom Programskom zadatku, je bio da izvrši široke analize karakterističnih statičkih stanja i da izvrši proveru statičke i dinamičke stabilnosti rada ovih novih agregata sa uobičajenim vrednostima relevantnih parametara, pa da se na osnovu toga definiše dozvoljeni opseg promene svih relevantnih parametara i karakteristika turboagregata i blok-transformatora, koji će da posluži za izradu relevantnih delova tendera za izbor i ugovaranje novih agregata u razmatranim novim TE.

U pomenutom kontekstu izbora povoljnih vrednosti ključnih parametara i karakteristika, prvi i jedan od najznačajnijih, a reklo bi se i jedan od najdelikatnijih zadataka je izbor najpovoljnijih vrednosti nominalnog faktora snage generatora, koji mora da se vrši simultano sa izborom prenosnog odnosa njihovih blok-transformatora. Osnovni kriterijum pri tome je ostvarenje željenog (maksimalnog) iskorišćenja pogonskih mogućnosti generatora, saglasno zahtevima i potrebama EES-a u pogledu ostvarenja povoljnih naponsko-reaktivnih prilika. Dakle, vrednosti nominalnog faktora snage generatora i karakteristike i parametri njegovog blok-transformatora, kako će se to videti i u ovom radu, nalaze se u veoma složenoj međusobnoj interaktivnoj povezanosti, koju nije moguće svesti na odgovarajuće, jednostavnije i jednoznačne analitičke forme.

Predmet pažnje ovoga rada su najpre relevantni metodološki aspekti izbora ovih parametara i karakteristika. Zatim, daju se rezultati praktične primene ove metodologije na primeru pomenutih novih termoelektrana.

2. METODOLOŠKI ASPEKTI IZBORA NOMINALNOG FAKTORA SNAGE GENERATORA I KARAKTERISTIKA NJEGOVOG BLOK-TRANSFORMATORA

2.1. Uvodne napomene

Imajući u vidu da se priroda i način ostvarenja bilansa reaktivnih snaga suštinski razlikuje od ostvarenja bilansa aktivnih snaga, problematika izbora nominalnog faktora snage generatora, uz aktuelnost i pomenuti veliki praktični značaj, ima i veliku složenost. To je uslovljeno činjenicom da se bilans reaktivne snage, a u tom kontekstu, prisustvo rezerve ili deficita u reaktivnoj snazi, ostvaruje u kontekstu raznorodnih okolnosti i uslova. Na taj način, izbor nominalnog faktora snage perspektivno planiranog generatora mora da se bazira na utvrđenim potrebama EES-a, u pogledu potreba za generisanjem ili apsorpcijom reaktivne snage, uzimajući, pri tome u obzir, sledeće osnovne, međusobno povezane faktore: položaj elektrane u EES, njena udaljenost od potrošačkih čvorova, veličina reaktivne snage ovih potrošačkih čvorova, način povezivanja elektrane (parametri i karakteristike blok-transformatora) sa EES, očekivana, odnosno zahtevana stanja elektrane u pogledu proizvodnje ili apsorpcije reaktivne snage i međusobni uticaj naponsko-reaktivnih prilika elektrane i EES-a.

Osnovni kriterijum za izbor najpovoljnijih vrednosti nominalnog faktora snage generatora, prenosnog odnosa i napona kratkog spoja blok-transformatora, je ostvarenje

željenog (maksimalnog) iskorišćenja pogonskih mogućnosti posmatranog bloka, pri očekivanim naponima konkretnog čvorišta EES-a, na koji će elektrana biti priključena, odnosno saglasno zahtevima i potrebama EES-a. Drugim rečima, govoreći praktičnim rečnikom, problem određivanja najpovoljnijih vrednosti za pomenute veličine mora da se osloni na što objektivniju procenu mogućih režima rada elektrane sa aspekta naponsko-reaktivnih prilika, u složenoj interakciji sa EES, na koji se priključuje. Za ispunjenje ovoga cilja, kako je to već bilo istaknuto, potreban je veliki broj proračuna tokova snaga i naponskih prilika u EES, na koji se posmatrana elektrana priključuje, za relativno duži vremenski period posmatranja. Pri ovome, dakle, traga se za rešenjem koje je najpovoljnije sa tehno-ekonomskog aspekta.

Da bi se te analize statičkih stanja obavile na efikasan, racionalan i pregledan način, izvršeno je unapređenje računarske programske celine, koju, u okviru jedinstvene baze podataka, u komplementarnoj primeni, čine unapređene verzije računarskih programa IZBOR i DEFNAPON [5,6].

2.2. Računarski program IZBOR

U radovima [2-4] je bio izložen razvoj i praktična primena jedne nove metode i odgovarajućeg računarskog programa (UCOSFI) za upravljanje tokovima reaktivnih snaga na izabranim elementima, uvođenjem kompenzacije u odgovarajuće čvorove, koji prirodno gravitiraju tome elementu. Za potrebe Studije [1], razvijen je računarski program IZBOR, koji je derivat računarskog programa UCOSFI, uz uvođenje niza unapređenja, vezanih za sofisticiraniji način izbora nominalne vrednosti faktora snage i parametara i karakteristika njihovih blok-transformatora.

U aktuelnoj verziji računarskog programa IZBOR omogućeno je da se, u odnosu na ostvareno polazno stacionarno stanje, na odabranim generatorima izvrše sledeće korekcije: nominalne prividne snage, nominalnog faktora snage, angažovane aktivne snage, zadatih vrednosti napona na krajevima, nominalne prividne snage blok-transformatora, vrednosti prenosnog odnosa blok-transformatora i korekcije vrednosti napona kratkog spoja blok-transformatora. Sve ove korekcije mogu da se obavljaju pojedinačno, ili da se formira njihova raznorodna kombinacija.

Za stanje, dobijeno nakon učinjenih korekcija, za odabrane generatore, u posebnoj datoteci, na pregledan način, daju se sledeći pokazatelji: angažovana aktivna snaga [MW], angažovana reaktivna snaga [Mvar], odnos angažovane i maksimalno raspoložive reaktivne snage, odnos aktuelne i nominalne vrednosti struje statora, odnos aktuelne i nominalne vrednosti napona na krajevima generatora, ostvareni (radni) faktor snage i vrednost napona na visokonaponskim sabirnicama elektrane [kV]. Takođe, za stanje dobijeno nakon učinjenih korekcija daju se sledeći pokazatelji: veličina i struktura gubitaka aktivne i reaktivne snage u razmatranom EES i promene u odnosu na polazno stanje, veličina i struktura generisanja reaktivne snage od strane dalekovoda u razmatranom EES i promene u odnosu na polazno stanje i veličina reaktivne rezerve generatora u razmatranom EES i njena promena u odnosu na polazno stanje.

Dakle, u okviru ovih simulacija, omogućena je i detaljna analiza osetljivosti gubitaka aktivne i reaktivne snage i naponskih prilika na pragu prenosne mreže na promenu faktora snage odabranih generatora i prenosnog odnosa njihovih blok-transformatora. Dalje, u kontekstu mogućnosti koje ima računarski program IZBOR, potrebno je da se posebno naglasi da ograničenja po reaktivnoj snazi generatora nisu unapred zadate, konstantne veličine, kao je to u prisutnim i raspoloživim modelima

tokova snaga u postdinamičkim kvazistacionarnim stanjima, analogno konvencionalnim modelima tokova snaga.

3. PRAKTIČNI ASPEKTI IZBORA NOMINALNOG FAKTORA SNAGE GENERATORA I KARAKTERISTIKA NJEGOVOG BLOK-TRANSFORMATORA

3.1. Uvodne napomene

Primenom računarskih programa IZBOR i DEFNAPON izvršene su veoma opsežne analize maksimalnih i minimalnih statičkih stanja prenosne mreže Srbije, u njenom širokom okruženju, koja se očekuju 2010, 2015. i 2020. godine, saglasno podacima i podlogama iz studija [7, 8]. To je urađeno na modelu realne elektroenergetske interkonekcije koju sačinjavaju EES Srbije, Crne Gore, Bosne i Hercegovine, Hrvatske, Mađarske, Makedonije, Rumunije, Bugarske, Grčke i Albanije. Modelovane su kompletne visokonaponske mreže 220 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. Pri tome, u potpunosti je respektovan dalji razvoj prenosne mreže Srbije, saglasno rezultatima Studije [7].

Dobijeni karakteristični rezultati, koji su bili dati u četvrtoj glavi Studije [1] (posredstvom dvadeset četiri tabela i pedeset šest slika), dali su dobru i široku osnovu za izbor najpovoljnijih vrednosti za nominalni faktor snage razmatranih novih turbogeneratorskih u TE Kolubara B i TE Nikola Tesla B3. Blok-transformatori u TE Kolubara B su ugovoreni, isporučeni i montirani sa fiksnim prenosnim odnosom (22/410 kV/kV), tako da je ostalo da se proverí ispravnost usvojenog rešenja za njihove blok-transformatore i da se izvrši izbor karakteristika blok-transformatora u TE Nikola Tesla B3.

3.2. Izbor nominalnog faktora snage generatora u TE Kolubara B i provera ispravnosti izbora fiksnog prenosnog odnosa za njihove blok-transformatore

Rezultati analiza maksimalnih stanja omogućili su konstataciju da je najpovoljnija vrednost za nominalni faktor snage generatora u TE Kolubara B u iznosu 0.85. Radi ilustracije, navodi se Tabela I koja se odnosi na TE Kolubara B, opterećenoj sa maksimalnom aktivnom snagom (2x 350 MW), za tri vrednosti nominalnog faktora snage 0.80, 0.85 i 0.90. i već usvojenu fiksnu vrednost prenosnog odnosa njihovih blok-transformatora, u iznosu $U_{gn}/400+2.5\%$ kV/kV. U ovoj tabeli daju se ostvarene vrednosti reaktivnih snaga na krajevima generatora u TE Kolubara B, u odnosu na maksimalno raspoloživu reaktivnu snagu Q/Q_{max} i ostvarene vrednosti napona na krajevima generatora U_g , u odnosu na njegovu nominalnu vrednost U_{gn} (U_g/U_{gn}). Uvedene oznake u ovoj tabeli A – H, odnose se na sledeće slučajeve:

- A) TE N.Tesla B3 nije u pogonu, a generatori u TE N.Tesla A i B imaju napon na krajevima u iznosu $1.00 U_{gn}$;
- B) TE N.Tesla B3 nije u pogonu, a generatori u TE N.Tesla A i B imaju napon na krajevima u iznosu $1.05 U_{gn}$;
- C) U pogonu su TE N.Tesla B3 i TE N.Tesla A i B sa naponom na krajevima generatora u iznosu $1.00 U_{gn}$;

- D) U pogonu su TE N.Tesla B3 i TE N.Tesla A i B sa naponom na krajevima generatora u iznosu $1.05 U_{gn}$;
- E) TE N.Tesla B3 nije u pogonu; neraspoloživost po jednog generatora u TE N.Tesla A i B; preostali generatori u TE N.Tesla A i B imaju napon na krajevima u iznosu $1.00U_{gn}$;
- F) TE N.Tesla B3 nije u pogonu; neraspoloživost po jednog generatora u TE N.Tesla A i B; preostali generatori u TE N.Tesla A i B imaju napon na krajevima u iznosu $1.05 U_{gn}$;
- G) U pogonu su TE N.Tesla B3 i po jedan generator u TE N.Tesla A i B, sa naponom na krajevima generatora u iznosu $1.00 U_{gn}$;
- H) U pogonu su TE N.Tesla B3 i po jedan generator u TE N.Tesla A i B, sa naponom na krajevima generatora u iznosu $1.05 U_{gn}$;

Na taj način, proučavan je veliki broj situacija, koje mogu, sa različitim verovatnoćom da se pojave u realnom pogonu. Te situacije su povezane sa definisanjem napona (u opsegu $1.00 - 1.05U_{gn}$) na krajevima generatora u elektranama, geografski (i električki) bliskih TE Kolubara B, uključujući i neraspoloživost pojedinih generatora u tim elektranama. Kao što se to uočava, pri vrednosti faktora snage od 0.85, ostvaruje se visoka proizvodnja reaktivne snage, uz prisustvo odgovarajuće rezerve, čije aktiviranje može da bude od dragocene pomoći u saniranju teških naponsko-reaktivnih stanja, koja nije moguće isključiti u budućem pogonu.

Tabela I: Ostvarene vrednosti reaktivnih snaga (Q/Q_{max}) generatora TE Kolubara B, za maksimalno stanje 2015. godine

Stanje	$\cos\varphi_n=0.80$		$\cos\varphi_n=0.85$		$\cos\varphi_n=0.90$	
	Q/Q_{max}	U_g/U_{gn}	Q/Q_{max}	U_g/U_{gn}	Q/Q_{max}	U_g/U_{gn}
A	0.749	1.050	0.897	1.050	1.000	1.041
B	0.495	1.050	0.593	1.050	0.744	1.050
C	0.794	1.050	0.950	1.050	1.000	1.035
D	0.521	1.050	0.623	1.050	0.780	1.050
E	0.773	1.050	0.925	1.050	1.000	1.037
F	0.603	1.050	0.772	1.050	0.906	1.050
G	0.776	1.050	0.928	1.050	1.000	1.037
H	0.586	1.050	0.679	1.050	0.850	1.050

Rezultati sprovedenih analiza niza karakterističnih maksimalnih, a zatim i minimalnih stanja prenosne mreže Srbije, u njenom širokom okruženju, potvrdili su ispravnost usvojenog rešenja sa fiksnom vrednošću prenosnog odnosa blok-transformatora generatora u TE Kolubara B u iznosu $U_{gn}/410$ kV/kV. Kao ilustracija navode se Tabela II, u kojoj se daje zavisnost ostvarene vrednosti reaktivnih snaga (Q/Q_{max}) na krajevima generatora u TE Kolubara B od vrednosti prenosnog odnosa njihovih blok-transformatora. Oznaka 1 se odnosi na prenosni odnos $U_{gn}/400$ kV/kV,

oznaka 2 na $U_{gn}/400 + 2.5 \% \text{ kV/kV}$ i oznaka 3, na prenosni odnos $U_{gn}/400 + 5 \% \text{ kV/kV}$. Pri vrednosti prenosnog odnosa $U_{gn}/400 + 5 \% \text{ kV/kV}$ obezbeđen je u najvećem broju situacija plasman značajnog dela raspoložive reaktivne snage, ostajući u okvirima naponsko-regulacionog opsega generatora u iznosu $\pm 5\% U_{gn}$.

Takođe, u ovim okvirima naponsko-regulacionog opsega, utvrđena je mogućnost harmonizacije potpobuđenih režima rada generatora u TE Kolubara B, saglasno potrebama koje bi nametalo obezbeđenje povoljnih naponsko-reaktivnih prilika u minimalnim stanjima prenosne mreže Srbije. Dakle, ovo rešenje za prenosni odnos blok-transformatora omogućuje postojanje šireg manevarskog prostora za uspostavljanje potpobuđenih režima, što je svakako od posebnog praktičnog interesa.

Tabela II: Zavisnost odate reaktivne snage generatora u TE Kolubara B od vrednosti prenosnog odnosa njihovih blok-transformatora - maksimalno stanje 2015. godine

Stanje	1			2			3		
	Q/Q_{max}	U_{vN} [kV]	U_g/U_{gn}	Q/Q_{max}	U_{vN} [kV]	U_g/U_{gn}	Q/Q_{max}	U_{vN} [kV]	U_g/U_{gn}
A	0.599	406.8	1.050	0.897	410.5	1.050	1.000	411.4	1.032
B	0.303	414.0	1.050	0.593	418.0	1.050	0.897	421.4	1.050
C	0.658	404.7	1.050	0.950	408.2	1.050	1.000	408.5	1.027
D	0.339	412.9	1.050	0.623	416.4	1.050	0.920	419.9	1.050

3.3. Izbor nominalnog faktora snage generatora u TE N.Tesla B3 i karakteristika njegovog blok-transformatora

Za razliku od slučaja TE Kolubara B, u kojoj su blok-transformatori već imali usvojenu fiksnu vrednost prenosnog odnosa ($U_{gn}/410 \text{ kV/kV}$), u slučaju TE N.Tesla B3, bilo je potrebno da se za taj važan parametar nađe najracionalnije rešenje, kao i da se utvrdi da li je potrebna regulacija (u praznom hodu, ili pod opterećenjem) blok-transformatora. Dakle, u pitanju je bio kompleksniji problem od prethodno rešavanog, jer je bilo neophodno da se simultano izvrši izbor najpovoljnijih rešenja za nominalni faktor snage generatora u TE N. Tesla B3 i karakteristika njegovog blok-transformatora.

Karakteristični rezultati sprovedenih analiza daju se u Tabelama III i IV

Tabela III: Ostvarene vrednosti reaktivne snage (Q/Q_{max}) generatora TE N.Tesla B3, za maksimalno stanje 2015. godine

Stanje	$\cos\varphi_n=0.80$		$\cos\varphi_n=0.85$		$\cos\varphi_n=0.90$	
	Q/Q_{max}	U_g/U_{gn}	Q/Q_{max}	U_g/U_{gn}	Q/Q_{max}	U_g/U_{gn}
A	0.692	1.050	0.826	1.050	1.000	1.047
B	0.401	1.050	0.478	1.050	0.597	1.050
C	0.713	1.050	0.851	1.050	1.000	1.040
D	0.514	1.050	0.613	1.050	0.765	1.050

Tabela IV: Ostvarene vrednosti reaktivne snage (Q/Q_{max}) generatora TE N.Tesla B3, za maksimalno stanje 2025. godine i tri varijante razvoja prenosne mreže Srbije

Stanje	$\cos\varphi_n=0.80$		$\cos\varphi_n=0.85$		$\cos\varphi_n=0.90$	
	Q/Q _{max}	U _g /U _{gn}	Q/Q _{max}	U _g /U _{gn}	Q/Q _{max}	U _g /U _{gn}
Varijanta 1						
A	0.711	1.050	0.849	1.050	1.000	1.045
B	0.427	1.050	0.510	1.050	0.636	1.050
C	0.729	1.050	0.870	1.050	1.000	1.043
D	0.533	1.050	0.636	1.050	0.793	1.050
Varijanta 5						
A	0.713	1.050	0.851	1.050	1.000	1.045
B	0.430	1.050	0.513	1.050	0.640	1.050
C	0.712	1.050	0.850	1.050	1.000	1.045
D	0.473	1.050	0.565	1.050	0.705	1.050
Varijanta 6						
A	0.737	1.050	0.880	1.050	1.000	1.042
B	0.468	1.050	0.558	1.050	0.697	1.050
C	0.769	1.050	0.918	1.050	1.000	1.037
D	0.585	1.050	0.699	1.050	0.872	1.050

Oznake u ovim tabelama A–D, sada imaju sledeća značenja:

- A) Generatori u TE Kolubara B i TE N.Tesla A i B 1, 2, maksimalno opterećeni, imaju napon na krajevima u iznosu $1.00 U_{gn}$;
- B) Generatori u TE Kolubara B i TE N.Tesla A i B 1, 2, maksimalno opterećeni, imaju napon na krajevima u iznosu $1.05 U_{gn}$;
- C) Neraspoloživost po jednog agregata u TE N.Tesla A 1,2, A 3,4 i A 5, 6 i TE N.Tesla B 1, 2; preostali generatori i generatori u TE Kolubara B, maksimalno opterećeni, imaju napon na krajevima u iznosu $1.00 U_{gn}$;
- D) Neraspoloživost po jednog agregata u TE N.Tesla A 1,2, A 3,4 i A 5, 6 i TE N.Tesla B 1, 2; preostali generatori i generatori u TE Kolubara B, maksimalno opterećeni, imaju napon na krajevima u iznosu $1.05 U_{gn}$;

Na taj način, kao i u slučaju TE Kolubara B, analizirane su situacije koje mogu, sa različitom verovatnoćom da se pojave u budućem realnom pogonu.

Dakle, pri vrednosti nominalnog faktora snage u iznosu 0.85 ostvaruje se visoka proizvodnja reaktivne snage, uz prisustvo odgovarajuće rezerve, čije aktiviranje, kako je to već bilo istaknuto, može da bude od dragocene, a često i od presudne pomoći u eliminaciji eventualne pojave naponske nestabilnosti, koja bi dovela do kolapsa napona.

Rezultati sprovedenih analiza niza karakterističnih maksimalnih, a zatim i takvih minimalnih stanja, omogućili su konstataciju da je najpovoljnije rešenje za blok-

transformator u TE N.Tesla B3 fiksna vrednost njegovog prenosnog odnosa u iznosu $U_{gn}/410$ kV/kV. Kao ilustracija, navode se Tabele V i VI. U ovim tabelama daje se zavisnost ostvarene vrednosti reaktivnih snaga (Q/Q_{max}) na krajevima generatora u TE N.Tesla B3 od vrednosti prenosnog odnosa njegovog blok-transformatora. Oznaka 1 se odnosi na prenosni odnos $U_{gn}/380$ kV/kV, oznaka 2 na $U_{gn}/400$ kV/kV, oznaka 3 na $U_{gn}/400+2.5\%$ kV/kV i oznaka 4, na prenosni odnos $U_{gn}/400+5\%$ kV/kV. U narednom tekstu, za prethodno pomenute prenosne odnose koristiće se veličine 0.95, 1.00, 1.025 i 1.05, respektivno. Ujedno, daju se i vrednosti napona na visokonaponskim sabirnicama TE N.Tesla B3 (U_{Vn}) i početne vrednosti napona na krajevima generatora (U_g/U_{gn}). Oznake u ovim tabelama A–D imaju prethodno data značenja.

Vrednost prenosnog odnosa u iznosu $U_{gn}/410$ kV/kV, u najvećem broju razmatranih stanja, obezbeđuje plasman značajnog dela raspoložive reaktivne snage, uz zadržavanje dragocene rezerve. Takođe, ostajući u okvirima raspoloživog naponsko-regulacionog opsega generatora u TE N.Tesla B3 u iznosu $\pm 5\%$ U_{gn} , omogućeno je postojanje šireg manevarskog prostora za uspostavljanje potpobuđenih režima rada, saglasno potrebama koje bi nametala minimalna stanja EES-a Srbije.

Tabela V: Zavisnost odate reaktivne snage generatora u TE N.Tesla B3 od vrednosti prenosnog odnosa njegovog blok-transformatora; nominalni faktor snage 0.80; maksimalno stanje 2015. godine

Stanje	1			2			3			4		
	Q/Q_{max}	U_{Vn} [kV]	U_g/U_{gn}	Q/Q_{max}	U_{Vn} [kV]	U_g/U_{gn}	Q/Q_{max}	U_{Vn} [kV]	U_g/U_{gn}	Q/Q_{max}	U_{Vn} [kV]	U_g/U_{gn}
A	0.220	402.5	1.050	0.459	404.9	1.050	0.692	407.1	1.050	1.000	409.6	1.028
B	-0.058	413.1	1.050	0.174	415.5	1.050	0.401	417.8	1.050	0.894	422.4	1.050
C	0.259	401.0	1.050	0.489	403.8	1.050	0.713	406.4	1.050	0.948	408.9	1.050
D	0.074	408.1	1.050	0.297	411.0	1.050	0.514	413.6	1.050	0.742	416.3	1.050

Tabela VI: Zavisnost odate reaktivne snage generatora u TE N.Tesla B3 od vrednosti prenosnog odnosa njegovog blok-transformatora; nominalni faktor snage 0.85; maksimalno stanje 2015. godine

Stanje	1			2			3			4		
	Q/Q_{max}	U_{Vn} [kV]	U_g/U_{gn}	Q/Q_{max}	U_{Vn} [kV]	U_g/U_{gn}	Q/Q_{max}	U_{Vn} [kV]	U_g/U_{gn}	Q/Q_{max}	U_{Vn} [kV]	U_g/U_{gn}
A	0.262	402.5	1.050	0.548	404.9	1.050	0.826	407.1	1.050	1.000	408.0	1.010
B	-0.069	413.1	1.050	0.208	415.5	1.050	0.478	417.8	1.050	1.000	421.8	1.044
C	0.309	401.0	1.050	0.584	409.8	1.050	0.851	406.4	1.050	1.000	407.6	1.037
D	0.088	408.1	1.050	0.354	411.0	1.050	0.613	413.6	1.050	0.885	416.3	1.050

Što se tiče vrednosti napona kratkog spoja blok-transformatora u TE N.Tesla B3 poželjno je da ona bude što niža (ili u okviru svojih prirodnih, odnosno tipičnih vrednosti), ali da to ne bude praćeno nesrazmerno višom cenom blok-transformatora.

Na taj način, generalno gledano, za razmatrani vremenski horizont do 2025. godine, ne postavljaju se neki specijalni zahtevi od strane EES-a Srbije u pogledu razmatranih parametara turbogeneratora u TE Kolubara B i TE N.Tesla B3, u kontekstu naponsko-reaktivnih prilika.

Glavni razlog za prethodno rečeno je povezivanje sa glavnim delom UCTE mreže, koje je uspešno obavljeno 10. oktobra 2004. godine, čime je dobijen i niz veoma korisnih efekata za EES Srbije. Naravno, tome su u odgovarajućoj meri doprineli i ugrađeni 200 Mvar na niskom naponu, kao i aktiviranih oko 80 Mvar. Ti razlozi su još ubedljiviji u analiziranim maksimalnim stanjima koja se očekuju 2015. godine, ne samo

zbog ugradnje dodatnih, novih 200 Mvar (170 Mvar na niskom i 30 Mvar na srednjem naponu), već i zbog daljeg razvoja prenosne mreže Srbije i uvođenja njenih novih elemenata, koji je (razvoj), između ostalog, utvrđivan i utvrđen uz striktno respektovanje osnovnog kriterijuma sigurnosti (n-1).

4. ZAKLJUČCI

U radu su izloženi relevantni metodološki i praktični aspekti izbora najpovoljnijih vrednosti za nominalni faktor snage generatora i parametara njihovih blok-transformatora. Rezultati praktične primene razvijene metodologije dali su dobru i široku osnovu za izbor najpovoljnijih vrednosti za nominalni faktor snage razmatranih novih turbogeneratora u TE Kolubara B i TE Nikola Tesla B3. Takođe, ti rezultati su potvrdili ispravnost usvojenog rešenja za blok-transformatore u TE Kolubara B i omogućili da se izvrši izbor karakteristika blok-transformatora u TE Nikola Tesla B3.

LITERATURA

- [1] "Studija stabilnosti rada i izbor opsega najpovoljnijih vrednosti parametara i karakteristika turboagregata i blok-transformatora u TE Kolubara B i TE Nikola Tesla B3", Institut "Nikola Tesla", Beograd, 2008.
- [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., "Jedan prilaz rešavanju naponsko-reaktivne problematike u prenosnim mrežama", 13 Simpozijum -Upravljanje i telekomunikacije u EES, Tara, 29 maj - 02 jun, 2006, referat C2 I 02
- [4] Popović D.P. , Stojković M., "Računarski program za utvrđivanje lokacije i snage uređaja za kompenzaciju reaktivne snage", Međunarodni naučno-stručni simpozijum INFOTEH-Jahorina, 22-24 mart, 2006, referat D-1.
- [5] Popović D.P., "Upravljanje naponima generatora i naponsko reaktivna stanja elektroenergetskih interkonekcija", časopis "Elektroprivreda", br. 1, 2007., str. 12 - 26.
- [6] Popović D.P., Stojković M., "Dinamički aspekti upravljanje naponima generatora i naponsko-reaktivna stanja elektroenergetskih interkonekcija", časopis "Elektroprivreda", br. 3, 2007., str. 3 - 14.
- [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, 2007.
- [8] "Planiranje izvora reaktivne snage u prenosnoj mreži EES Srbije - II faza" - finalna verzija, Institut "Nikola Tesla", Beograd, 2007.

Abstract: The relevant methodological and practical aspects of the best values choice of generator power factor and characteristics of block-transformer are presented. New thermal power plants Kolubara B and Nikola Tesla B3, which will be connected at 400 kV voltage level of Serbian transmission network are observed.

Key words: *choice, power factor, generator bloc-transformer, TPP Kolubara B, TPP Nikola Tesla B3*

**METHODOLOGICAL AND PRACTICAL ASPECTS OF THE CHOICE OF
GENERATOR RATED POWER FACTOR AND CHARACTERISTICS OF
BLOCK-TRANSFORMERS IN TPP KOLUBARA B AND TPP NIKOLA TESLA
B3**

Dragan P.Popović, Miloš Stojković, Ivan Stanisavljević
Electrical Engineering Institute “Nikola Tesla”, Belgrade