

# TEHNIČKO REŠENJE

(Bitno poboljšano tehničko rešenje na međunarodnom nivou)

## GRUPNI REGULATOR POBUDE I REAKTIVNIH SNAGA BLOKOVA B1 I B2 U TE „NIKOLA TESLA B“

**AUTORI:**

Jasna Dragosavac,  
Žarko Janda,  
Tomislav Gajić,  
Sava Dobričić,  
Jelena Pavlović,  
Sloodan Josifović, ing.

**URAĐENO ZA:**

Javno preduzeće „Elektroprivreda Srbije“  
PD „Termoelektrane Nikola Tesla“ d.o.o. Obrenovac

**KORISNIK:**

Javno preduzeće „Elektroprivreda Srbije“  
PD „Termoelektrane Nikola Tesla“ d.o.o. Obrenovac

**DATUM KOMPLETIRANJA UREĐEJA: 2015**

**DATUM POSLEDNJIH MODIFIKACIJA: 2016**

**KLJUČNE REČI:**

grupna regulacija napona i reaktivnih snaga, termoelektrana,  
hijerarhijska kontrola napona, pogonski dijagram, sinhroni  
generator automatska regulacija napona

## SADRŽAJ

1	Oblast na koju se tehničko rešenje primenjuje .....	3
2	Problem koji se tehničkim rešenjem rešava .....	3
3	Stanje rešenosti problema u svetu .....	4
4	Opis tehničkog rešenja.....	5
4.1	Opis rada GRPRS.....	6
4.1.1	Odziv GRPRS i automatskog regulatora napona.....	8
4.1.2	Regulator napona VN sabirnica .....	8
4.1.3	Regulator reaktivne snage.....	9
4.1.4	Mrtva zona .....	9
4.2	Objašnjenje unapređenja tehničkog rešenja .....	10
4.2.1	Redundansa u strukturi GRPRS regulatora.....	11
4.2.2	Redundansa na nivou napajanja.....	12
4.2.3	Redundansa na nivou digitalnih ulaznih signala.....	12
4.2.4	Redundansa na nivou mernih prevarača .....	12
4.2.5	Redundansa fizičkih merenja.....	12

# 1 Oblast na koju se tehničko rešenje primenjuje

Razvoj grupnog regulatora pobude i reaktivne snage (GRPRS) vezan je za oblast elektroenergetike odnosno regulacije napona i tokova reaktivnih snaga u elektroenergetskom sistemu Srbije. Uređaj GRPRS sa stanovišta regulacije napona i reaktivnih snaga objedinjuje sve blokove u elektrani u jedan virtuelni blok sa maksimizovanom veličinom dinamičke reaktivne rezerve uz održavanje radne tačke generatora u okviru bezbedne radne oblasti. Na taj način GRPRS postaje spona između prenosne mreže i samog generatora.

## 2 Problem koji se tehničkim rešenjem rešava

U cilju prevazilaženja nedostataka ručnog upravljanja naponima i reaktivnim snagama, razvijeni su sistemi za automatsko upravljanje naponima u EES sa namerom da se unaprede sigurnost, smanje gubici i olakša proces upravljanja sistemom. Automatizacijom upravljanja naponima i reaktivnim snagama na nivou sistema predviđeno je da dispečer prenosne mreže postavi vrednosti napona u određenim čvorovima sistema i da se reaktivne snage generatora koji utiču na napone posmatranih čvorova postave automatski na potrebne vrednosti. Na ovaj način se eliminiše kašnjenje zbog učešća operatera u izvršenju komandi dispečera prenosne mreže. Ukoliko se i raspodela reaktivnog opterećenja među generatorima vrši koordinisano prema željenoj optimizacionoj funkciji, postiže se koordinisana naponsko-reaktivna regulacija.

Glavni nedostaci ručnog upravljanja naponima i reaktivnim snagama u elektrani i šire se mogu sumirati na sledeći način:

- Raspodela reaktivnih snaga i naponski profili su vezani za off-line prognoze koje se često ne podudaraju sa stvarnim stanjem u sistemu,
- Raspodela reaktivnih snaga se izvršava na osnovu pismenog rasporeda rada koji se dostavljan elektrani dan ranije ili direktnim zahtevom dispečera prenosnog sistema kada primeti da radna stanja odstupaju od prognoziranih,
- Ne postoji veza sa dinamikom sistema,
- Optimalna raspodela reaktivnih snaga među generatorima prema zadatom tehničkom, ekonomskom kriterijumu ili kombinaciji više kriterijuma je teško dostižna.
- Uključenje elektrane u sistem automatske kontrole napona na višem nivou u sistemu nije moguće sa ručnom naponsko-reaktivnom regulacijom na nivou elektrane.

Čak i u današnjim uslovima, kada je optimalan rad sistema u velikom broju slučajeva postavljen u drugi plan, u odnosu na zahteve tržišta električne energije, i kada su mogućnosti i vreme koje operator prenosnog sistema ima za ostvarivanje optimalnih radnih parametara sistema znatno sužene, potrebno je, zbog održavanja sigurnosti i pouzdanosti sistema, koordinisati generisane reaktivne snage generatora i napone u sistemu. Tržište električne energije to prepoznaje i spremno je da plati elektrani za stvarni doprinos regulaciji napona kroz sistemsku uslugu. Ručna naponsko-reaktivna kontrola, međutim, ne samo da ne omogućava da se izmeri/oceni stvarni doprinos generatora/ elektrane u regulaciji napona u sistemu, već može dovesti i do tehnički i ekonomski neprihvatljivog režima rada elektrane i, u ekstremnim slučajevima, ugrozi stabilnost celog EES.

Uređaj GRPRS treba da otkloni ili minimizuje nedostatke ručnog upravljanja naponima i reaktivnim snagama u elektrani.

### 3 Stanje rešenosti problema u svetu

Problematika naponsko-reaktivne regulacije na nivou elektrane nije detaljno, pa čak ni posebno obrađivana u literaturi. Problematika se razmatra u okviru dva problema: regulacije napona na visokonaponskoj strani blok transformatora ili kao deo realizacije sekundarne regulacije napona (SRN).

Regulacija napona VN strane blok transformatora bez direktnog merenja napona na VN sabirnicama blok-transformatora je metoda koja je hardverski zasnovana na postojećem kanalu za strujnu kompenzaciju. Umesto postojećeg bloka strujne kompenzacije uvodi se blok za regulaciju napona VN strane blok transformatora, HSVC. Ulazi u ovaj blok su prenosni odnos blok-transformatora (važno kod transformatora sa promenljivim prenosnim odnosom), napon generatora, reaktivna snaga generatora, reaktansa blok transformatora, reaktansa mreže, statizam (nagib naponsko-reaktivne karakteristike generatora sa automatskim regulatorom napona, ARN). Izlaz je funkcija ulaznih signala koja u automatski regulator napona ulazi u tački u koju je ranije ulazio izlaz iz bloka strujne kompenzacije. Unapređenja HSVC bloka obuhvataju proširenja ulazima za povećanje stabilnosti EES.

Sekundarne regulacije napona je hijerarhijska kontrola napona koja pokriva velike geografske zone i vremenski je koordinisana, prvi put je primenjena u Francuskoj elektroprivredi EDF (Électricité de France), osamdesetih godina prošlog veka. Ovaj sistem predstavlja osnovu iz koga su se kasnije razvila i nadogradila rešenja u drugim zemljama. SRN podrazumeva da je EES podeljen u zone koje su izabrane tako da između njih postoji slaba interakcija. Svaka zona je organizovana oko pilot čvora i reguliše se zasebno. Regulacija se vrši na način da se napon pilot čvora poredi sa referentnom vrednosti koju zadaje SRN i potom se primenom proporcionalno-integralnog dejstva izračunava potreban nivo promene generisane reaktivne snage u posmatranoj zoni. Izlaz iz PI regulatora je signal koji se prosleđuje ka regulatorima reaktivne snage (Q regulatorima) na svim generatorima u zoni.

Glavi nedostaci prethodnih realizacija su:

- Sa porastom gustine mreže javlja se jako međusobno dejstvo između teoretski nezavisnih zona (utiče na stabilnost).
- Primenom SRN se postiže ujednačavanje isporuke reaktivne snage među generatorima ali se ne uzima u obzir preopterećenje koje pojedini generatori trpe kada su električno bliži izvoru poremećaja u sistemu.
- Q regulaciona petlja unosi pozitivno pojačanje.

Dodatni nedostaci koji su uočeni u toku dugogodišnje primene SRN su

- SRN dopušta samo delimično sagledavanje operativnih ograničenja. Na primer, kontinualno merenje/praćenje dopuštenih napona u sistemu ili sagledavanje operativnih ograničenja generatora i njegovog okruženja.
- Parametri kontrolne regulacije su uglavnom fiksni,
- Signal koji predstavlja nivo zahtevane reaktivne snage menja se u granicama koje su izvan stvarnih mogućnosti generatora i pomoćne opreme.

## 4 Opis tehničkog rešenja

Grupni regulator pobude i reaktivne snage automatski, koordinisano i u realnom vremenu vrši sledeće osnovne funkcije:

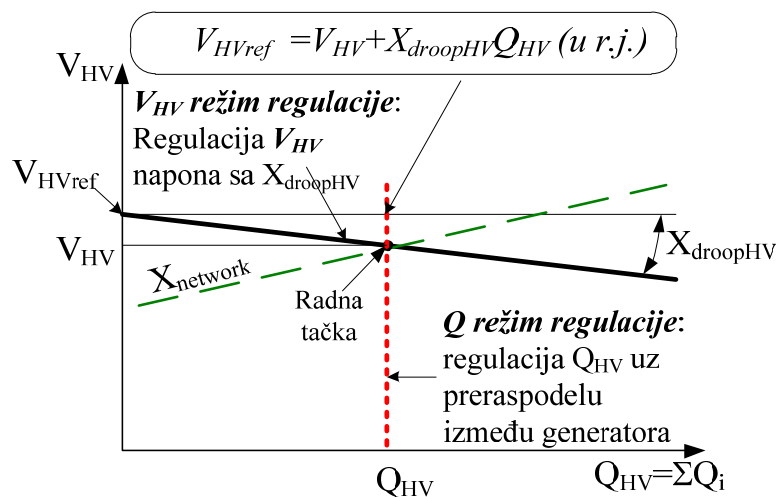
1. Održava ravnomernu raspodelu reaktivnog opterećenja među generatorima različitih nazivnih vrednosti aktivne snage (620 MW i 670 MW), a iste prividne snage 727,5 MVA u termoelektrani, koji su uključeni u grupni rad; pri tome treba poštovati ograničenja adaptivnog pogonskog dijagrama koja se izračunavaju u realnom vremenu.

2. Održava reaktivno opterećenje agregata, odnosno elektrane i napona na posmatranim sabirnicama elektrane na unapred podešenom nivou, zadatom od strane višeg nivoa upravljanja.

3. Reguliše napon 400kV sabirnica sa zadatom statikom prema reaktivnoj snazi, koordinisanjem proizvedene  $Q$  generatora u paralelnom radu, Sl. 1.

4. Omogućava jednostavno i sigurno upravljanje elektranom po naponu i reaktivnoj snazi kao jednim ekvivalentnim generatorom.

5. Da bi se izbegao rad generatora izvan dozvoljenih vrednosti po naponu i reaktivnoj snazi GRPRS ograničava svoje dejstvo po kanalu tog agregata. Ukoliko neka od posmatranih veličina dostigne graničnu vrednost, GRPRS pokušava u stacionarnom stanju da održi kritičnu veličinu na zadatoj graničnoj vrednosti.



Sl. 1 Naponsko-reaktivna karakteristika sabirnica elektrane sa GRPRS u radu:  $V_{HVref}$  je referentni napon sabirnica  $V_{HV}$ , a  $Q_{HV}$  suma  $\sum Q_i$  isporučениh reaktivnih snaga agregata  $Q_i$  priključenih na posmatrane sabirnice,  $X_{droopHV}$  je statizam sabirnica,  $X_{network}$  je ekvivalentna reaktansa mreže koja je priključena na sabirnice 400kV.

6. Agregatom se upravlja tako da se uvek nalazi u okviru pogonskog dijagrama prema aktuelnoj radnoj tački generatora i da terminalni napon generatora bude u opsegu  $\pm 5\%$  oko nominalne vrednosti od 21 kV, odnosno prema podešenju koje može biti uže ili šire, ali ne šire od  $\pm 10\%$  nominalne vrednosti. Adaptivni pogonski dijagram se u realnom vremenu izračunava i automatski prilagođava

promenama napona sabirnica 400 kV, uzimajući u obzir karakteristike blok transformatora i proizvedenu reaktivnu snagu.

7. Ekspertski sistem vrši detekciju oblasti dozvoljenih reaktivnih snaga generatora u realnom vremenu na osnovu višekriterijumske funkcije (dozvoljena radna oblast prema pogonskom dijagramu i aktuelnoj radnoj tački, vrednost napona na krajevima generatora i uticaj napona na VN sabirnicama na ograničenja raspoložive reaktivne snage) i generiše adaptivni pogonski dijagram u posmatranoj radnoj tački. Potrebno je obezbediti da reaktivne snage generatora uvek budu unutar procenjenih dozvoljenih granica reaktivnih snaga koje osiguravaju bezbedan rad generatora.

8. Regulacija je realizovana na takav način da u svakom trenutku obezbeđuje sigurno dinamičko dekuplovanje (sprečavanje pojave oscilacija) sa odzivima sistema pobude i poremećajima u prenosnoj mreži;

9. GRPRS obezbeđuje koordinaciju sa limiterima pobude i zaštitama generatora u svim radnim tačkama;

10. Takođe, omogućava lako uklapanje novog rešenja sa postojećim pobudnim sistemima, bez modifikacija na postojećim regulatorima pobude i bez međusobnog uticaja dejstva GRPRS regulatora i regulatora pobude.

U okviru uređaja realizovana su dva nivoa regulacije: regulator režima i regulator raspodele. Regulator režima ima zadatak da održava izabranu režimsku veličinu: napon na zajedničkim sabirnicama odnosno naponsko-reaktivnu karakteristiku ili zbirnu reaktivnu snagu elektrane. Regulator raspodele održava željenu stacionarnu raspodelu neophodnog ili zadatog reaktivnog opterećenja elektrane između generatora u pogonu, koja obezbeđuje održavanje i regulisanje izabrane režimske veličine.

Pored navedenih osnovnih funkcija, GRPRS omogućava i:

11. Podešavanje napona elektrane i njegove statike;

12. Zadavanje reference reaktivne snage i napona elektrane, **Error! Reference source not found.1**;

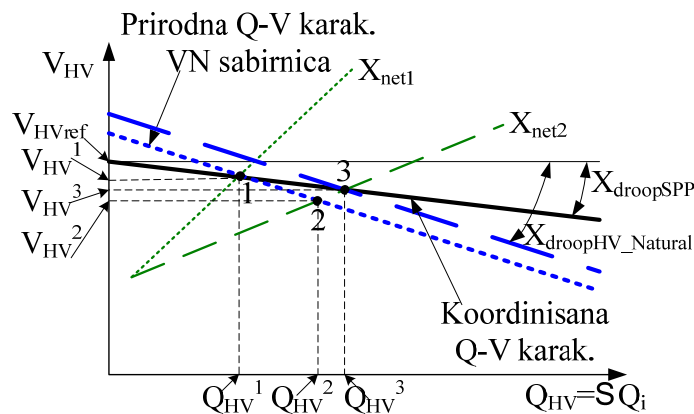
13. Pregled i očitavanje svih mernih i upravljačkih veličina;

14. Rad sa smanjenim brojem agregata u grupnom radu. Uključenje i isključenje pojedinih agregata je realizovano daljinski, preko tehničkog sistema upravljanja TSU, lokalno i automatski pri odradi određenih grupa zaštita.

#### **4.1 Opis rada GRPRS**

Statička karakteristika VN sabirnica data je na slici (Sl. 1). Analogno generatoru sa ARN, prirodna statička karakteristika VN sabirnica elektrane (plava opadajuća linija tipa tačka-crta na slici 2) može se definisati kao prava linija sa nagibom  $X_{droopSPP}$  koji definiše statizam sabirnica.  $X_{droopSPP\_Natural}$  predstavlja prirodni statizam VN sabirnica elektrane bez GRPRS.

Princip realizacije ciljne Q-V karakteristike elektrane je objašnjen pomoću grafika prikazanog na Sl. 4. Na toj slici veličina  $V_{HV}$  je napon VN sabirnica,  $V_{HVref}$  je referentna vrednost napona VN sabirnica i  $Q_{HV}$  je suma proizvedenih reaktivnih snaga  $\sum Q_i$  generatora priključenih na posmatrane VN sabirnice. Pri promeni referentnih vrednosti napona u ARN statička linearna Q-V karakteristika sabirnica se pomera paralelno, na više ili na niže (isprekidana i tačka-tačka linije na Sl. 4). Q-V karakteristika sabirnica seče karakteristiku mreže (rastuća, zelena, isprekidana i tačkasta linija na Sl. 4, linearizovana u posmatranoj radnoj tački) koja je određena ekvivalentnom reaktansom mreže  $X_{net}$  na sabirnicama i ekvivalentnim naponom mreže  $E_{net}$  (tačka 1 na Sl. 4). Presek sa karakteristikom mreže definiše radnu tačku 1 u stacionarnom stanju ( $V_{HV1}$ ,  $Q_{HV1}$ ). Kada se karakteristika mreže promeni na primer sa  $X_{net1}$  na  $X_{net2}$  radna tačka se pomera po prirodnoj karakteristici do tačke 2 ( $V_{HV2}$ ,  $Q_{HV2}$ ). Napon VN sabirnica se menja sa vrednosti  $V_{HV1}$  na  $V_{HV2}$ . Da bi se održavala vrednost napona  $V_{HV}$  na zadatoj karakteristici sa željenim statizmom  $X_{droopSPP}$  (crna puna linija na Sl. 4) neophodno je povećati reference napona na generatorima koji su priključeni na posmatrane sabirnice i tako paralelno pomeriti prirodnu karakteristiku elektrane da bi se presečna tačka sa karakteristikom mreže dobila u tački 3 ( $V_{HV3}$ ,  $Q_{HV3}$ ). Automatsko pomeranje prirodne Q-V karakteristike VN sabirnica tako da se radna tačka elektrane uvek nalazi na željenoj statičkoj Q-V karakteristici osnovni je zadatak koordinisanog GRPRS.



Sl. 4 Statička karakteristika GRPRSa

To znači da, GRPRS treba da automatski pomera prirodnu karakteristiku elektrane  $X_{droopSPP\_Natural}$  tako da se radna tačka kreće po zahtevanoj karakteristici  $X_{droopSPP}$  koja je na slici Sl. 4 prikazana kao puna crna linija (1):

$$V_{HV} = V_{HVref} - X_{droopSPP} * \sum Q_i, \quad (1)$$

gde je  $X_{droopSPP}$  zahtevani statizam VN sabirnica postavljen u GRPRS. Što je manji nagib  $X_{droopSPP}$  Q-V karakteristike elektrane to je jači odziv elektrane u reaktivnoj snazi pri poremećajima u EES-u. Na ovaj način se osetljivost tj. tvrdoća sabirnica mogu menjati u uskim granicama i definisati jačina odziva elektrane na spore promena napona u mreži, odnosno može se uticati na učešće elektrane u proizvodnji potrebne reaktivne snage za održanje željenog profila napona u prenosnom sistemu.

#### 4.1.1 Odziv GRPRS i automatskog regulatora napona

GRPRS obezbeđuje održavanje konstantne vrednosti napona sabirnica sa zahtevanim statizmom u posmatranoj radnoj tački. Važno pitanje sa stanovišta dinamike sistema je izbegavanje interferencija dejstava GRPRS i dejstva automatskog regulatora napona (ARN) u toku brzih poremećaja u sistemu da bi se izbegla situacija u kojem je dejstvo GRPRS suprotno od dejstva ARN, posebno pri odradi limitera ARN ili pri forsiranju pobude kada je sistemu u kratkom vremenskom periodu potrebna dodatna reaktivna snaga. Takođe u podpobuđenoj oblasti ne sme doći do ugrožavanja stabilnosti generatora. Za razliku od limitera maksimalno dozvoljene struje statora i rotora, čije je dejstvo vremenski zategnuto, dejstvo limitera minimalne pobude je trenutno i dejstvo GRPRS ne sme ni u jednoj radnoj tački da bude suprotno od dejstva ovog limitera. Struktura upravljanja GRPRS obezbeđuje raspredanje sa ARN i zaštitama. Zbog toga se podešenja limitera ARN, zaštita i parametara GRPRS moraju redovno osvežavati u algoritmu GRPRS.

Dodatne važne karakteristike koje GRPRS ispunjava su:

- i) GRPRS treba da optimizuje rad generatora unutar njihovih pogonskih dijagrama a prema zadatom kriterijumu;
- ii) svaki zahtev za proizvodnjom reaktivne snage sabirnica koji je veći od zbira dopuštenih reaktivnih snaga generatora i u induktivnom i u kapacitivnom području neće biti ispunjen;
- iii) svi generatori treba da su ravnomerno oporećeni sa aspekta raspoložive reaktivne rezerve da bi se minimizovao rizik da jedan od generator u paralelnom radu dostigne svoja ograničenja mnogo pre ostalih. Na taj način se obezbeđuje da ARN svih generatora jednovremenim maksimalnim odzivom kompenzuju poremećaje u mreži maksimalnom brzinom i maksimalnim raspoloživim iznosom VAR. (Pod reaktivnom rezervom se podrazumeva razlika između reaktivne snage posmatrane radne tačke i maksimalne/minimalne reaktivne snage koju generator može proizvesti);
- iv) GRPRS ne sme delovati u toku dejstva ARN kao i u toku brzih poremećaja u sistemu da bi se obezbedilo sigurno raspredanje primarne regulacije napona i dinamike GRPRS.

#### 4.1.2 Regulator napona VN sabirnica

Statička Q-V karakteristika VN sabirnica definisana je sa parametrima  $V_{HVref}$  i  $X_{droopSPP}$ . (kako je prikazano na Sl. 4). Glavni zadatak regulatora napona VN sabirnica je da održava napon na VN sabirnicama elektrane na zahtevanoj vrednosti sa željenim statizmom  $X_{droopSPP}$ . Da bi se napon održavao na zadatoj Q-V karakteristici, regulator napona VN sabirnica treba da reguliše ukupnu proizvedenu reaktivnu snagu elektrane  $\Sigma Q_i$ . Regulator napona VN sabirnica računa  $Q_{HVref}$  za željene vrednosti parametara regulacije  $V_{HVref}$  i  $X_{droopSPP}$  i procenjeno  $X_{net}$  a prema vrednostima napona  $V_{HV}$  i



reaktivne snage  $\Sigma Q_i$  u prethodnoj radnoj tački i tako izračunatu vrednost  $Q_{HVref}$  prosleđuje na ulaz Q regulatora kao:

$$Q_{HVref} = f(\Sigma Q_i, V_{HVref}, V_{HV}, X_{net}, X_{droopSPP}) \quad (2)$$

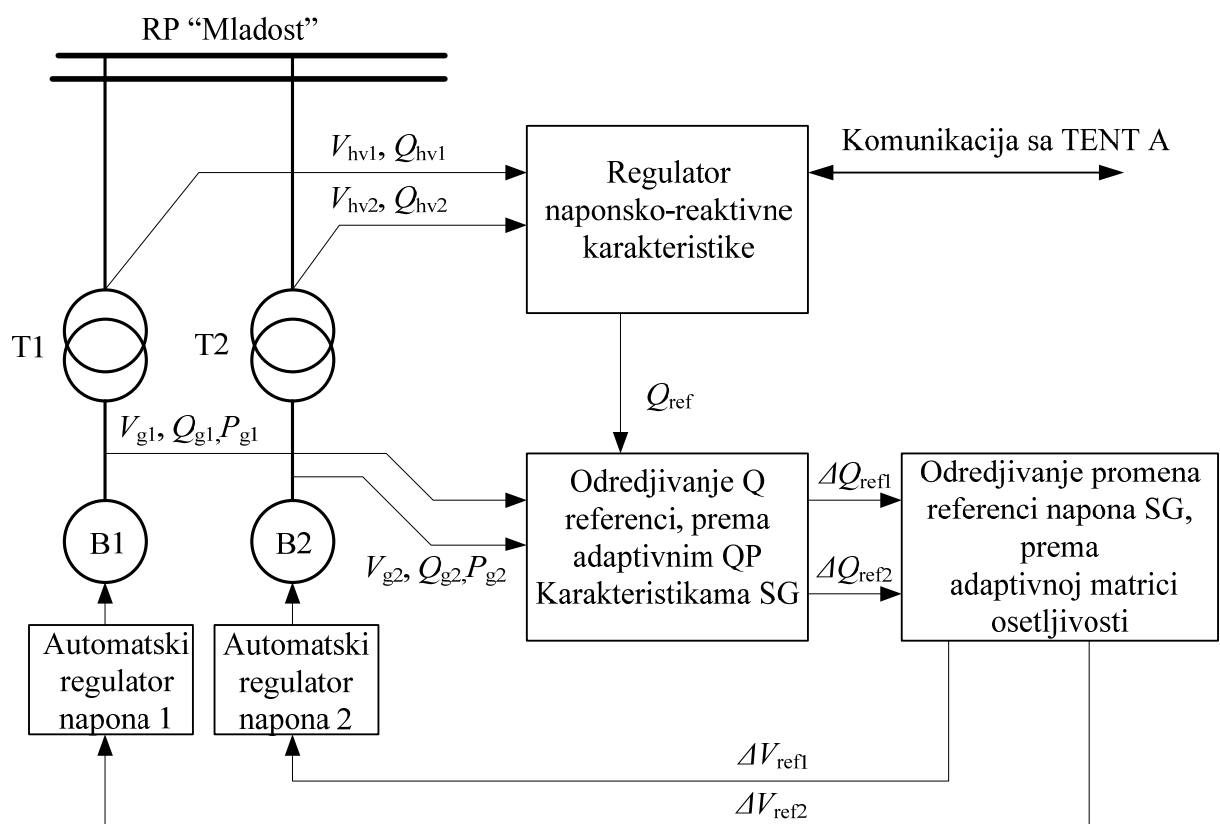
Blok šema regulatora napona VN sabirnica prikazana je na Sl. . Ulazi u regulator napona VN sabirnica su  $V_{HV}$ ,  $V_{HVref}$  i  $X_{droopSPP}$  i procenjeno  $X_{net}$ , a izlaz je izračunato  $Q_{HVref}$ .

#### 4.1.3 Regulator reaktivne snage

Regulator reaktivne snage je centralni deo uređaja GRPRS koji održava zahtevanu reaktivnu snaga elektrane ( $Q_{HV}$ ) raspodeljenu među generatorima u paralelnom radu prema reaktivnim rezervama generatora.

#### 4.1.4 Mrtva zona

U algoritam upravljanja GRPRS je uvedena mrtva zona po svim promenljivim veličinama od značaja,  $V_{HV}$ ,  $Q_{HV}$  i ravnomernoj raspodeli  $Q_{HV}$ . Mrtva zona je uvedena u cilju sprečavanja nepotrebne odrade GRPRS kada je odstupanje posmatrane promenljive reda veličine koraka GRPRS. Mrtva zona ne utiče na dinamiku i kvalitet rada GRPRS. Vrednosti mrtve zone po naponu  $V_{HV}$  iznosi 1kV i po reaktivnoj snazi  $Q_{HV}$  7 Mvar.

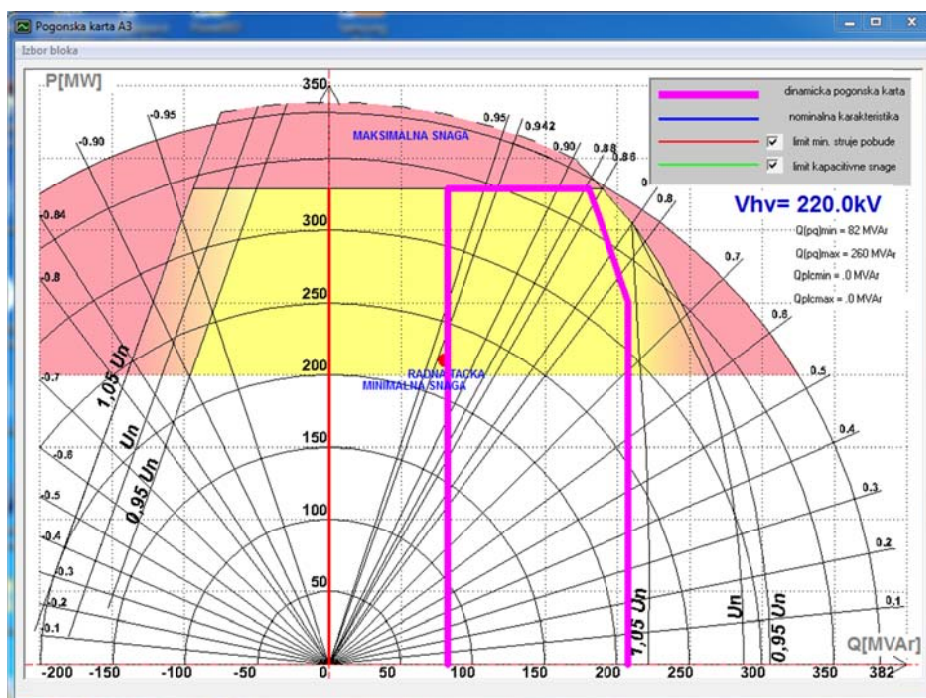


Sl. 3 Blok šema GRPRS

## 4.2 Objašnjenje unapređenja tehničkog rešenja

Ovim rešenjem prevazilazi se jedan od glavih nedostataka prethodnih realizacija i to da SRN dopušta samo delimično sagledavanja operativnih ograničenja. Na primer, kontinualno merenje/pracenje dopuštenih napona u sistemu ili sagledavanje operativnih ograničenja generatora i njegovog okruženja.

Uređaj GRPRS meri napon, aktivnu i reaktivnu snagu na niskonaponskoj strani blok-transformatora i na visokonaponskoj strani blok transformatora tj. u tački priključenja bloka na prenosnu mrežu. Ekspertski sistem vrši detekciju oblasti dozvoljenih reaktivnih snaga generatora u realnom vremenu na osnovu višekriterijumske funkcije (dozvoljena radna oblast prema pogonskom dijagramu i aktuelnoj radnoj tački, vrednost napona na krajevima generatora i uticaj napona na VN sabirnicama na ograničenja raspoložive reaktivne snage) i generiše adaptivni pogonski dijagram u posmatranoj radnoj tački, sl. 4. Na osnovu adaptivnog pogonskog dijagrama svih generatora i njihovih radnih tački računa u datom trenutku realno raspoloživ reaktivni opseg cele elektrane. U realnom vremenu dostavlja operatoru prenosnog sistema sve parametre elektrane koje su bitne za regulaciju napona u sistemu i obezbeđivanje dinamičke reaktivne podrške i to su: ukupno predata reaktivna snaga na tački priključenja elektrane na prenosnu mrežu, ukupna raspoloživa minimalna i maksimalna reaktivna snaga koju elektrana može da preda mreži u datoj radnoj tački prenosnog sistema. S obzirom da dva ugeđaja, GRRS koji je instaliran u Termoelektranu „ Nikola Tesla A“ (u radu od 2011. godine) i GRPRS (unapređeno rešenje) koji je ugrađen u Termoelektranu „ Nikola Tesla B“, upravljaju sa skoro trećinom ukupnih Mvar (800Mvar) koji su generisani u prenosnoj mreži Srbije dodatni stepeni sigurnosti su realizovani iz razloga sigurnosti i bezbednosti elektroenergetskog sistema. U okviru same hardverske strukture GRPRS realizovano je više nivoa rezerve (redudanse) i to:



Sl. 4 Adaptivni pogonski dijagram generatora u posmatranoj radnoj tački u prenosnoj mreži

- redundansa u strukturi regulacione jedinice,
- redundansa na nivou napajanja,
- redundansa na nivou digitalnih ulaznih signala,
- redundansa na nivou mernih prevarača, i
- redundansa fizičkih merenja.

#### **4.2.1 Redudansa u strukturi GRPRS regulatora**

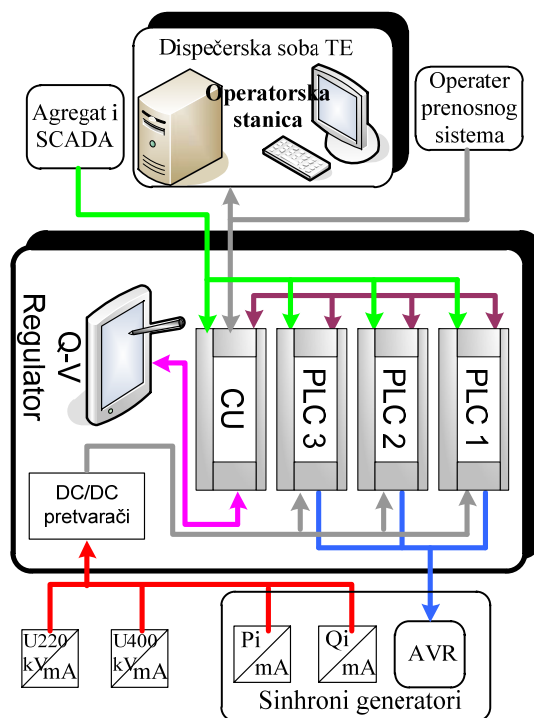
Grupni regulator reaktivne snage i pobude (Sl. 5) je realizovan kao dve celine :

1. Centralna regulaciona jedinica (realizovane kao redundantni sistem), smeštena u prostoriji opšte grupe, na nivou 8 m (Sl. 2).
2. Operatorske stanice u vidu personalnog računara smeštenog na komandnom stolu u prostoriji zajedničke komande.

Centralna jedinica je realizovana na programabilnom logičkom kontroleru (PLC) sa trostrukom redundansom. Svaka PLC konfiguracija se sastoji od napojne jedinice, centralne procesorske jedinice (CPU), jedne 16 bitne digitalnih ulaza, jedne 16 bitne jedinice digitalnih izlaza, dve jedinice analognih ulaza sa po 8 analognih ulaza izolovana galvanski u grupama od po 4 ulaza i jedne komunikacione jedinice. Dodatna PLC konfiguracija je primenjena kao komunikaciona jedinica (CU) i služi kao interfejs centralne jedinice ka operatorskoj stanici u dispečerskoj sobi elektrane, akvizicionim sistemima blokova B1 i B2, GRPRS u TENT A i po potrebi dispečerskom centru nacionalnog operatera prenosnog sistema. Za ove svrhe na raspolaganju je Ethernet komunikacioni moduli. Trostruka redundansa je realizovana kao „Triple modular redundancy form“ sistem sa tolerancijom greške kod koga i) tri kontrolna sistema izvršavaju proces (PLCi); ii) rezultat se obrađuje kroz „sistem glasanja“ (CU) i dobija se jedinstveni izlaz. Ako dođe do greške na jednom od tri kontrolna sistema (PLCi), preostala dva sistema će korigovati i maskirati grešku. Ako dođe do greške na CU na kome se izvršava „glasanje“ ceo sistem će ući u grešku. Glasanje je u ovom slučaju primenjeno na CU jedinici. Tri nezavisna kontrolna sistema obezbeđuju redundansu na nivou regulacije čiji je osnovni cilj sprečavanje prosljeđivanje pogrešnog dejstva ka generatorima (TENT B značajno utiče na naponske profile u sistemu). Prestanak rada celog uređaja zbog kvara, sa aspekta sistema i elektrane, nije kritičan i ne izaziva nikakav prelazni proces.

Sve funkcije GRPRS su implementirane na centralnoj jedinici Svi ulazni i izlazni signali dovode se u orman u kome je smeštena centralna jedinica. Jednopolne šeme povezivanja uređaja GRPRS sa generatorima B1 i B2 date su u prilogu

Koncepcija uređaja treba da obezbedi da se uređaj može uklopiti i u elektrane sa implementiranim savremenim tehničkim sistemima upravljanja i bez njih.



Sl. 2 Konstrukcija GRPRSa

#### 4.2.2 Redundansa na nivou napajanja

Predviđeno je višestrano napajanje GRPRS uređaja i to: naponom 220VAC, 220VDC, sa bloka B1 i 220VDC sa izvoda opšte grupe, sl. 6. Redundansom napajanja je obezbeđeno sigurno napajanje uređaja u slučaju kvara na različitim delovima napojnih grupa i za slučajeve redovnih godišnjih remonata.

#### 4.2.3 Redundansa na nivou digitalnih ulaznih signala

Informacije o položaju mrežnih i generatorskih prekidača uvode se direktno sa opreme, pomoću žičanih veza, iz razloga sigurnosti i pouzdanosti, sl. 7. U algoritmu GRPRS se proverava usklađenost digitalnih signala.

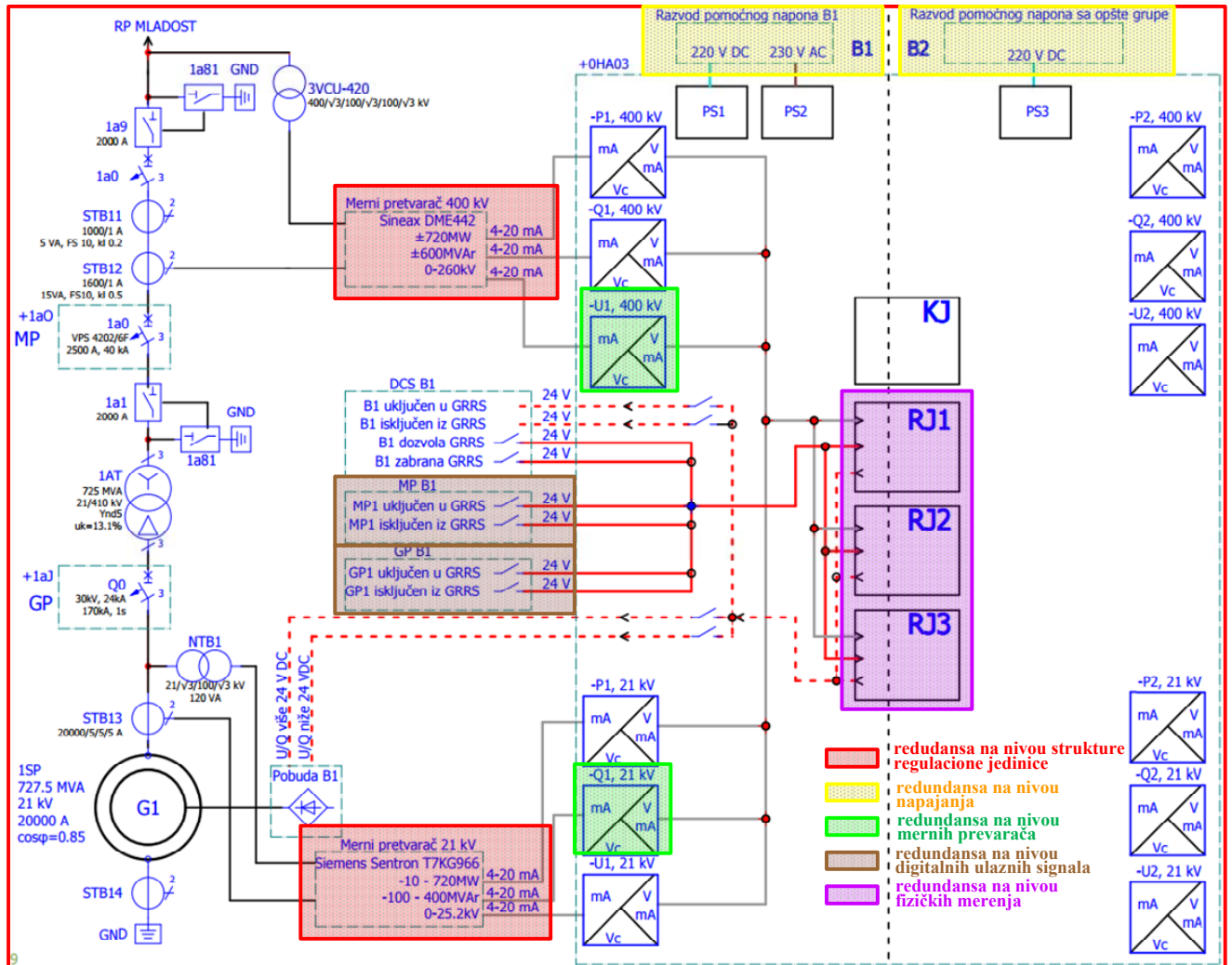
#### 4.2.4 Redundansa na nivou mernih prevarača

Sva merenja koja direktno učestvuju u krugovima regulacije uvode se u redundantne merne pretvarače, sl. 6. Otkaz mernih pretvarača unutar samog uređaja ne dovodi do izdavanja pogrešnih izlaznih signala.

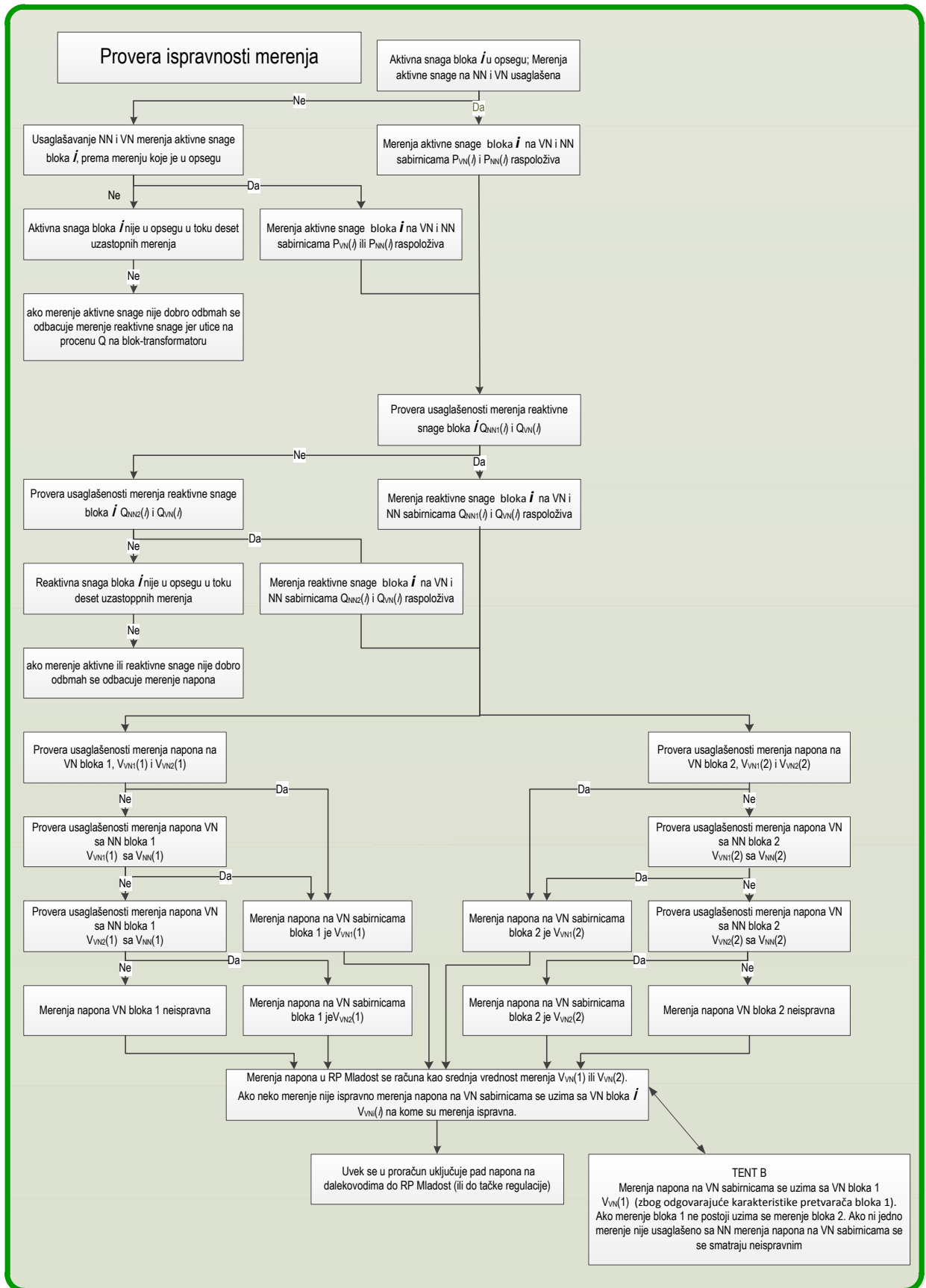
#### 4.2.5 Redundansa fizičkih merenja.

S obzirom da uređaj GRPRS vrši regulaciju mernih signala koji ulaze kao slike stvarnih vrednosti fizičkih veličina, svaka greška i kvar na izvornom mernom pretvaraču ili prekid mernog kola mogu dovesti do značajnih variranja generisanih Mvar na generatorima, pomeranja radnih tačaka generatora, izmenu napona u tački priključenja. GRPRS upravlja sa raspoloživih 800Mvar pri maksimalnoj aktivno snazi i redundansa je realizovana u smislu da se minimizuje mogućnost greške u upravljanju. Da bi se sprečile reagovanje GRPRS pri greškama u merenju ulaznih signala merenja su realizovana sa redundankom.

Sva fizička merenja koja ulaze u GPRS uzimaju sa sa mernih mesta na niskonaponskom nivou (NN) i visokonaponskom nivou (VN) u tački priključenja bloka na prenosni sistem, sl. 6. U okviru algoritma GRPRS razvijene su procedure za proveru konzistentnosti merenja. Algoritam je prikazan na sl. 7.



Sl. 6 Jednopolna šema povezivanja uređaja GRPRS u polju bloka 1 u Termoelektrani "Nikola Tesla B" sa realizovanim nivoima redundanse.



Sl.6 Algoritam provere ispravnosti merenja koji je realizovan u GRRS TENT B