

# Testiranje usaglašenosti rada proizvodnih objekata

2018. godina

## Sadržaj

1	UVOD .....	1
2	OPĆI USLOVI .....	2
2.1	Obaveze NOSBiH-a .....	2
2.2	Obaveze korisnika .....	3
2.3	Realizacija ispitivanja.....	3
3	TESTOVI USAGLAŠENOSTI RADA ELEKTRANA SINHRONO POVEZANIH NA MREŽU .....	5
3.1	UPRAVLJANJE AKTIVNOM SNAGOM .....	6
3.1.1	Test neosjetljivosti regulatora brzine .....	6
3.1.2	Test mrtve zone i statizma primarne regulacije frekvencije .....	7
3.1.3	Test rezerve primarne regulacije frekvencije .....	10
3.1.4	Test sekundarne regulacije frekvencije i snaga razmjene .....	11
3.2	REGULACIJA NAPONA.....	12
3.2.1	Test reaktivnih mogućnosti generatora .....	12
3.2.2	Test pobudnog sistema, generator u praznom hodu.....	14
3.2.3	Test pobudnog sistema, generator pod opterećenjem .....	15
3.2.4	Test limitera podpobude .....	16
3.2.5	Test limitera nadpobude .....	17
3.3	STABILIZATOR EES-a .....	18
3.3.1	Test stabilizatora EES-a.....	18
3.4	BLACK START .....	19
3.4.1	Test black starta .....	19
3.5	RAD PROIZVODNE JEDINICE U IZOLOVANOM REŽIMU .....	20
3.5.1	Test rasterećenja generatorske jedinice .....	20
3.6	STABILNOST RADA U POREMEĆENIM REŽIMIMA (LOW VOLTAGE RIDE THROUGH - LVRT).....	21
3.6.1	Ispitivanje sposobnosti prolaska kroz stanje kvara/propada napona .....	21
4	TESTOVI USAGLAŠENOSTI RADA ENERGETSKIH PARKOVA .....	22
4.1	UPRAVLJANJE AKTIVNOM SNAGOM .....	22
4.1.1	Preduslovi .....	22
4.1.2	Opće.....	22
4.1.3	Upravljanje aktivnom snagom.....	23
4.1.4	Regulacija frekvencije.....	23
4.1.5	Test pokretanja i brzine promjene snage (ramp rate) .....	24
4.2	REGULACIJA NAPONA.....	25
4.2.1	Preduslovi .....	25

4.2.2	Automatska regulacija napona.....	26
4.2.3	Automatska regulacija prema zadatoj reaktivnoj snazi .....	27
4.2.4	Automatska regulacija prema zadatom faktoru snage .....	28
4.2.5	Test reaktivnih mogućnosti energetskog parka .....	29
4.3	STABILNOST RADA U POREMEĆENIM REŽIMIMA (LOW VOLTAGE RIDE THROUGH – LVRT) .....	30
4.3.1	Ispitivanje sposobnosti prolaska kroz stanje kvara/propada napona.....	30
4.4	KVALITET ELEKTRIČNE ENERGIJE .....	32
4.4.1	Ispitivanje kvaliteta električne energije .....	32
5	SIGNALI, KOMUNIKACIJA I UPRAVLJANJE .....	35
5.1.1	Svrha testova .....	35
5.1.2	Obim signalizacije, komunikacije i upravljanja .....	35
5.1.3	Mjerni instrumenti .....	35
5.1.4	Preduslovi .....	36
5.1.5	Kriterijumi za ocjenu rezultata testa .....	37
5.1.6	Lista signala #1 iz upravljive elektrane .....	37
5.1.7	Lista signala #2 iz upravljive elektrane .....	37
5.1.8	Lista signala #3 iz upravljive elektrane .....	38
5.1.9	Lista signala #4 iz upravljive elektrane .....	38
5.1.10	Lista signala #5 iz upravljive elektrane .....	38
6	Literatura .....	39

## 1 UVOD

U skladu sa odredbama Mrežnog kodeksa BiH kao i ENTSO-E pravilnika o priključenju proizvodnih objekata (ENTSO-E Network Code for Requirements for Grid Connection Applicable to all Generators) definisana je obaveza testiranja usaglašenosti rada proizvodnih objekata sa zahtijevanim tehničkim uslovima priključenja u sklopu procedure puštanja u rad novih proizvodnih objekata, u slučaju promjene tehničkih parametara postojećih proizvodnih objekata ili u sklopu redovnog testiranja tokom eksploatacionog vijeka proizvodnog objekta.

U okviru ovog dokumenta, NOSBiH definiše opće i *tehničke uslove za testiranje usaglašenosti rada proizvodnih objekata* sa zahtjevima iz Mrežnog kodeksa BiH i ENTSO-E pravilnika o priključenju proizvodnih objekata (ENTSO-E Network Code for Requirements for Grid Connection Applicable to all Generators).

Provođenje testiranja prema navedenim uslovima ima za cilj da obezbijedi siguran plasman proizvodnje novog proizvodnog objekta kao i sigurnost rada EES-a BiH.

Opći i tehnički uslovi za provjeru usaglašenosti rada proizvodnih objekata moraju obuhvatiti sve važeće odredbe Mrežnog kodeksa BiH, Pravilnika o priključku u dijelu koji se odnosi na priključak korisnika na prijenosnu mrežu kao i ENTSO-E pravilnika o priključenju proizvodnih objekata (ENTSO-E Network Code for Requirements for Grid Connection Applicable to all Generators).

Osnovni cilj izrade općih i tehničkih uslova za provjeru usaglašenosti rada proizvodnih objekata je specifikacija svih testova koje je neophodno provesti na terenu kao i kriterijuma za ocjenu rezultata testova, na osnovu kojih je moguće utvrditi da li novi proizvodni objekat ispunjava sve tehničke uslove za priključenje na prijenosni sistem BiH.

Dodatno, navedeni uslovi za provjeru usaglašenosti rada proizvodnih objekata propisuju zasebne uslove za ispitivanje konvencionalnih proizvodnih objekata sinhrono povezanih na prijenosnu mrežu (hidroelektrane i termoelektrane) kao i energetskih parkova (solarne i vjetro elektrane) uvažavajući specifičnosti njihovog rada.

## 2 OPĆI USLOVI

Provjera usaglašenosti rada proizvodnog objekta se obavlja u toku probnog rada za nove proizvodne objekte (prije izdavanja konačne dozvole za priključenje), ali i kroz redovno testiranje koje NOSBiH može zatražiti u toku čitavog eksploatacionog vijeka proizvodnog objekta.

### 2.1 Obaveze NOSBiH-a

Dužnosti i obaveze NOSBiH-a u procesu testiranja usaglašenosti rada proizvodnih objekata su:

- izdavanje Zahtjeva za provođenje testova usaglašenosti rada proizvodnog objekta koje će provesti korisnik u toku probnog rada za nove proizvodne objekte,
- izdavanje Zahtjeva za provođenje testova usaglašenosti rada proizvodnog objekta koje će provesti korisnik periodično u skladu sa planovima testiranja, nakon poremećaja u postrojenju ili nakon izmjene tehničkih parametara,
- definisanje javno dostupne liste dokumenata koje mora dostaviti svaki korisnik u cilju dokazivanja usaglašenosti rada proizvodnog objekta.

Lista dokumenata mora obuhvatiti sljedeće:

- spisak neophodne tehničke dokumentacije i sertifikata proizvoda koje korisnik mora dostaviti prije početka testiranja,
- tehničku dokumentaciju proizvodnog objekta koja je relevantna za priključenje na prijenosni sistem,
- zahtjeve za dostavljanjem validiranih simulacionih modela za studije statičke i dinamičke stabilnosti (simulacioni modeli čiji je odziv provjeren preko odziva dobijenih u toku mjerenja na terenu),
- zahtjeve vezane za ovlaštenu kompaniju koja može provoditi testiranje usaglašenosti rada proizvodnih objekata,
- zahtjeve za izradu elaborata o testiranju usaglašenosti rada proizvodnog objekta i dostavljanje svih neophodnih podataka prikupljenih u procesu testiranja,
- uslove vezane za eventualno korištenje važećih sertifikata izdatih od ovlaštenih kompanija umjesto provođenja određenih testova usaglašenosti,
- definirane uslove koji se odnose na raspodjelu odgovornosti između NOSBiH-a i korisnika u procesu testiranja, vršenju simulacija i poslova nadzora nad procesom testiranja
- učešće i nadzor u provođenju testova i snimanje odziva u toku testiranja proizvodnog objekta.

NOSBiH može, djelimično ili u cijelosti, prepustiti nadzor trećem licu. U tom slučaju NOSBiH mora osigurati potpisivanje odgovarajućeg Ugovora o povjerljivosti podataka sa angažovanom kompanijom.

## 2.2 Obaveze korisnika

Dužnosti i obaveze korisnika:

- Korisnik mora obavijestiti NOSBiH o svim izmjenama tehničkih parametara koje mogu uticati na usaglašenost sa zahtjevima Mrežnog kodeksa.
- Korisnik mora obavijestiti NOSBiH i o svim incidentima unutar njegovog postrojenja koji mogu uticati na usaglašenost proizvodnog objekta sa Mrežnim kodeksom.
- Korisnik mora dostaviti ispitni protokol sa detaljnim opisom procedure testiranja u skladu sa uslovima definisanim u okviru ovog dokumenta nakon što od NOSBiH-a dobije Zahtjev za provođenje testova usaglašenosti rada. Ispitni protokol sa detaljnim opisom procedure testiranja mora biti dostavljen NOSBiH-u na odobrenje najmanje 30 dana prije predviđenog početka testiranja.
- Korisnik je odgovoran za obavljanje svih neophodnih testova za provjeru usaglašenosti rada proizvodnog objekta koje je definisao NOSBiH.
- Korisnik je odgovoran za bezbjednost osoblja i postrojenja tokom obavljanja testova za provjeru usaglašenosti.
- Korisnik predstavnicima NOSBiH-a mora omogućiti da učestvuju u testovima za provjeru usaglašenosti, na terenu ili daljinski, iz nadležnog dispečerskog centra.
- Korisnik mora da obezbijedi odgovarajuću opremu za snimanje svih relevantnih signala i mjerenja, kao i raspoloživost nadležnog operativnog osoblja za sve vrijeme trajanja testiranja. U slučaju da NOSBiH za određeni test želi da koristi svoju opremu za mjerenje i snimanje odziva, korisnik mora učiniti dostupnim sve potrebne signale.

## 2.3 Realizacija ispitivanja

NOSBiH podnosi Zahtjev za provođenje testova usaglašenosti rada proizvodnog objekta u toku probnog rada novog proizvodnog objekta odnosno u slučajevima nakon izmjene tehničkih parametara ili planiranog redovnog testiranja usaglašenosti. Zahtjev za provođenje testova usaglašenosti rada proizvodnog objekta mora sadržavati sve opće i tehničke uslove koje korisnik mora da ispuni u procesu testiranja usaglašenosti.

Nakon dobijanja Zahtjeva za provođenje testova usaglašenosti rada proizvodnog objekta korisnik je dužan da u propisanom roku NOSBiH-u dostavi na odobrenje detaljan ispitni protokol prema kojem će vršiti ispitivanja u skladu sa općim i tehničkim uslovima definisanim u ovom dokumentu.

Nakon što NOSBiH usvoji dostavljeni ispitni protokol, korisnik podnosi zahtjev za određivanje datuma početka provođenja ispitnog protokola. Ovaj zahtev se dostavlja minimalno 10 dana prije predloženog datuma testiranja. Uz zahtjev za početak testiranja korisnik mora dostaviti svu zahtijevanu tehničku dokumentaciju i sertifikate.

NOSBiH će se konsultovati sa nadležnim licima kako bi osigurao raspoloživost osoblja neophodnog za predloženi datum testiranja. Ukoliko potrebno osoblje nije raspoloživo na datum koji je predložio korisnik, NOSBiH će nastojati da datum početka testiranja prilagodi mogućnostima svih uključenih subjekata. Prilikom određivanja tačnog datuma početka testiranja potrebno je izvršiti i provjeru vremenskih uslova za predloženi datum testiranja, imajući u vidu da nepovoljne vremenske prilike (npr. za test energetskog parka to mogu biti nezadovoljavajući uslovi vjetra/sunca prema raspoloživoj prognozi) mogu uticati na rezultate testiranja.

NOSBiH zadržava pravo da otkáže ili odloži testiranje zbog sigurnosti rada sistema, bilo u kom trenutku prije ili tokom testiranja.

Prije početka ispitivanja neophodno je da odgovorne osobe NOSBiH-a i korisnika razmijene kontakte ovlaštenih osoba koje će biti primarne osobe odgovorne za razmjenu informacija i saradnju NOSBiH-a i korisnika tokom sprovođenja ispitnog protokola, ukoliko uključeni subjekti nisu naveli drugačije.

#### **Dan izvršavanja ispitnog protokola:**

Korisnik će kontaktirati odgovorne osobe iz NOSBiH-a najmanje 30 minuta prije vremena dogovorenog za početak testiranja kako bi bila potvrđena raspoloživost osoblja na terenu za početak testa. Predstavnici NOSBiH-a će prisustvovati testiranju na lokaciji, osim ukoliko je dogovoreno drugačije. Predstavnici NOSBiH-a će sarađivati sa operatorima u nadležnim centrima upravljanja proizvodnjom kao i sa osobljem na terenu kako bi koordinisali testiranje.

Koordinator testiranja (predstavnik korisnika) predstavnicima NOSBiH-a mora dostaviti rezultate testova (u štampanom i elektronskom formatu) sa svim podacima i graficima u „sirovom“ obliku. Grafički prikaz i obradu podataka izvršit će koordinator testiranja i ona će biti sastavni dio dokumentacije o ispitivanju usaglašenosti rada predmetne elektrane sa uslovima Mrežnog kodeksa BIH.

Korisnik je obavezan da pripremi elaborat o svim provedenim testovima izvedenim na elektrani, u kojem će integrisati sve rezultate prikupljene tokom testova, kao i podatke iz kojih su rezultati izvedeni. Na osnovu zaključaka ovog elaborata NOSBiH ocjenjuje rezultate testiranja usaglašenosti.

U okviru tehničkih uslova za testiranje usaglašenosti u ovom dokumentu nabrojani su neophodni mjerni instrumenti (sa potrebnim standardom tačnosti i rezolucijom mjerenja) koje mora obezbijediti korisnik. U slučaju da zahtijevana instrumentacija ne postoji ili se utvrdi da preciznost instrumenata nije u skladu sa standardima mjerenja zadatih veličina, test automatski dobija negativnu ocjenu.

Svi proizvodni objekti moraju izvršiti sve testove navedene u ovom dokumentu, osim ukoliko NOSBiH nije drugačije formalno naznačio.

Na dan testiranja korisnik mora da obezbijedi tehničko osoblje odgovarajućih kvalifikacija za učešće u realizaciji testova. Tehničko osoblje mora poznavati način funkcionisanja elektrane i njene karakteristike u odnosu na prienosnu mrežu na koju je povezana. Tehničko osoblje mora biti osposobljeno za podešavanje parametara upravljačkih sistema elektrane. Pored toga, tehničko osoblje korisnika mora komunicirati i sarađivati sa dispečerskim centrima NOSBiH-a i dispečerskim centrima nadležnog centra upravljanja proizvodnjom tokom testiranja, sa kojim donosi odluke:

- Da li su uslovi u prienosnoj mreži zadovoljavajući za nastavak testiranja?
- Koji testovi će biti izvršeni?
- Kada će testovi biti izvršeni?

Raspoloživost osoblja dispečerskog centra NOSBiH-a kao i dispečerskog centra nadležnog centra upravljanja proizvodnjom neophodna je zbog davanja potrebnih instrukcija tokom testiranja.

### **3 TESTOVI USAGLAŠENOSTI RADA ELEKTRANA SINHRONO POVEZANIH NA MREŽU**

U okviru ovog poglavlja definisani su tehnički uslovi za testiranje usaglašenosti rada elektrana sinhrono povezanih na prijenosnu mrežu (hidroelektrane i termoelektrane) sa uslovima iz Mrežnog kodeksa.

Zahtjevi NOSBiH-a za testiranje elektrana sinhrono povezanih na prijenosnu mrežu podijeljeni su u sljedeće sekcije:

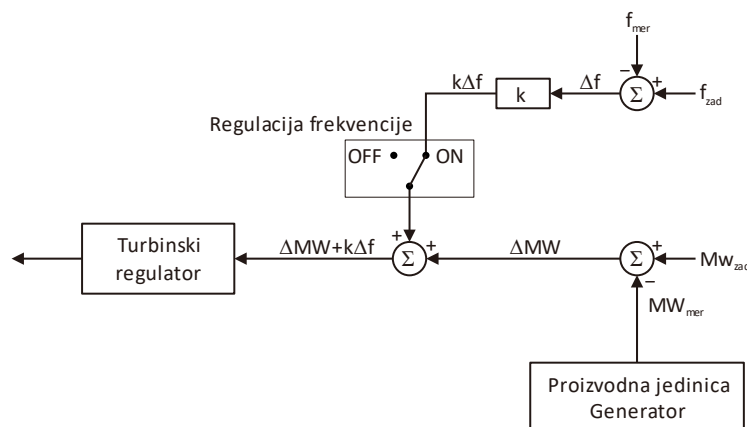
- Upravljanje aktivnom snagom,
- Regulacija napona,
- Stabilizator EES-a,
- Black start,
- Rad proizvodne jedinice u izolovanom režimu,
- Rad proizvodne jedinice u poremećenim režimima,
- Signali, komunikacija i upravljanje,
- Ostali neophodni testovi u skladu sa zahtjevima Mrežnog kodeksa BiH i ENTSO-E pravilnika o priključenju proizvodnih objekata.

Nakon uspješno provedenih verifikacionih ispitivanja, obaveza korisnika (ili lica koje je korisnik ovlastio) je da pažljivo demontira sve privremeno postavljene uređaje i vrati sva podešenja (sistema zaštite, sistema lokalnog i daljinskog upravljanja, sistema monitoringa) na standardne operativne vrijednosti primjerene trajnom pogonu koje je odobrio NOSBiH te da o završetku tih aktivnosti obavijesti NOSBiH i eventualne ostale korisnike.



### 3.1 UPRAVLJANJE AKTIVNOM SNAGOM

Grupa testova vezanih za upravljanje aktivnom snagom zahtijeva uvođenje signala željene frekvencije u regulator brzine ispitivane proizvodne jedinice, umjesto mjerene vrijednosti frekvencije sistema.



Slika 3.1: Ilustracija dijela regulatora brzine

Cilj je upravljanje vrijednošću regulacione greške po kanalu frekvencije ( $\Delta f$ ), što se može postići:

1. promjenom postavne vrijednosti frekvencije ( $f_{zad}$ ),
2. injektiranjem signala željene frekvencije u sabirač u kanalu frekvencije,
3. zamjenom signala mjerene frekvencije ( $f_{mer}$ ) signalom željene frekvencije.

Zbog eliminacije uticaja varijacije frekvencije sistema na rezultate i što realnije simulacije promjene frekvencije sistema, za test se preporučuje korištenje opcije 3. Samo u tom slučaju postoji mogućnost zadavanja tačne vrijednosti regulacione greške po kanalu frekvencije.

#### 3.1.1 Test neosjetljivosti regulatora brzine

##### 3.1.1.1 Svrha testa

Svrha testa je određivanje neosjetljivosti turbinskog regulatora u režimu regulacije frekvencije na promjene frekvencije u elektronergetsom sistemu.

Prema odredbama Mrežnog kodeksa, neosjetljivost regulatora brzine ne smije biti veća od  $\pm 10$  mHz.

##### 3.1.1.2 Mjerni instrumenti

Podaci koje treba snimati tokom testa:

- aktivna snaga na priključcima generatora, u MW,
- zadata vrijednost snage turbinskog regulatora, u MW,
- zadata vrijednost frekvencije turbinskog regulatora, u Hz,
- ugaona brzina generatora, u ob/min,
- simulirana vrijednost učestalosti koja se uvodi u turbinski regulator, u Hz,
- lista alarma registrovanih tokom izvođenja testa, (registrovanje na listi alarma u DCS-u).

Potrebno je da rezolucija snimanja svih mjerenja bude manja od ili jednaka 1 s.

### 3.1.1.3 Preduslovi

Prije početka testa treba isključiti mrtvu zonu regulatora brzine.

Test neosjetljivosti regulatora brzine izvodi se pri angažovanju proizvodne jedinice u sljedećem okolnosima:

- proizvodnja minimalne aktivne snage,
- 75% registrovanog kapaciteta proizvodne jedinice.

Prije izvođenja testa neosjetljivosti turbinskog regulatora treba ispuniti sljedeće uslove:

- Ovlašteni predstavnici NOSBiH-a i korisnika su usaglasili Dnevni plan rada u skladu sa očekivanim promjenama snage tokom testa.
- Angažovanje proizvodne jedinice je usaglašeno sa Dnevnim planom rada.
- Turbinski regulator radi u režimu regulacije frekvencije.
- Zadana vrijednost frekvencije turbinskog regulatora iznosi 50 Hz.
- Mrtva zona turbinskog regulatora treba biti isključena.

### 3.1.1.4 Kriterijumi za ocjenu rezultata testa

Test neosjetljivosti regulatora brzine smatra se uspješnim ukoliko je ispunjen uslov da izmjerena vrijednost neosjetljivosti nije veća od  $\pm 10$  mHz.

## 3.1.2 Test mrtve zone i statizma primarne regulacije frekvencije

### 3.1.2.1 Svrha testa

Svrha testa je utvrđivanje usaglašenosti podešene i mjerene vrijednosti statizma regulatora brzine agregata proizvodne jedinice.

Svrha testa je utvrđivanje usaglašenosti:

- podešenih i mjerenih vrijednosti mrtve zone i statizma,
- podešenih vrijednosti mrtve zone i statizma sa zahtjevima iz Mrežnog kodeksa.

### 3.1.2.2 Mjerni instrumenti

Podaci koje treba snimati tokom testa:

- aktivna snaga na priključcima generatora, u MW,
- zadana vrijednost frekvencije turbinskog regulatora, u Hz,
- ugaona brzina generatora, u ob/min,
- simulirana vrijednost učestalosti koja se uvodi u turbinski regulator, u Hz,
- lista alarma registrovanih tokom izvođenja testa, (registrovanje na listi alarma u DCS-u).

Potrebno je da rezolucija snimanja svih mjerenja bude manja od ili jednaka 1 s.

### 3.1.2.3 Preduslovi

Regulator se, za potrebe testa, prebacuje u režim regulacije snage. Prije početka mjerenja, predstavnici NOSBiH-a i proizvođača EE treba da usaglase angažovanje proizvodne jedinice tokom testa (izabrana snaga). Izabrana snaga mora biti u opsegu od  $P_{\min} + 0.1 P_n$  do  $0.9 P_n$ .

Statizam regulatora brzine treba uskladiti sa zahtjevima iz Mrežnog kodeksa:

- između 3% i 4% za hidro proizvodne jedinice,
- između 4% i 6% za termo proizvodne jedinice.

Prije početka testa treba:

- provjeriti podešenu vrijednost mrtve zone regulatora brzine i po potrebi je usaglasiti sa zahtjevima Mrežnog kodeksa,
- zabilježiti podešenu vrijednost statizma turbinskog regulatora ( $s_p$  u %),
- zabilježiti podešenu vrijednosti mrtve zone ( $\epsilon$  u Hz).

Prije izvođenja testa mrtve zone i statizma turbinskog regulatora treba ispuniti sljedeće uslove:

- Ovlašteni predstavnici NOSBiH-a i korisnika trebaju usaglasiti vozni red u skladu sa očekivanim promjenama snage tokom testa.
- Angažovanje proizvodne jedinice treba biti usaglašeno sa voznim redom,
- Turbinski regulator mora raditi u režimu regulacije frekvencije.
- Zadana vrijednost frekvencije turbinskog regulatora mora biti 50 Hz.
- Statizam turbinskog regulatora ( $s_p$ ) treba biti usklađen sa zahtjevima iz Mrežnog kodeksa.
- Mrtva zona turbinskog regulatora ( $\epsilon$ ) je usklađena sa zahtjevima iz Mrežnog kodeksa.

Prema Mrežnom kodeksu, maksimalna dozvoljena vrijednost mrtve zone iznosi 50 mHz.

### 3.1.2.4 Kriterijumi za ocjenu rezultata testa

Na osnovu rezultata testa treba formirati dijagram (Slika 3.2).

Test mrtve zone i statizma primarne regulacije frekvencije smatra se uspješnim ukoliko su ispunjeni sljedeći uslovi, za oba smjera promjene frekvencije:

- usaglašenost izmjerene i podešene vrijednosti mrtve zone ( $\epsilon$ ),
- usaglašenost izmjerene i podešene vrijednosti uz zadovoljen uslov (linearnost)::

$$100 \cdot \left| \frac{s_{p,mer} - s_{p,pod}}{s_{p,max}} \right| \leq 5\%$$

gdje je:

$s_{p,mer}$  - mjerena vrijednost stalnog statizma, u %

$s_{p,pod}$  - podešena vrijednost stalnog statizma, u %

$s_{p,max}$  - maksimalno moguća vrijednost podešenja stalnog statizma, u %.

#### Napomena:

Mjerena vrijednost statizma se određuje prema jednačini:

$$s_{p,mer} [\%] = \frac{\frac{\Delta f}{f_n}}{\frac{\Delta P}{P_n}} \cdot 100$$

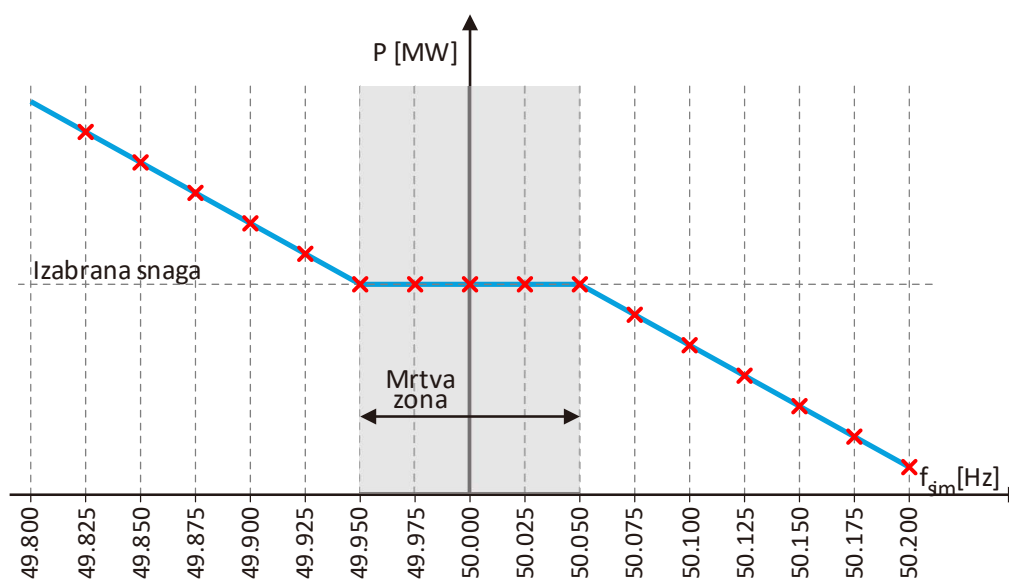
gde je:

$\Delta f$  - promjena frekvencije umanjena za vrijednost mrtve zone, u Hz

$f_n$  - nominalna frekvencija sistema, u Hz

$s_p$  - stalni statizam turbinskog regulatora, u %

$P_n$  - nominalna aktivna snaga proizvodne jedinice, u MW.



Slika 3.2: Određivanje statizma regulatora brzine agregata

### 3.1.3 Test rezerve primarne regulacije frekvencije

#### 3.1.3.1 Svrha testa

Svrha testa je utvrđivanje sposobnosti proizvodne jedinice da učestvuje u radu primarne regulacije frekvencije.

Pored kriterijuma vezanih za primarnu regulaciju frekvencije koje propisuje Mrežni kodeks zahtijeva se da greška mjerenja sistemske frekvencije u regulatoru brzine agregata bude manja od 10 mHz.

#### 3.1.3.2 Mjerni instrumenti

Podaci koje treba snimati tokom testa:

- aktivna snaga na priključcima generatora, u MW,
- zadata vrijednost frekvencije turbinskog regulatora, u Hz,
- ugaona brzina generatora, u ob/min,
- simulirana vrijednost učestalosti koja se uvodi u turbinski regulator, u Hz,
- lista alarma registrovanih tokom izvođenja testa, (registrovanje na listi alarma u DCS-u).

Potrebno je da rezolucija snimanja svih mjerenja bude manja od ili jednaka 1 s.

#### 3.1.3.3 Preduslovi

Potrebno je da prije izvođenja testa rezerve primarne regulacije frekvencije budu ispunjeni sljedeći uslovi:

- Ovlašteni predstavnici NOSBiH-a i korisnika moraju usaglasiti vozni red u skladu sa očekivanim promjenama snage tokom testa.
- Angažovanje proizvodne jedinice mora biti usaglašeno sa voznim redom.
- Turbinski regulator radi u režimu regulacije frekvencije.
- Zadata vrijednost frekvencije turbinskog regulatora iznosi 50 Hz.
- Statizam turbinskog regulatora ( $s_p$ ) mora biti usklađen sa zahtjevima iz Mrežnog kodeksa.
- Mrtva zona turbinskog regulatora ( $\epsilon$ ) je usklađena sa zahtjevima iz Mrežnog kodeksa.

Prema Mrežnom kodeksu, maksimalna dozvoljena vrijednost mrtve zone iznosi 50 mHz.

#### 3.1.3.4 Kriterijumi za ocjenu rezultata testa

Test rezerve primarne regulacije frekvencije smatra se uspješnim ukoliko su ispunjeni sljedeći uslovi:

- Izmjerena vrijednost promjene snage (angažovana regulaciona rezerva) mora biti (približno) jednaka očekivanoj promjeni snage  $\Delta P$  uz dozvoljenu toleranciju od  $\pm 1\%$   $P_n$  nakon 30 s od trenutka poremećaja.
- Vrijeme aktiviranja regulacione rezerve mora biti usaglašeno sa zahtjevima iz Mrežnog kodeksa.
- Rezerva primarne regulacije proizvodnje mora biti angažovana u potpunosti 30 sekundi nakon poremećaja.

- Pri promjeni sistemske frekvencije za  $\pm 200$  mHz, mora biti angažovana cjelokupna rezerva primarne regulacije proizvodne jedinice.
- Inicijalno kašnjenje odziva proizvodne jedinice ne smije biti duže od 2 sekunde, [3].

Očekivana promjena snage (rezerva snage primarne regulacije frekvencije) se računa prema jednačini:

$$\Delta P = \frac{\frac{\Delta f}{f_n}}{\frac{s_p [\%]}{100}} \cdot P_n$$

gdje je:

- $\Delta f$  - promjena učestalosti umanjena za vrijednost neosjetljivosti regulatora, u Hz
- $f_n$  - nominalna frekvencija sistema, u Hz
- $s_p$  - stalni statizam turbinskog regulatora, u %
- $P_n$  - nominalna aktivna snaga proizvodne jedinice, u MW.

### 3.1.4 Test sekundarne regulacije frekvencije i snaga razmjene

#### 3.1.4.1 Svrha testa

Svrha testa je utvrđivanje sposobnosti proizvodne jedinice uključene u sekundarnu regulaciju frekvencije i snage razmjene da izvršava naloge dobijene iz (mrežnog regulatora) dispečerskog centra, odnosno da angažuje aktivnu snagu u skladu sa dobijenom postavnom vrijednošću (*setup point*).

Mrežni regulator šalje postavne vrijednosti proizvodnim jedinicama ili centrima upravljanja proizvodnjom elektrana uključenih u sekundarnu regulaciju frekvencije i snaga razmjene. U drugom slučaju, centri upravljanja vrše raspodjelu primljenog signala na raspoložive proizvodne jedinice u elektrani, shodno raspoloživom opsegu regulacije.

#### 3.1.4.2 Mjerni instrumenti

Podaci koje treba snimati tokom testa:

- aktivna snaga u tački konekcije (MW),
- reaktivna snaga u tački konekcije (MVar),
- aktivna snaga na priključcima proizvodne jedinice (MW),
- reaktivna snaga na priključcima proizvodne jedinice (MVar),
- signal mrežnog regulatora.

#### 3.1.4.3 Preduslovi

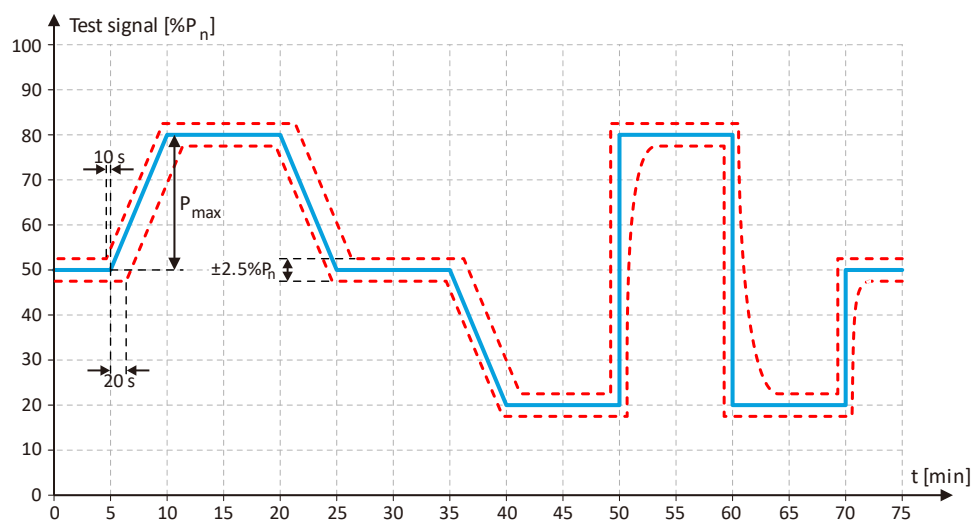
Potrebno je da proizvodna jedinica bude angažovana tako da je obezbijeđena rezerva sekundarne regulacije u oba smjera (pun pozitivni i negativni dio opsega sekundarne regulacije između radne tačke i maksimalne ili minimalne vrijednosti).

#### 3.1.4.4 Kriterijumi za ocjenu rezultata testa

Testni signal koji se iz mrežnog regulatora šalje proizvodnoj jedinici / grupnom regulatoru aktivne snage elektrane treba da izgleda kao na slici 3.3. U prikazanom primjeru, proizvodna jedinica je inicijalno angažovana polovinom nominalne snage.

Na slici je naznačena envelope test signala:

- tolerancija od  $\pm 2.5 P_n$  po amplitudi,
- tolerancija od -10 s odnosno 20 s.



Slika 3.3: Test signal sa prikazanim opsegom tolerancije - envelopom

Test sekundarne regulacije frekvencije i snaga razmjene se smatra uspješnim ukoliko su ispunjeni sljedeći uslovi:

- Odziv elektrane se nalazi unutar envelope.
- Zbir svih vrijednosti izvan envelope ne smije biti veći od 1% oblasti pokrivena signalom:

$$\frac{[\sum_0^{t_d} |P_{diff}|] \cdot t_t}{P_{sek} \cdot t_d} \cdot 100 \leq 1\%$$

gdje je:

$P_{sek}$  - razlika maksimalne i minimalne snage sekundarne regulacije

$P_{diff}$  - vrijednosti izvan envelope

$t_d$  - trajanje testa

$t_t$  - vrijeme uzorkovanja (*sampling rate*).

## 3.2 REGULACIJA NAPONA

### 3.2.1 Test reaktivnih mogućnosti generatora

#### 3.2.1.1 Svrha testa

Svrha testa je utvrđivanje sposobnosti proizvodne jedinice da radi u nadpobuđenim i podpobuđenim režimima, za različite vrijednosti angažovane aktivne snage. Testovi se provode na sljedeći način:

1. simulacijama rada generatorske jedinice, za slučajeve različitih vrijednosti napona mreže i izradom simulacionog U-P/Q dijagrama proizvodnog objekta za  $P = P_{max}$

2. testiranjem rada proizvodnog objekta pri proizvodnji maksimalne reaktivne snage u režimima nadpobude i podpobude za trenutnu vrijednost napona mreže za sljedeća generisanja aktivne snage:

- nominalnom aktivnom snagom,
- minimalnom aktivnom snagom (tehnički minimum proizvodne jedinice),
- srednjom vrijednošću minimalne i nominalne aktivne snage.

### 3.2.1.2 Mjerni instrumenti

Podaci koje treba snimati tokom testa:

- aktivna snaga u tački konekcije (MW),
- aktivna snaga na priključcima proizvodne jedinice (MW),
- reaktivna snaga u tački konekcije (MVar),
- reaktivna snaga na priključcima proizvodne jedinice (MVar),
- napon na priključcima proizvodne jedinice (kV),
- napon u tački konekcije (kV),
- položaj regulacione sklopke mrežnog transformatora,
- napon pobude (V),
- struja pobude (A),
- pritisak medijuma u sistemu hlađenja,
- temperatura rashladnog medijuma statora (°C),
- temperatura jezgra i namotaja statora (°C),
- temperatura rashladnog medijuma statora (°C),
- alarmi i događaji registrovani tokom izvođenja testa (*Alarm/Event page*).

Potrebno je da rezolucija snimanja svih mjerenja bude manja od ili jednaka 1 s.

### 3.2.1.3 Preduslovi

Za potrebe testa u nadpobuđenom i podpobuđenom režimu potrebno je da naponske prilike u mreži budu povoljne za provođenje ispitivanja. Ukoliko to ne bude bilo moguće ispoštovati u periodu zakazanog ispitivanja, koristiće se rezultati pripadajućih ispitivanja dobijeni tokom funkcionalnih ispitivanja elektrane. Osim preduslova vezanih za parametre prijenosne mreže i stanje EES-a, obezbijediće se i sljedeći preduslovi:

- Ovlašteni predstavnici NOSBiH-a i korisnika su usaglasili vozni red u skladu sa očekivanim promjenama snage tokom testa.
- Angažovanje proizvodne jedinice je usaglašeno sa voznim redom.
- Turbinski regulator radi u režimu regulacije frekvencije.
- Sistem za regulaciju napona radi u režimu automatske regulacije napona.
- Faktor snage na generatorskim sabirnicama je blizak jediničnoj vrijednosti.
- Mrtva zona turbinskog regulatora ( $\epsilon$ ) je usklađena sa zahtjevima iz Mrežnog kodeksa.
- Primarna regulacija frekvencije je isključena.

Za potrebe testa, proizvodnu jedinicu treba angažovati:



- nominalnom aktivnom snagom,
- minimalnom aktivnom snagom (tehnički minimum proizvodne jedinice),
- srednjom vrijednošću minimalne i nominalne aktivne snage.

#### **3.2.1.4 Kriterijumi za ocjenu rezultata testa**

Simulacija reaktivnih mogućnosti smatra se uspješnom ukoliko su ispunjeni sljedeći uslovi:

- Površina U-P/Q dijagrama reaktivnih mogućnosti proizvodnog objekta, dobijenog simulacijama, mora minimalno sadržati površinu koju čine sve radne tačke definisane U-P/Q dijagramom prema odredbama iz Mrežnog kodeksa.

Test reaktivnih mogućnosti proizvodne jedinice se smatra uspješnim ukoliko su ispunjeni sljedeći uslovi:

- Proizvodna jedinica radi ne manje od 60 minuta maksimalnom reaktivnom snagom, u nadpobuđenom i podpobuđenom režimu za:
  - minimalnu aktivnu snagu,
  - maksimalnu aktivnu snagu,
  - aktivnu snagu između minimalne i maksimalne.
- Proizvodna jedinica može da postigne zadatu vrijednost reaktivne snage, u okviru raspoloživog opsega reaktivne snage.
- Ukoliko zadatu tačku P-Q/Pmax dijagrama nije moguće dostići prije nego što regulator napona blok-transformatora zauzme potreban položaj, promjena položaja regulatora ne smije biti veća od 15 koraka i ne smije trajati manje od 4 minuta.
- Zabilježena vrijednost proizvodnje/preuzimanja maksimalne reaktivne snage u režimima nadpobude i podpobude pri zabilježenom naponu u tački priključenja mora biti veća ili jednaka zahtijevanoj vrijednosti reaktivne snage prema U-P/Q dijagramu iz Mrežnog kodeksa.

### **3.2.2 Test pobudnog sistema, generator u praznom hodu**

#### **3.2.2.1 Svrha testa**

Svrha testa je utvrđivanje odziva pobudnog sistema na male poremećaje pri radu proizvodne jedinice u praznom hodu. Test podrazumijeva snimanje odziva pobudnog sistema proizvodne jedinice u praznom hodu na odskočnu promjenu referentnog napona sa 90% na 100% nominalnog napona.

#### **3.2.2.2 Mjerni instrumenti**

Podaci koje treba snimati tokom testa:

- napon na priključcima proizvodne jedinice (kV),
- napon pobude ili napon pobude glavne budilice (pobudnice) (V),
- struja pobude (A),
- odskočna promjena referentnog napona,
- lista alarma registrovanih tokom izvođenja testa (registrovanje na listi alarma u DCS-u).

Potrebno je da rezolucija snimanja svih mjerenja bude manja od ili jednaka 1 s.

### 3.2.2.3 Preduslovi

Za izvođenje testa treba obezbijediti sljedeće preduslove:

- Generator je u praznom hodu.
- Ugaona brzina generatora jednaka je sinhronoj brzini.
- Zadana vrijednost napona iznosi 90%  $U_n$ .
- Stabilizator EES-a je isključen.

### 3.2.2.4 Kriterijumi za ocjenu rezultata testa

Test pobudnog sistema na male poremećaje pri radu proizvodne jedinice u praznom hodu smatra se uspješnim ukoliko su ispunjeni sljedeći uslovi:

- Odziv pobudnog sistema na odskočnu promjenu referentnog napona sa 90% na 100% nominalnog napona je prigušeno oscilatoran.
- Vrijeme smirenja odziva mora biti manje od 10 sekundi.

## 3.2.3 Test pobudnog sistema, generator pod opterećenjem

### 3.2.3.1 Svrha testa

Svrha testa je utvrđivanje odziva pobudnog sistema na male poremećaje pri radu proizvodne jedinice pod opterećenjem. Test podrazumijeva snimanje odziva pobudnog sistema proizvodne jedinice pod opterećenjem na odskočnu promjenu referentnog napona od 1% - 2% nominalnog napona.

### 3.2.3.2 Mjerni instrumenti

Podaci koje treba snimati tokom testa:

- aktivna snaga u tački konekcije (MW),
- reaktivna snaga u tački konekcije (MVar),
- aktivna snaga na priključcima proizvodne jedinice (MW),
- reaktivna snaga na priključcima proizvodne jedinice (MVar),
- napon na priključcima proizvodne jedinice (kV),
- napon pobude ili napon pobude glavne budilice (pobudnice) (V),
- struja pobude (A),
- odskočna promjena referentnog napona,
- položaj regulacione sklopke mrežnog transformatora,
- napon u tački konekcije (kV),
- alarmi i događaji registrovani tokom izvođenja testa (*Alarm/Event page*).

Potrebno je da rezolucija snimanja svih mjerenja bude manja od ili jednaka 1 s.

### 3.2.3.3 Preduslovi

Ukoliko je proizvodni pobudni sistem opremljen stabilizatorom EES-a, test pobudnog sistema generatora pod opterećenjem se izvodi uz isključen i uz uključen stabilizator.

Preduslov za izvođenje testa sa stabilizatorom jest uspješno obavljen test 3.3.1 (Test stabilizatora EES-a).

Preduslovi za izvođenje testa:

- Proizvodna jedinica je angažovana nazivnom aktivnom snagom.
- Napon na priključcima generatora približno je jednak nazivnom naponu.
- Faktor snage proizvodne jedinice je približno 1,00 (približno 0 MVar reaktivne snage).
- Turbinski regulator radi u režimu regulacije učestalnosti.
- Stabilizator EES-a je isključen.

### 3.2.3.4 Kriterijumi za ocjenu rezultata testa

Test limitera podpobude smatra se uspješnim ukoliko je ispunjen uslov da regulator napona djeluje kontinualno i bez nestabilnosti, obezbjeđujući konstantan napon na priključcima generatora.

## 3.2.4 Test limitera podpobude

### 3.2.4.1 Svrha testa

Svrha testa je određivanje podešenja limitera podpobude, verifikacija njegovog ispravnog rada i demonstracija adekvatnog prigušenja oscilacija. Ukoliko je sistem regulacije pobude opremljen stabilizatorom EES (PSS), treba ga uključiti tokom testa.

Pri radu proizvodne jedinice u zoni djelovanja limitera podpobude, margina stabilnosti je mala. Ukoliko postoji potreba, mogu biti izvedeni preliminarni testovi sa pomjerenom granicom prorade limitera.

### 3.2.4.2 Mjerni instrumenti

Podaci koje treba snimati tokom testa:

- aktivna snaga u tački konekcije (MW),
- reaktivna snaga u tački konekcije (MVar),
- aktivna snaga na priključcima proizvodne jedinice (MW),
- reaktivna snaga na priključcima proizvodne jedinice (MVar),
- napon na priključcima proizvodne jedinice (kV),
- položaj regulacione sklopke mrežnog transformatora,
- napon u tački konekcije (kV),
- alarmi i događaji registrovani tokom izvođenja testa (*Alarm/Event page*).

Potrebno je da rezolucija snimanja svih mjerenja bude manja od ili jednaka 1 s.

### 3.2.4.3 Preduslovi

Za potrebe testa limitera podpobude, proizvodnu jedinicu treba angažovati aktivnom snagom bliskom:

- minimalnoj aktivnoj snazi i
- nominalnoj aktivnoj snazi.

Automatski regulator napona treba da radi u režimu automatske regulacije napona.

Ukoliko je sistem regulacije pobude opremljen stabilizatorom EES-a (PSS), treba ga uključiti.

#### **3.2.4.4 Kriterijumi za ocjenu rezultata testa**

Test limitera podpobude smatra se uspješnim ukoliko su, za odskočnu promjenu referentne vrijednosti napona za -2%, pri generisanju reaktivne snage na samoj granici prorade limitera podpobude, ispunjeni sljedeći uslovi:

- Maksimalni prebačaj reaktivne snage (u MVar) nije veći od 4% maksimalne aktivne snage proizvodne jedinice (u MW).
- Proizvodna jedinica se vraća u stacionarno stanje u roku od 5 sekundi.
- Odziv sistema za regulaciju pobude je prigušen.
- Automatski regulator napona deluje kontinualno i bez nestabilnosti.
- Nakon povratka reference na početnu vrijednost, djelovanje limitera prestaje bez kašnjenja.

### **3.2.5 Test limitera nadpobude**

#### **3.2.5.1 Svrha testa**

Svrha testa je verifikacija ispravnog rada limitera nadpobude, usaglašenosti njegovih podešenja sa konstruktivnim ograničenjima proizvodne jedinice i sa podešenjem prekostrujne zaštite rotora.

Pri radu proizvodne jedinice u zoni djelovanja limitera nadpobude postoji mogućnost djelovanja prekostrujne zaštite rotora (koja isključuje generatorski prekidač i pokreće razbuđivanje rotora). Ukoliko postoji potreba, mogu biti izvedeni preliminarni testovi sa pomjerenom granicom prorade limitera.

#### **3.2.5.2 Mjerni instrumenti**

Podaci koje treba snimati tokom testa:

- aktivna snaga u tački konekcije (MW),
- reaktivna snaga u tački konekcije (MVar),
- aktivna snaga na priključcima proizvodne jedinice (MW),
- reaktivna snaga na priključcima proizvodne jedinice (MVar),
- napon na priključcima proizvodne jedinice (kV),
- položaj regulacione sklopke mrežnog transformatora,
- napon u tački konekcije (kV),
- alarmi i događaji registrovani tokom izvođenja testa (*Alarm/Event page*).

Klasa tačnosti mjernih instrumenata mora biti 0.5S ili bolja. Vremenska rezolucija snimanja iznosi 0.25 sekundi.

#### **3.2.5.3 Preduslovi**

Veličinu odskočne promjene referentne vrijednosti napona za provjeru prorade limitera nadpobude treba da usaglase predstavnici NOSBiH-a i vlasnika elektrane. Vrijednost odskočne promjene treba da bude izabrana tako da izazove proradu limitera nadpobude, a da pritom ne reaguje prekostrujna zaštita rotora. Pored toga, treba voditi računa o koordinaciji kašnjenja limitera i vremenskog zatezanja prekostrujne zaštite.

Ukoliko je limiter nadpobude izveden sa više nivoa prorade (zbog uvažavanja efekata zagrijavanja), neophodno je detaljno objašnjenje načina rada, kako bi procedura testa mogla biti prilagođena.

#### **3.2.5.4 Kriterijumi za ocjenu rezultata testa**

Test limitera nadpobude smatra se uspješnim ukoliko su ispunjeni sljedeći uslovi:

- Rad proizvodne jedinice sa strujom rotora većom od dozvoljene je pod kontrolom limitera nadpobude; prekostrujna zaštita rotora ne reaguje.
- Limiter nadpobude demonstrira odgovarajuće kašnjenje kako bi bilo izbjegnuto isključenje proizvodne jedinice sa mreže zbog prorade zaštite.
- Granica prorade limitera nadpobude je podešena blizu konstruktivnih ograničenja proizvodne jedinice.
- Prorada limitera nadpobude ne uzrokuje oscilacije prividne ili aktivne snage,
- Nakon povratka reference na početnu vrijednost, djelovanje limitera prestaje bez kašnjenja.

### **3.3 STABILIZATOR EES-a**

#### **3.3.1 Test stabilizatora EES-a**

##### **3.3.1.1 Svrha testa**

Svrha testa je utvrđivanje pozitivnog uticaja stabilizatora EES-a na prigušenje oscilacija aktivne snage u frekventnom opsegu koji propisuje NOSBiH, poređenjem sa odzivom bez stabilizatora EES-a.

##### **3.3.1.2 Mjerni instrumenti**

Dodatna oprema:

- generator šuma sa ograničenim propusnim opsegom (200 mHz - 3 Hz),
- analizator spektra.

Podaci koje treba snimati tokom testa:

- aktivna snaga u tački konekcije (MW),
- reaktivna snaga u tački konekcije (MVAR),
- aktivna snaga na priključcima proizvodne jedinice (MW),
- reaktivna snaga na priključcima proizvodne jedinice (MVAR),
- napon na priključcima proizvodne jedinice (kV),
- položaj regulacione sklopke mrežnog transformatora,
- napon u tački konekcije (kV),
- ugaona brzina generatora (ob/min),
- alarmi i događaji registrovani tokom izvođenja testa (Alarm/Event page).

Potrebno je da rezolucija snimanja svih mjerenja bude manja ili jednaka od 1 s.

##### **3.3.1.3 Preduslovi**

Prije testiranja stabilizatora EES-a, NOSBiH-u treba dostaviti metodologiju i rezultate studije na osnovu koje su podešeni parametri stabilizatora. Predstavnici NOSBiH-a i proizvođača električne energije treba da usaglase stavove o inicijalnom podešenju parametara stabilizatora.

Podešenje parametara stabilizatora ESS-a treba testirati u vremenskom i u frekventnom domenu. Test u vremenskom domenu zahtijeva injektiranje malih odskočnih promjena napona u automatski regulator napona, na blok za zadavanje referentnog napona. Test treba izvesti sa isključenim i uključenim stabilizatorom EES-a kako bi bio utvrđen pozitivan uticaj stabilizatora na prigušenje oscilacija.

Test u frekventnom domenu zahtijeva injektiranje šuma u automatski regulator napona, na blok za zadavanje referentnog napona. Test treba izvesti sa isključenim i uključenim stabilizatorom EES-a kako bi bio utvrđen pozitivan uticaj stabilizatora na prigušenje oscilacija.

Stabilnost za predloženu vrijednost pojačanja stabilizatora će biti utvrđena postepenim pojačanjem, zaključno sa trostrukom vrijednošću predloženog pojačanja. Pojačanje stabilizatora treba izvoditi postepeno, uz nadzor rada proizvodne jedinice i pažljivo praćenje naznaka pojave nestabilnosti.

Proizvodna jedinica je angažovana nazivnom aktivnom snagom i radi sa (približno) jediničnim faktorom snage.

#### **3.3.1.4 Kriterijumi za ocjenu rezultata testa**

Test stabilizatora EES-a se smatra uspješnim ukoliko su ispunjeni sljedeći uslovi:

- Stabilizator EES-a pozitivno utiče na prigušenje oscilacija usljed odskočne promjene reference automatskog regulatora napona.
- Prigušenje oscilacija nastupa u prva dva ciklusa.
- Stabilizator EES-a pozitivno utiče na prigušenje oscilacija u frekventnom opsegu 100 mHz - 2 Hz,
- Pretek pojačanja stabilizatora je veći od 3, odnosno, pri pojačanju stabilizatora koje je trostruko veće od predloženog nema naznaka nestabilnosti.

### **3.4 BLACK START**

#### **3.4.1 Test black starta**

##### **3.4.1.1 Svrha testa**

Svrha testa je utvrđivanje sposobnosti pokretanja proizvodne jedinice sa deklarisanom mogućnošću black starta bez vanjskog napajanja vlastite potrošnje. Ovom testu se podvrgavaju samo elektrane sa deklarisanom mogućnošću black starta, odnosno elektrane koje imaju bar jednu jedinicu sa mogućnošću black starta.

Za elektrane sa mogućnošću black starta neophodno je obezbijediti direktnu i redundantnu komunikaciju između NOSBiH-a i proizvođača električne energije, operatora distributivnih mreža, kao i između NOSBiH-a i dispečerskih centara operatera susjednih sistema.

##### **3.4.1.2 Mjerni instrumenti**

Test black starta ne zahtijeva posebnu instrumentaciju osim voltmetra za utvrđivanje beznaponskog stanja opreme neophodne za pokretanje proizvodne jedinice.

##### **3.4.1.3 Preduslovi**

Prije početka testa za sve tehnološke cjeline testirane proizvodne jedinice treba utvrditi beznaponsko stanje (galvansku odvojenost od izvora spoljašnjeg napajanja) i nemogućnost njihovog rada.

#### 3.4.1.4 Kriterijumi za ocjenu rezultata testa

U okviru testa black starta treba konstatovati postojanje redundantne komunikacije i utvrditi/procijeniti njenu funkcionalnost za slučaj potpunog ili djelomičnog raspada EES-a.

Test black starta se smatra uspješnim ukoliko je ispunjen uslov da je proizvodna jedinica pokrenuta bez spoljašnjeg napajanja sopstvene potrošnje

### 3.5 RAD PROIZVODNE JEDINICE U IZOLOVANOM REŽIMU

#### 3.5.1 Test rasterećenja generatorske jedinice

##### 3.5.1.1 Svrha testa

Svrha testa je utvrđivanje sposobnosti proizvodne jedinice da nakon isključenja sa mreže (djelovanjem VN prekidača) nastavi stabilan rad napajajući samo vlastitu potrošnju. Test rasterećenja generatorske jedinice u termoelektrani je izuzetno zahtjevan. Nije preporučljivo izvoditi ga više puta jer izlaže opremu velikom naprezanju.

##### 3.5.1.2 Mjerni instrumenti

Podaci koje treba snimati tokom testa:

- aktivna snaga na priključcima proizvodne jedinice (MW),
- reaktivna snaga na priključcima proizvodne jedinice (MVA<sub>r</sub>),
- napon na priključcima proizvodne jedinice (kV),
- aktivna snaga sopstvene potrošnje (MW),
- ugaona brzina generatora (ob/min),
- napon pobude (V),
- struja pobude (A),
- alarmi i događaji registrovani tokom izvođenja testa (*Alarm/Event page*).

Potrebno je da rezolucija svih mjerenja bude manja od ili jednaka 1 s.

##### 3.5.1.3 Preduslovi

Preduslovi za izvođenje testa rasterećenja generatorske jedinice:

- Proizvodna jedinica je angažovana sa oko 100% nazivne aktivne snage.
- Napon na priključcima generatora je približno jednak nazivnom naponu.

##### 3.5.1.4 Kriterijumi za ocjenu rezultata testa

Test rasterećenja generatorske jedinice smatra se uspješnim ukoliko su ispunjeni sljedeći uslovi:

- Odziv pobudnog sistema je prigušeno oscilatoran.
- Nakon isključenja, regulator napona i regulator brzine održavaju napon i frekvenciju u opsegu dozvoljenih vrijednosti.
- Svi upravljački sistemi proizvodne jedinice ostaju u automatskom režimu.
- Minimalno trajanje napajanja sopstvene potrošnje je usklađeno sa [3], član 10(5) (c).

## 3.6 STABILNOST RADA U POREMEĆENIM REŽIMIMA (LOW VOLTAGE RIDE THROUGH - LVRT)

### 3.6.1 Ispitivanje sposobnosti prolaska kroz stanje kvara/propada napona

#### 3.6.1.1 Svrha testa

Svrha testa je utvrđivanje sposobnosti sinhrono povezane generatorske jedinice da zadrži stabilnost rada za vrijeme pojave kvara u prijenosnoj mreži i nakon njegovog otklanjanja djelovanjem zaštite u propisanom vremenu.

Sposobnost prolaska sinhrono povezane generatorske jedinice kroz stanje kvara/propada napona se utvrđuje:

- na osnovu sertifikata ovlaštenih kompanija koje su testirale predmetnu generatorsku jedinicu pri sniženom naponu i utvrđivanjem usaglašenosti krive prolaska kroz stanje kvara (*Low Voltage Ride Through*) iz tehničke dokumentacije predmetne generatorske jedinice sa zahtijevanom krivom definisanom Mrežnim kodeksom;
- praćenjem odziva generatorske jedinice (tokom ostalih testova) na propade napona u tački priključenja (prouzrokovanih kvarovima u prijenosnoj mreži) i njegovim poređenjem sa zahtjevom definisanim Mrežnim kodeksom.

Ukoliko se umjesto testa usaglašenosti koristi sertifikat o testiranju u laboratorijskim uslovima, neophodno je obezbijediti neprestano snimanje radnih parametara generatorske jedinice (u trajnom pogonu) kako bi bio utvrđen njen odziv pri propadima napona (usljed kvarova u prijenosnoj mreži). Na osnovu zahtjeva, snimljene odzive treba dostaviti NOSBiH-u radi provjere usaglašenosti rada generatorske jedinice sa tehničkim uslovima iz Mrežnog kodeksa.

#### 3.6.1.2 Mjerni instrumenti

U slučaju snimanja odziva podaci koje treba snimati tokom testa su:

- trenutna aktivna snaga generatorske jedinice (MW),
- trenutna reaktivna snaga generatorske jedinice (MVA<sub>r</sub>),
- napon na visokonaponskoj strani blok-transformatora (kV),
- struja na visokonaponskoj strani blok-transformatora (A).

Potrebno je da rezolucija svih mjerenja bude manja od ili jednaka 10 ms.

#### 3.6.1.3 Kriterijumi za ocjenu rezultata testa

Test se smatra uspješnim ukoliko:

- Podešena krive prolaska kroz stanje kvara (*Low Voltage Ride Through*) iz tehničke dokumentacije predmetne generatorske jedinice i dostavljenog sertifikata treba biti usklađena sa zahtijevanom krivom definisanom u Mrežnom kodeksu.
- Generatorska jedinica radi stabilno pri (svim zabilježenim) propadima napona u prijenosnoj mreži.



## 4 TESTOVI USAGLAŠENOSTI RADA ENERGETSKIH PARKOVA

U okviru ovog poglavlja definisana je procedura testiranja usaglašenosti rada energetskih parkova sa uslovima iz Mrežnog kodeksa.

Zahtjevi NOSBiH-a za testiranje usaglašenosti rada energetskih parkova su podijeljeni u sljedeće sekcije:

- Upravljanje aktivnom snagom,
- Regulacija napona (Upravljanje reaktivnom snagom),
- Stabilnost rada u poremećenim režimima (*Low Voltage Ride Through* - LVRT),
- Kvalitet električne energije u skladu sa IEC standardima IEC 61400-21, IEC 61000-3-7, IEC 61000-4-7, IEC 61000-4-15 i IEC 61000-4-30 21,
- Signali, komunikacija i upravljanje.

Nakon uspješno provedenih verifikacionih ispitivanja, obaveza korisnika (ili lica koje je korisnik ovlastio) je da sa pažnjom demontira sve privremeno postavljene uređaje i vrati sva podešenja (sistema zaštite, sistema lokalnog i daljinskog upravljanja, sistema monitoringa) na standardne operativne vrijednosti primjerene trajnom pogonu, koje je odobrio NOSBiH te da o završetku tih aktivnosti obavijesti NOSBiH i eventualne ostale korisnike.

### 4.1 UPRAVLJANJE AKTIVNOM SNAGOM

#### 4.1.1 Preduslovi

Za sve testove iz ove sekcije neophodno je da budu raspoložive sve generatorske jedinice unutar energetskog parka. Ukoliko na dan testiranja nisu raspoložive sve generatorske jedinice, testiranje može biti izvršeno ako je broj raspoloživih generatorskih jedinica takav da osigurava ukupnu raspoloživost energetskog parka na nivou koji je dovoljan za postizanje zahtijevane minimalne snage.

Uslovi obnovljivog izvora energije (vjetar/sunce) moraju biti zadovoljavajući i na relativno konstantnom nivou.

Dispečerski centar NOSBiH-a odobrava predložene vrijednosti snage tokom pojedinačnih sekvenci testiranja i period u kojem će biti održavana zadata vrijednost snage.

#### 4.1.2 Opće

Napon mreže na visokonaponskoj strani transformatora automatski se održava na vrijednosti koju određuje NOSBiH, uzimajući u obzir statizam automatske regulacije napona (AVR), položaj sklopke regulacionog transformatora i raspoloživu reaktivnu snagu generatorske jedinice (PQ dijagram).

### 4.1.3 Upravljanje aktivnom snagom

#### 4.1.3.1 Svrha testa

Svrha testa je utvrđivanje sposobnosti energetskog parka da prihvati i izvrši upravljačke signale iz NOSBiH-a, odnosno nadležnog centra za upravljanje proizvodnjom za postavne vrijednosti generisanja aktivne snage.

#### 4.1.3.2 Mjerni instrumenti

Podaci koje treba snimati tokom testa:

- raspoloživa aktivna snage za raspoloživu brzinu vjetra/sunca u MW; proizilazi iz algoritma upravljačkog sistema energetskog parka.
- aktivna snaga u tački priključenja energetskog parka u MW,
- reaktivna snaga u tački priključenja, u MVar,
- napon u tački priključenja, u kV.

Potrebno je da rezolucija svih mjerenja bude manja od ili jednaka 1 s ( $\leq 1s$ ).

#### 4.1.3.3 Preduslovi

Minimalna raspoloživa snaga za potrebe ovog testa iznosi 60% instalisane snage energetskog parka. U zavisnosti od raspoložive snage treba odabrati po pet radnih tačaka u opadajućem i rastućem redoslijedu. Radne tačke treba da se razlikuju za minimalno 10% instalisane snage energetskog parka. Nakon dostizanja zadate snage, energetski park mora da održava zadatu snagu minimalno 10 min.

#### 4.1.3.4 Kriterijumi za ocjenu rezultata testa

Test upravljanja aktivnom snagom smatra se uspješnim ukoliko su ispunjeni sljedeći uslovi:

- Energetski park postiže zadatu snagu (uz toleranciju od  $\pm 2.5\%$  za prosečnu vrijednost između dve uzastopne promjene zadate vrijednosti).
- Nakon prijema nove postavne vrijednosti aktivne snage, energetski park se mora odazvati za manje od 10 sekundi.
- Minimalna brzina promjene aktivne snage iznosi  $10\% P_{inst}/min$ .

### 4.1.4 Regulacija frekvencije

#### 4.1.4.1 Svrha testa

Svrha testa je utvrđivanje sposobnosti energetskog parka da reaguje na promjenu frekvencije u sistemu. Imajući u vidu da nije moguće uticati na vrijednost mrežne frekvencije, ovaj test zahtijeva uvođenje signala željene frekvencije (umesto mjerene vrijednosti frekvencije sistema) u upravljački sistem energetskog parka. Kada radi u režimu regulacije frekvencije, energetski park mora da promijeni generisanje aktivne snage u zavisnosti od (simulirane) promjene mrežne učestalosti.

Upravljački sistem energetskog parka treba podesiti tako da ukoliko radi na frekvenciji većoj od 50.2 Hz mora redukovati trenutni plasman aktivne snage u koracima od 40% od trenutne angažovanosti generatora po Hz.

$$\Delta P = 20P_m \frac{50,2\text{Hz} - f_m}{50\text{Hz}}$$

1.  $P_m$  – trenutni plasman aktivne snage
2.  $\Delta P$  – smanjenje aktivne snage
3.  $f_m$  – trenutna frekvencija u sistemu

Uzimajući u obzir da NOSBiH može zahtijevati regulaciju frekvencije energetskog parka i prilikom propada frekvencije neophodno je provjeriti i mogućnost automatskog povećanja aktivne snage energetskog parka prema statizmu 2-12% u opsegu frekvencija od 49.8 – 49.5.

#### 4.1.4.2 Preduslovi

- Treba biti uspješno obavljen test upravljanja aktivnom snagom.
- Uslovi vjetra/sunca moraju biti dovoljni da obezbijede najmanje 60% instalisane snage generatorske jedinice.

#### 4.1.4.3 Mjerni instrumenti

Podaci koje treba snimati tokom testa:

- raspoloživa aktivna snaga na osnovu raspoložive snage vjetra/sunca u MW; proizilazi iz algoritma upravljačkog sistema generatorske jedinice,
- aktivna snaga generatorske jedinice u MW,
- simulirana vrijednost mrežne frekvencije u Hz,
- vrijednost frekvencije sistema u Hz,
- provjera statusa rada sistema za regulaciju frekvencije generatorske jedinice.

Potrebno je da rezolucija svih mjerenja bude manja od ili jednaka 1 s ( $\leq 1s$ ).

#### 4.1.4.4 Kriterijumi za ocjenu rezultata testa

Test upravljanja aktivnom snagom smatra se uspješnim ukoliko su ispunjeni sljedeći uslovi:

- Pri aktiviranoj regulaciji frekvencije, proizvodnja energetskog parka u zavisnosti od simulirane frekvencije sistema odgovara karakteristici propisanoj mrežnim kodeksom.
- Nakon step promjene vrijednosti frekvencije ne smije doći do neprigušenih oscilacija u odzivu generatorske jedinice.
- Pri deaktiviranoj regulaciji frekvencije, proizvodnja energetskog parka ne zavisi od simulirane frekvencije sistema.

#### 4.1.5 Test pokretanja i brzine promjene snage (ramp rate)

##### 4.1.5.1 Svrha testa

NAPOMENA: Test brzine promjene aktivne snage (ramp rate) moguće je raditi u okviru testa upravljanja aktivnom snagom.

Svrha testa je utvrđivanje brzine promjene aktivne snage u smjeru povećanja i smanjenja proizvodnje i poređenje sa potrebnom brzinom promjene. Pored toga, test treba da konstatuje mogućnost pokretanja proizvodnje energetskog parka iz stanja mirovanja.

Ovako testirana brzina promjene snage ne odnosi se na promjene aktivne snage usljed promjene frekvencije ili iznenadnog smanjenja brzine vjetra/sunca.

#### **4.1.5.2 Mjerni instrumenti**

Podaci koje treba snimati tokom testa:

- raspoloživa aktivna snaga na osnovu raspoložive snage vjetra u MW; proizilazi iz algoritma upravljačkog sistema energetskog parka,
- aktivna snaga u tački priključenja energetskog parka u MW,
- napon u tački priključenja, u kV,
- reaktivna snaga mjerena na niskonaponskoj strani mrežnog transformatora.

Potrebno je da rezolucija svih mjerenja bude manja od ili jednaka 1 s ( $\leq 1s$ ).

#### **4.1.5.3 Preduslovi**

Prije početka testa, energetski park mora da proizvodi najmanje 50 % instalisane snage. U suprotnom, uz saglasnost NOSBiH-a, treba odabrati druge radne tačke u okviru raspoložive snage VE.

#### **4.1.5.4 Kriterijumi ocjene testa**

Test pokretanja i brzine promjene snage smatra se uspješnim ukoliko su ispunjeni sljedeći uslovi:

- Uspješno prosljeđivanje svih naloga za smanjenje/povećanje aktivne snage energetskog parka odvija se prema unaprijed zadatoj brzini promjene u smjeru nagore i smjeru nadole,
- Brzina promjene snage energetskog parka u oba smjera je veća od 10% instalisane snage energetskog parka po minutu. Ovo se ne odnosi na start od nule koji treba izbjegavati prilikom izvođenja testa.

## **4.2 REGULACIJA NAPONA**

### **4.2.1 Preduslovi**

Energetski parkovi moraju biti u mogućnosti da pruže podršku u reaktivnoj snazi automatski u režimu rada regulacije napona, regulacije prema zadatoj vrijednosti reaktivne snage ili regulacije prema zadatoj vrijednosti faktora snage. Za sve testove iz ove sekcije neophodno je da broj raspoloživih generatorskih jedinica bude takav da osigurava ukupno generisanje aktivne snage od minimalno 50% instalisane snage energetskog parka.

Uslovi obnovljivog izvora energije (vjetar/sunce) moraju da budu dovoljni i na relativno konstantnom nivou.

NOSBiH po potrebi može da koriguje zahtijevane opsege promjene napona tokom pojedinačnih sekvenci testiranja kao i period testiranja.

## 4.2.2 Automatska regulacija napona

### 4.2.2.1 Svrha testa

Svrha testa je utvrđivanje sposobnosti energetske parka da reguliše napon u tački priključenja prema postavnim vrijednostima koje zadaje NOSBiH. Sposobnost elektrane da reguliše napon u tački priključenja zavisi od statizma automatske regulacije napona (AVR), položaja sklopke regulacionog transformatora i raspoložive reaktivne snage generatorskih jedinica (PQ dijagram).

Test treba da utvrdi:

- sposobnost energetske parka da primijeni odabrana podešenja regulacije napona (statizam i mrtva zona),
- tačnost regulacije,
- neosjetljivost regulacije,
- trajanje prelaznog procesa do dostizanja stacionarne vrijednosti reaktivne snage.

### 4.2.2.2 Preduslovi

Uslovi vjetra moraju biti dovoljni da obezbijede proizvodnju najmanje 60% instalisane snage energetske parka.

### 4.2.2.3 Mjerni instrumenti

Podaci koje treba snimati tokom testa:

- raspoloživa aktivna snaga za raspoloživu brzinu vjetra u MW; proizilazi iz algoritma upravljačkog sistema energetske parka,
- aktivna snaga u tački priključenja energetske parka u MW,
- reaktivna snaga energetske parka u tački priključenja, u MVAR,
- napon u tački priključenja, u kV,
- položaj regulacione sklopke mrežnog transformatora.

Potrebno je da rezolucija svih mjerenja bude manja od ili jednaka 1 s ( $\leq 1s$ ).

### 4.2.2.4 Kriterijumi za ocjenu rezultata testa

Test automatske regulacije napona smatra se uspješnim ukoliko su ispunjeni sljedeći uslovi:

- Uspješno je izveden prelazak energetske parka u režim automatske regulacije napona.
- Postignut je stabilan rad energetske parka u režimu automatske regulacije napona u planiranom periodu.
- Potvrđena je sposobnost energetske parka da vrši regulaciju napona u tački priključenja u granicama raspoložive reaktivne snage prema PQ dijagramu uz toleranciju očekivane reaktivne snage od  $\pm 5\%$  nominalne reaktivne snage energetske parka ili  $\pm 5$  MVAR, u zavisnosti koja od ove dvije veličine je veća.
- Izmjereni statizam regulacije napona odgovara podešenoj vrijednosti.
- Energetski park u prvih 1-5 sekundi dostiže 90% reaktivne snage usklađen je sa podešenim parametrima regulacije.
- Energetski park postiže ustaljenu vrijednost reaktivne snage u roku od 60 sekundi.

### 4.2.3 Automatska regulacija prema zadatoj reaktivnoj snazi

#### 4.2.3.1 Svrha testa

Svrha testa je utvrđivanje sposobnosti energetske parka da radi u režimu regulacije prema zadatoj reaktivnoj snazi u skladu sa zahtjevima Mrežnog kodeksa, a izvodi se kao dopunski test u toku testa reaktivnih mogućnosti energetske parka. Test se provodi u cilju verifikacije usklađenosti rada sljedećih parametara:

- opseg upravljanja reaktivnom snagom prema zadatoj vrijednosti (setpoint),
- tačnost regulacije,
- brzina postizanja zadate vrijednosti reaktivne snage.

#### 4.2.3.2 Preduslovi

Uslovi vjetra moraju biti dovoljni da obezbijede proizvodnju najmanje 60% instalisane snage energetske parka.

#### 4.2.3.3 Mjerni instrumenti

Podaci koje treba snimati tokom testa:

- raspoloživa aktivna snaga za raspoloživu brzinu vjetra u MW; proizilazi iz algoritma upravljačkog sistema energetske parka,
- aktivna snaga u tački priključenja energetske parka u MW,
- reaktivna snaga energetske parka u tački priključenja, u MVar,
- napon u tački priključenja, u kV,
- položaj regulacione sklopke mrežnog transformatora.

Potrebno je da rezolucija svih mjerenja bude manja od ili jednaka 1 s ( $\leq 1$ s).

#### 4.2.3.4 Kriterijumi za ocjenu rezultata testa

Test automatske regulacije reaktivne snage smatra se uspješnim ukoliko su ispunjeni sljedeći uslovi

- Uspješno je obavljen prelazak energetske parka u režim automatske regulacije reaktivne snage.
- Postignut je stabilan rad energetske parka u režimu regulacije reaktivne snage u planiranom periodu.
- Energetski park dostiže i održava zadate vrijednosti reaktivne snage unutar svojih pogonskih parametara u zahtijevanim koracima promjene.
- Izmjerena i postavna vrijednost reaktivne snage su jednake, uz toleranciju zadate reaktivne snage od  $\pm 5\%$  nominalne reaktivne snage energetske parka ili  $\pm 5$  MVar, u zavisnosti koja od ove dvije veličine je veća.

## 4.2.4 Automatska regulacija prema zadatom faktoru snage

### 4.2.4.1 Svrha testa

Svrha testa je utvrđivanje sposobnosti energetske parka da radi u režimu regulacije prema zadatom faktoru snage u skladu sa zahtjevima Mrežnog kodeksa. Test se provodi u cilju verifikacije usklađenosti rada sljedećih parametara:

- opseg upravljanja prema zadatom faktoru snage,
- tačnost regulacije,
- brzina postizanja zahtijevane vrijednosti reaktivne snage nakon step promjene aktivne snage.

### 4.2.4.2 Preduslovi

Uslovi vjetra moraju biti dovoljni da obezbijede proizvodnju od najmanje 60% instalisane snage energetske parka.

### 4.2.4.3 Mjerni instrumenti

Podaci koje treba snimati tokom testa:

- raspoloživa aktivna snage za raspoloživu brzinu vjetra u MW; proizilazi iz algoritma upravljačkog sistema energetske parka,
- aktivna snaga u tački priključenja energetske parka u MW,
- reaktivna snaga energetske parka u tački priključenja, u MVar,
- napon u tački priključenja, u kV,
- položaj regulacione sklopke mrežnog transformatora.

Potrebno je da rezolucija svih mjerenja bude manja od ili jednaka 1 s ( $\leq 1s$ ).

### 4.2.4.4 Kriterijumi za ocjenu rezultata testa

Test automatske regulacije faktora snage u tački priključenja smatra se uspješnim ukoliko su ispunjeni sljedeći uslovi:

- Uspješno je izveden prelazak energetske parka u režim automatske regulacije faktora snage u tački priključenja.
- Energetski park dostiže i održava zadate vrijednosti faktora snage u minimalno sljedećim koracima promjene,
  1.  $\cos\phi = \cos\phi_{\min}$ ,
  2.  $\cos\phi = -0.95$ ,
  3.  $\cos\phi = 1.00$ ,
  4.  $\cos\phi = 0.95$ ,
  5.  $\cos\phi = \cos\phi_{\max}$ ,

gdje su:

$\cos\phi_{\min}$  – faktor snage pri radu energetske parka sa maksimalnom reaktivnom snagom u režimu podpobude,

$\cos\phi_{\max}$  - faktor snage pri radu energetske parka sa maksimalnom reaktivnom snagom u režimu nadpobude.

- Vrijeme stabilnog rada pri svakoj zadatoj vrijednosti faktora snage mora iznositi minimalno 10 min.
- Izmjerena i postavna vrijednost faktora snage su jednake uz toleranciju faktora snage koji odgovara zadatoj reaktivnoj snazi od  $\pm 5\%$  nominalne reaktivne snage energetske parka ili  $\pm 5$  MVAR, u zavisnosti koja od ove dvije veličine je veća.

#### 4.2.5 Test reaktivnih mogućnosti energetske parka

##### 4.2.5.1 Svrha testa

Svrha testa je utvrđivanje tehničkih sposobnosti energetske parka da obezbijedi zahtijevani opseg reaktivne snage u režimima nadpobude i podpobude. Reaktivna snaga se mjeri na visokonaponskoj strani mrežnog transformatora. Test mora biti izveden za različite vrijednosti proizvodnje aktivne snage kako bi bilo potvrđeno da je opseg raspoložive reaktivne snage unutar zahtijevanog opsega rada energetske parka u skladu sa zahtjevima Mrežnog kodeksa. Testovi se provode na sljedeći način:

1. simulacijama rada energetske parka za slučajeve različitih vrijednosti napona mreže i izradom simulacionog U-P/Q dijagrama energetske parka za sljedeća generisanja aktivne snage energetske parka
  - $P = P_{\max}$
  - $P < P_{\max}$
2. testiranjem rada energetske parka pri proizvodnji maksimalne reaktivne snage u režimima nadpobude i podpobude za trenutnu vrijednost napona mreže.

##### 4.2.5.2 Preduslovi

Testovi se izvode za sljedeće raspoložive snage energetske parka:

- minimum 60% instalisane snage energetske parka u periodu od 30 minuta,
- minimum 30-50% instalisane snage energetske parka u periodu od 30 minuta,
- minimum 10-20% instalisane snage energetske parka u periodu od 60 minuta.

Test mora biti izveden za gore navedena angažovanja energetske parka, kako bi bio potvrđen opseg raspoložive reaktivne snage energetske parka.

##### 4.2.5.3 Mjerni instrumenti

Podaci koje treba snimati tokom testa:

- raspoloživa aktivna snaga u MW prema raspoloživoj vrijednosti vjetra/sunca koja proizilazi iz algoritma upravljačkog sistema energetske parka,
- aktivna snaga u tački priključenja energetske parka u MW,
- reaktivna snaga energetske parka u tački priključenja, u MVAR,
- napon u tački priključenja, u kV,
- položaj regulacione sklopke mrežnog transformatora.

Potrebno je da rezolucija svih mjerenja bude manja od ili jednaka 1 s ( $\leq 1$ s).



#### 4.2.5.4 Kriterijumi za ocjenu rezultata testa

Simulacija reaktivnih mogućnosti smatra se uspješnom ukoliko je ispunjen uslov da površina U-P/Q dijagrama reaktivnih mogućnosti energetskog parka, dobijenog simulacijama, mora minimalno sadržavati površinu koju čine sve radne tačke definisane U-P/Q dijagramom iz Mrežnog kodeksa.

Test reaktivnih mogućnosti energetskog parka smatra se uspješnim ukoliko su ispunjeni sljedeći uslovi:

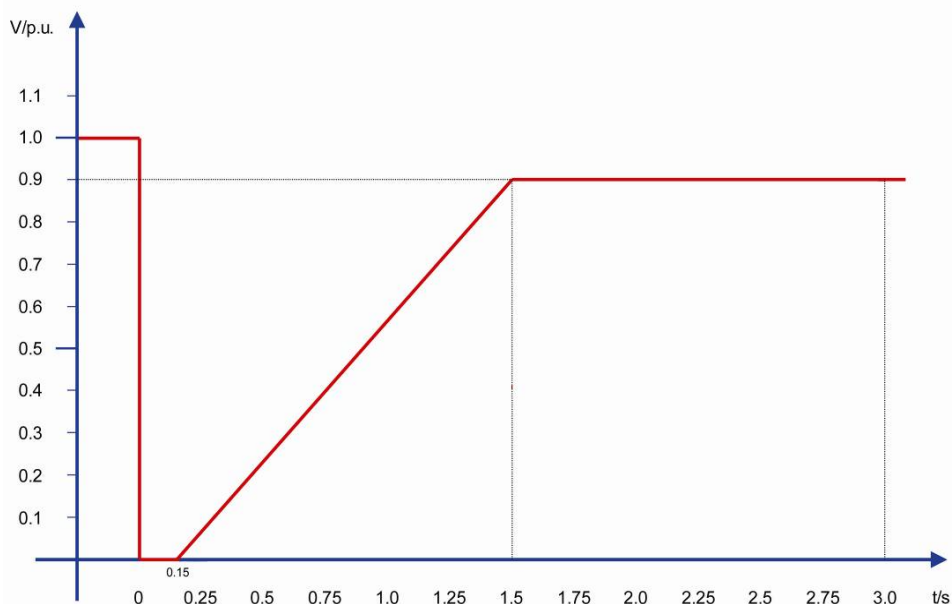
- Uspješno je obavljen prijem naloga za ograničenje aktivne snage energetskog parka.
- Proizvodnja maksimalne reaktivne snage u režimu nadpobude i podpobude za različite vrijednosti raspoložive aktivne snage postignuta je u vremenskom trajanju zahtijevanim Mrežnim kodeksom.
- Energetski park je sposoban da proizvede zahtijevanu vrijednost reaktivne snage u bilo kojoj radnoj tački u skladu sa upravljačkom šemom za regulaciju reaktivne snage energetskog parka.
- Vrijeme dostizanja zadate vrijednosti reaktivne snage je manje od 4 minuta (uvažavajući vrijeme potrebno za promjenu položaja regulacionih transformatora).
- Nije došlo do reagovanja bilo kojeg zaštitnog sistema generatorske jedinice pri zahtijevanim vrijednostima reaktivne snage koji se nalaze unutar definisanog radnog opsega prema pogonskom dijagramu.
- Zabilježena vrijednost proizvodnje/preuzimanja maksimalne reaktivne snage u režimima nadpobude i podpobude pri zabilježenom naponu u tački priključenja mora biti veća ili jednaka zahtijevanoj vrijednosti reaktivne snage prema U-P/Q dijagramu iz Mrežnog kodeksa, uz toleranciju zadate reaktivne snage od  $\pm 5\%$  nominalne reaktivne snage energetskog parka ili  $\pm 5$  MVAR, u zavisnosti koja od ove dvije veličine je veća.

### 4.3 STABILNOST RADA U POREMEĆENIM REŽIMIMA (LOW VOLTAGE RIDE THROUGH – LVRT)

#### 4.3.1 Ispitivanje sposobnosti prolaska kroz stanje kvara/propada napona

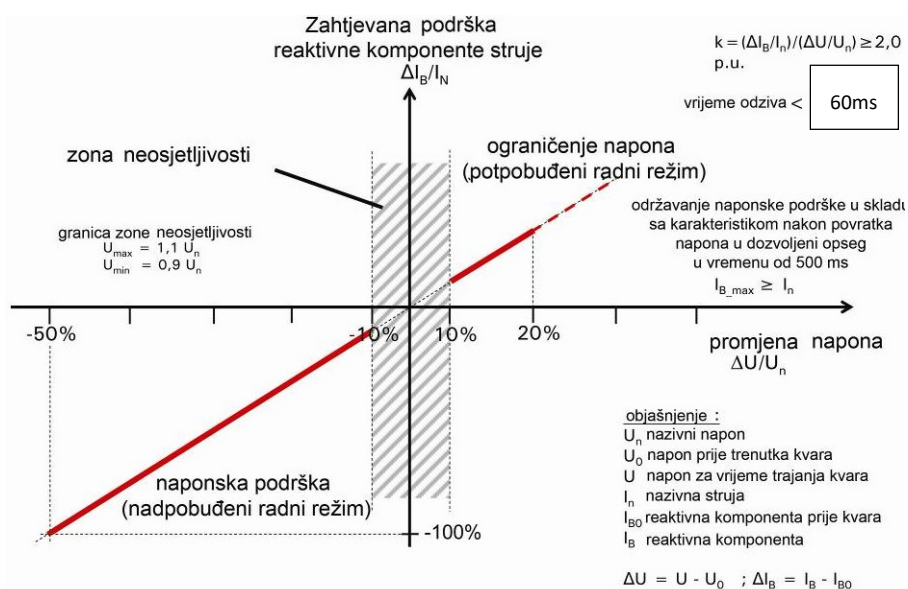
##### 4.3.1.1 Svrha testa

Svrha testa je utvrđivanje sposobnosti energetskog parka da zadrži stabilnost rada za vrijeme pojave kvara u prijenosnoj mreži i nakon njegovog otklanjanja djelovanjem zaštite u propisanom vremenu, kao i sposobnosti da pruži podršku u reaktivnoj snazi u toku trajanja kvara. Prema uslovima propisanim Mrežnim kodeksom, tropolni kratak spoj ili propad napona prouzrokovan kvarom ne smije dovesti do nestabilnosti generatorske jedinice za napone iznad definisane granične krive napona (Slika 4.1), kao ni do isključenja generatorske jedinice sa mreže. Vrijednosti date graničnom krivom (napon, vrijeme) odnose se i na direktni sistem kod nesimetričnih kvarova u sistemu.



Slika 4.1: Granična kriva napona u tački priključenja prilikom kvara u sistemu

Pored toga, energetski park (ili pojedinačne generatorske jedinice unutar energetskog parka) mora obezbijediti naponsku podršku dodatnim injektiranjem reaktivne komponente struje za vrijeme propada napona u prienosnom sistemu. U cilju ispunjavanja ove obaveze, regulacija napona mora biti aktivirana u skladu sa dijagramom prikazanim na slici 4.2 za promjenu napona veću od 10%. Regulator napona se mora odazvati 60 ms (vrijeme reagovanja regulatora) nakon nastanka kvara, injektiranjem reaktivne struje na generatorskoj strani blok transformatora (minimalno 2% nazivne struje za svaki procenat propada napona). Ukupna injektirana reaktivna struja ne smije preći 100% kratkotrajne dozvoljene struje generatorske jedinice.



Slika 4.2: Princip regulacije napona injektiranjem reaktivne snage tokom trajanja kvara

Sposobnosti prolaska energetskog parka kroz stanje kvara/propada napona može biti ispitana:

- dostavljanjem sertifikata ovlaštenih kompanija koje su testirale sposobnosti predmetne generatorske jedinice za prolazak kroz stanje kvara ili utvrđivanjem usaglašenosti podešene krive prolaska kroz stanje kvara (Low Voltage Ride Through) iz tehničke dokumentacije predmetne generatorske jedinice sa zahtijevanom krivom definisanom Mrežnim kodeksom;
- praćenjem odziva energetskog parka (tokom ostalih testova) na propade napona u tački priključenja (prouzrokovanih kvarovima u prijenosnoj mreži) i njegovim poređenjem sa zahtjevom definisanim Mrežnim kodeksom.

Ukoliko se umjesto testa usaglašenosti koristi sertifikat o testiranju u laboratorijskim uslovima, neophodno je obezbijediti neprestano snimanje radnih parametara energetskog parka (u trajnom pogonu) kako bi bio utvrđen njegov odziv pri propadima napona (usljed kvarova u prijenosnoj mreži). Na osnovu zahtjeva, snimljene odzive treba dostaviti NOSBiH-u radi provjere usaglašenosti rada energetskog parka sa tehničkim uslovima iz Mrežnog kodeksa.

#### 4.3.1.2 Mjerni instrumenti

U slučaju snimanja odziva podaci koje treba snimati tokom testa su:

- trenutna aktivna snaga generatorske jedinice u MW,
- trenutna reaktivna snaga generatorske jedinice u MVAR,
- napon na visokonaponskoj strani blok-transformatora, u kV,
- struja na visokonaponskoj strani blok-transformatora, u A.

Potrebno je da rezolucija svih mjerenja bude manja od ili jednaka 10 ms.

#### 4.3.1.3 Kriterijumi za ocjenu rezultata testa

- Test se smatra uspješnim ukoliko je podešena kriva prolaska kroz stanje kvara (*Low Voltage Ride Through*) iz tehničke dokumentacije predmetne generatorske jedinice i dostavljenog sertifikata usklađena sa zahtijevanom krivom definisanom Mrežnim kodeksom.
- Energetski park radi stabilno pri (svim zabilježenim) propadima napona u prijenosnoj mreži uz pružanje zahtijevane naponske podrške

## 4.4 KVALITET ELEKTRIČNE ENERGIJE

### 4.4.1 Ispitivanje kvaliteta električne energije

#### 4.4.1.1 Svrha testa

Svrha testa je utvrđivanje sposobnosti vjetroelektrane da radi stabilno unutar ograničenja definisanih Mrežnim kodeksom za promjenjiva opterećenja i kvalitet električne energije. Ispitivanje kvaliteta električne energije će biti obavljeno tokom izvođenja ostalih testova, uz uobičajene parametre rada vjetroelektrane. Za potrebe ispitivanja kvaliteta, mjerenje se obavlja u tački povezivanja vjetroelektrane na mrežu.

#### 4.4.1.2 Mjerni instrumenti

Podaci koje treba snimati tokom testa:

- aktivna snaga u tački povezivanja vjetroelektrane u MW,
- trenutna reaktivna snaga u tački povezivanja vjetroelektrane u MVar
- kvalitet električne energije na visokonaponskoj strani mrežnog transformatora, u skladu sa zahtjevima iz Mrežnog kodeksa.

Klasa tačnosti mjernih instrumenata mora biti A. Vremenska rezolucija snimanja iznosi 0.25 sekundi.

Instrumentacija za kvalitet električne energije koja treba da mjeri i snima emisiju parametara i napona mreže, mora da omogućiti:

- snimanje reprezentativnih uzoraka parametara kvaliteta za svaki test,
- kontinualno snimanje svih parametara kvaliteta navedenih u Mrežnom kodeksu ,
- bilježenje svih događaja u tački priključenja za svaki test .

Kvalitet električne energije i uticaj različitih režima rada treba snimati tokom normalnog rada vjetroelektrane i prilikom izvođenja testova (kada su radne tačke vjetroelektrane unutar dozvoljene oblasti).

U slučaju testa reaktivnih mogućnosti vjetroelektrane, snimljeni naponski izlaz i parametri kvaliteta biće korišteni kao validni za mjerenje ukoliko su vrijednosti reaktivne energije unutar granica karakteristika rada za vjetroelektranu.

Uticaj energetske parka na kvalitet električne energije utvrđuje se poređenjem rezultata mjerenja za sljedeće pogonske uslove:

- Energetski park ne proizvodi električnu energiju, minimalno 7 dana.
- Energetski park proizvodi električnu energiju, do dostizanja generisanja od minimalno 60% instalisane snage energetske parka u periodu ne kraćem od 7 dana.

Rezultati mjerenja kvaliteta električne energije bez priključenog energetske parka služe kao referenca za poređenje sa rezultatima kada je predmetni energetski park u radnom režimu.

Parametri kvaliteta električne energije mogu biti snimani tokom normalnog rada energetske parka i tokom testova (kada su radne tačke energetske parka unutar dozvoljene oblasti).

#### 4.4.1.3 Kriterijumi za ocjenu rezultata testa

Test se smatra uspješnim ukoliko su snimljeni parametri kvaliteta električne energije i vrijednosti napona unutar zadatih graničnih vrijednosti i u skladu sa zahtjevima iz naredne tabele.

Parametar	Kriterijum	Referenca	Napomena
Napon mreže - varijacije u normalnom pogonu	±10%, ±5%	Mrežni kodeks	u zavisnosti od naponskog nivoa tačke povezivanja vjetroelektrane
Naponska nesimetrija	2%	Mrežni kodeks	≥95% za 10 min prosečne vrijednosti
Faktor snage	0.95ind – 0.95kap	Mrežni kodeks	
Faktor ukupnog harmonijskog izobličenja napona THDu	3%	Mrežni kodeks	≥95% za 10 min prosečne vrijednosti
Pojedinačne vrijednosti harmonika napona	Prema referenci	Mrežni kodeks	Ako nije definisano Mrežnim kodeksom koristiti EN 50160 ili IEC 61000-3-7 ≥95% za 10 min prosečne vrijednosti
Faktor emisije kratkotrajnih flikera Pst	1	Mrežni kodeks	≥95% za 10 min prosečne vrijednosti
Faktor emisije dugotrajnih flikera Plt	0.8	Mrežni kodeks	≥95% za 10 min prosečne vrijednosti

Vrijednosti parametara tokom naponskih poremećaja, prije svega naponskih propada usljed kratkih spojeva u prienosnoj mreži, izuzimaju se iz analize kako je to predviđeno standardima EN 50160 i IEC 61000-3-7.

## 5 SIGNALI, KOMUNIKACIJA I UPRAVLJANJE

### 5.1.1 Svrha testova

Svrha testova je utvrđivanje funkcionalnosti svih digitalnih i analognih signala za vezu između predmetne elektrane i NOSBiH-a odnosno nadležnog centra za upravljanje proizvodnjom dati su kao zajednički testovi koji se moraju provoditi i za elektrane koje su sinhrono povezane na mrežu i za energetske parkove.

Obim testova treba da potvrdi funkcionalnost i tačnost signala koje upravljački sistem elektrane šalje i prima iz NOSBiH-a odnosno nadležnog centra za upravljanje proizvodnjom. Testovi nisu predviđeni za provjeru srednjih vrijednosti signala (kao što je kalibracija pretvarača signala) s obzirom da moraju biti izvršeni prije puštanja elektrane u rad.

### 5.1.2 Obim signalizacije, komunikacije i upravljanja

Signali, komunikacija i upravljanja iz elektrana ka NOSBiH-u odnosno nadležnom centru za upravljanje proizvodnjom su svrstani u pet grupa:

- Lista signala #1: Opći - odnose se na upravljive elektrane,
- Lista signala #2: Meteorološki podaci (za energetske parkove) – energetski parkovi sa instalisanim kapacitetom većim od 10 MW,
- Lista signala #3: Podaci o raspoloživosti generatorskih jedinica većih od 10 MW,
- Lista signala #4: Podaci za upravljanje aktivnom snagom - sve upravljive elektrane,
- Lista signala #5: Podaci za regulaciju učestalnosti.

Signali iz NOSBiH-a odnosno nadležnog centra za upravljanje proizvodnjom prema upravljivim elektranama su prema Mrežnom kodeksu BiH:

- Upravljanje aktivnom snagom,
- Regulacija frekvencije,
- Regulacija napona,
- Grupa signala za isključivanje elektrane.

Sljedeće procedure važe za sve navedene testove.

### 5.1.3 Mjerni instrumenti

Za ovu grupu testova nije predviđena posebna instrumentacija osim displeja u upravljačkom centru elektrane koji treba da prikaže vrijednost i status (prijem/prijenos) svakog signala. U slučaju da dođe do problema sa signalima, za mjerenje digitalnih i analognih signala mogu biti korišteni voltmetar i ampermetar (Voltmetar mora imati mogućnost mjerenja parametara povorke impulsa).

Obavezni su sljedeći instrumenti za testiranje:

- displej u upravljačkom centru elektrane, za prikaz vrijednosti i statusa pojedinih signala,
- dodatni (pomoćni) displej u upravljačkom centru elektrane, za prikaz vrijednosti i statusa pojedinih signala.

Način mjerenja kašnjenja signala:

- upravljiva elektrana ka NOSBiH-u, odnosno, nadležnom centru za upravljanje proizvodnjom - digitalni kanali,
- upravljiva elektrana ka NOSBiH-u, odnosno, nadležnom centru za upravljanje proizvodnjom - analogni kanali,
- dispečerski centar ka upravljivoj elektrani - digitalni upravljački signali,
- dispečerski centar ka upravljivoj elektrani - signali zadavanja operativnog stanja.

Mjerni instrumenti moraju imati klasu tačnosti mjerenja 0.5S ili bolju. Vremenska rezolucija snimljenih podataka iznosi 0.25 sekundi.

#### **5.1.4 Preduslovi**

Svi signali i komunikacija između elektrane i NOSBiH-a, odnosno, nadležnog centra za upravljanje proizvodnjom, kao i upravljački sistemi elektrane moraju biti potpuno operativni prije početka testiranja.

Ova grupa testova je nezavisna od uslova primarnog izvora i trenutne proizvodnje elektrane i oni mogu biti izvedeni kada su uslovi proizvodnje nepogodni za ostale testove ili ukoliko su izvršene značajne promjene na upravljačkim sistemima elektrane.

Svi signali i komunikacija između elektrane i nadležnog dispečerskog centra NOSBiH-a moraju biti potpuno operativni prije početka testiranja. Ukoliko se tokom testiranja usaglašenosti pokaže da pojedini signali i komunikacija nisu potpuno operativni, potrebno ih je osposobiti najkasnije do završetka testiranja.

Testovi iz ove grupe mogu biti izvedeni u bilo kom trenutku tokom ispitivanja usaglašenosti elektrane sa zahtjevima iz Mrežnog kodeksa.

### 5.1.5 Kriterijumi za ocjenu rezultata testa

Za sve digitalne signale, nakon završetka testa, rezultati treba da:

- potvrde prijem svih digitalnih signala iz NOSBiH-a, odnosno, nadležnog centra za upravljanje proizvodnjom,
- potvrde prijem svih signala (elektrana potvrđuje prijem signala iz NOSBiH-a, odnosno, nadležnog centra za upravljanje proizvodnjom i elektrana, potvrdu šalje NOSBiH-u, odnosno, nadležnom centru za upravljanje proizvodnjom odgovarajući signal),
- potvrde prijem svih digitalnih signala iz elektrane,
- potvrde da je elektrana izvršila odgovarajuće akcije unutar zahtijevanog vremena.

Za sve analogne signale, nakon završetka testa, rezultati treba da:

- potvrde da je jačina signala iz NOSBiH, odnosno, nadležnog centra za upravljanje proizvodnjom dovoljna,
- potvrde da je svaka povratna informacija o prijemu analognog signala zadovoljavajućeg nivoa primljena u NOSBiH-u, odnosno, nadležnom centru za upravljanje proizvodnjom iz elektrane,
- potvrde da je svaki analogni signal zadovoljavajućeg nivoa primljen u NOSBiH-u, odnosno, nadležnom centru za upravljanje proizvodnjom iz elektrane.

### 5.1.6 Lista signala #1 iz upravljive elektrane

Ovaj test treba da potvrdi funkcionalnost i tačnost sljedećih signala na relaciji elektrana – NOSBiH, odnosno nadležni centar za upravljanje proizvodnjom.

Ovaj test treba da potvrdi funkcionalnost i tačnost sljedećih signala na relaciji elektrana - nadležni dispečerski centar:

- aktivna snaga (MW) u tački priključenja elektrane na VN strani mrežnog transformatora,
- reaktivna snaga generisanje/potrošnja (+/-MVar) u tački priključenja elektrane na VN strani mrežnog transformatora,
- napon na VN strani mrežnog transformatora,
- raspoloživa aktivna snaga (MW),
- pozicija sklopke mrežnog transformatora,
- on/off status indikatora za sve uređaje reaktivne snage koji prelaze 5 MVar,
- indikatori stanja prekidača i rastavljača,
- upravljanje aktivnom snagom – zadavanje radne tačke,
- naponska regulacija– zadavanje radne tačke,
- regulacija frekvencije,
- relevantni alarmi.

### 5.1.7 Lista signala #2 iz upravljive elektrane

Ovaj test treba da potvrdi tačnost prijema sljedećih analognih signala koji se odnose na meteorološke podatke:

- brzina vjetra,



- pravac vjetra,
- temperatura vazduha,
- pritisak vazduha,
- dotok vode.

#### **5.1.8 Lista signala #3 iz upravljive elektrane**

Ovaj test treba da potvrdi tačnost prijema signala koji se odnose na broj raspoloživih generatorskih jedinica većih od 10 MW.

#### **5.1.9 Lista signala #4 iz upravljive elektrane**

Ovaj test treba da potvrdi funkcionalnost sljedećih analognih i digitalnih signala neophodnih za upravljanje aktivnom snagom iz DC:

- vrijednost zadate radne tačke Aktivne snage (MW),
- status upravljanja aktivnom snagom (on/off).

#### **5.1.10 Lista signala #5 iz upravljive elektrane**

Ovaj test treba da potvrdi funkcionalnost analognih i digitalnih signala neophodnih za učešće elektrane u primarnoj i sekundarnoj regulaciji frekvencije.

- signal režima rada u regulaciji frekvencije,
- status odziva (on/off).

## 6 Literatura

- [1] Mrežni kodeks BiH
- [2] Pravilnik o priključku, ([www.derk.ba](http://www.derk.ba))
- [3] ENTSO-E Network Code on Requirements for Grid Connection Applicable to all Generators, maj 2016.  
ENTSO-E System Operation Guideline, 2016.