

# Testiranje usuglašenosti rada proizvodnih objekata

2018. godina

## Sadržaj

|       |                                                                                |    |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1     | UVOD .....                                                                     | 1  |
| 2     | OPĆI UVJETI .....                                                              | 2  |
| 2.1   | Obveze NOSBiH-a .....                                                          | 2  |
| 2.2   | Obveze korisnika .....                                                         | 3  |
| 2.3   | Realizacija ispitivanja .....                                                  | 3  |
| 3     | TESTOVI USUGLAŠENOSTI RADA ELEKTRANA SINKRONO 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 sustava, generator u praznom hodu .....                          | 14 |
| 3.2.3 | Test pobudnog sustava, 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 IZOLIRANOM 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 USUGLAŠENOSTI RADA ENERGETSKIH PARKOVA .....                           | 22 |
| 4.1   | UPRAVLJANJE AKTIVNOM SNAGOM .....                                              | 22 |
| 4.1.1 | Preduvjeti .....                                                               | 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 | Preduvjeti .....                                                               | 25 |

|        |                                                                                |    |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.2.2  | Automatska regulacija napona .....                                             | 26 |
| 4.2.3  | Automatska regulacija prema zadanoj reaktivnoj snazi.....                      | 27 |
| 4.2.4  | Automatska regulacija prema zadanom 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    | KVALITETA ELEKTRIČNE ENERGIJE .....                                            | 32 |
| 4.4.1  | Ispitivanje kvalitete 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  | Preduvjeti .....                                                               | 36 |
| 5.1.5  | Kriteriji 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 s 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*) utvrđena je obveza testiranja usuglašenosti rada proizvodnih objekata sa zahtijevanim tehničkim uvjetima priključenja u sklopu procedure puštanja u rad novih proizvodnih objekata, u slučaju promjene tehničkih parametara postojećih proizvodnih objekata ili u sklopu redovitog testiranja tijekom eksploatacijskog vijeka proizvodnog objekta.

U okviru ovog dokumenta, NOSBiH utvrđuje opće i *tehničke uvjete za testiranje usuglašenosti 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*).

Cilj testiranja prema navedenim uvjetima jest omogućiti siguran plasman proizvodnje novog proizvodnog objekta kao i sigurnost rada EES-a BiH.

Opći i tehnički uvjeti provjere usuglašenosti 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 uvjeta za provjeru usuglašenosti rada proizvodnih objekata jest specifikacija svih testova koje je neophodno provesti na terenu kao i kriterija za ocjenu rezultata testova, na temelju kojih je moguće utvrditi ispunjava li novi proizvodni objekat sve tehničke uvjete za priključenje na prijenosni sustav BiH.

Dodatno, navedeni uvjeti za provjeru usuglašenosti rada proizvodnih objekata propisuju zasebne uvjete za ispitivanje konvencionalnih proizvodnih objekata sinkrono povezanih na prijenosnu mrežu (hidroelektrane i termoelektrane) kao i energetske parkove (solarne i vjetro elektrane) uvažavajući specifičnosti njihovog rada.

## 2 OPĆI UVJETI

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

### 2.1 Obveze NOSBiH-a

Dužnosti i obveze NOSBiH-a u procesu testiranja usuglašenosti rada proizvodnih objekata su:

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

Lista dokumenata mora obuhvatiti sljedeće:

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

NOSBiH može, djelomično ili u cijelosti, prepustiti nadzor trećem licu. U tom slučaju NOSBiH s angažiranom kompanijom mora osigurati potpisivanje odgovarajućeg Ugovora o povjerljivosti podataka.

## 2.2 Obveze korisnika

Dužnosti i obveze korisnika:

- Korisnik mora obavijestiti NOSBiH o svim izmjenama tehničkih parametara koje mogu utjecati na usuglašenost sa zahtjevima Mrežnog kodeksa.
- Korisnik mora obavijestiti NOSBiH i o svim incidentima unutar njegovog postrojenja koji mogu utjecati na usuglašenost proizvodnog objekta s Mrežnim kodeksom.
- Korisnik mora dostaviti ispitni protokol s detaljnim opisom procedure testiranja u skladu s uvjetima definiranim u okviru ovog dokumenta nakon što od NOSBiH-a dobije Zahtjev za provođenje testova usuglašenosti rada. Ispitni protokol s 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 provjere usuglašenosti rada proizvodnog objekta koje je definirao NOSBiH.
- Korisnik je odgovoran za sigurnost osoblja i postrojenja tijekom obavljanja testova provjere usuglašenosti.
- Korisnik predstavnicima NOSBiH-a mora omogućiti sudjelovanje u testovima za provjeru usuglašenosti, na terenu ili daljinski, iz nadležnog dispečerskog centra.
- Korisnik mora osigurati odgovarajuću opremu za snimanje svih relevantnih signala i mjerenja, kao i raspoloživost nadležnog operativnog osoblja sve vrijeme trajanja testiranja. U slučaju da NOSBiH za određeni test želi koristiti svoju opremu za mjerenje i snimanje odziva, korisnik mora učiniti dostupnim sve potrebne signale.

## 2.3 Realizacija ispitivanja

NOSBiH podnosi Zahtjev za provođenje testova usuglašenosti rada proizvodnog objekta tijekom probnog rada novog proizvodnog objekta odnosno u slučajevima nakon izmjene tehničkih parametara ili planiranog redovitog testiranja usuglašenosti. Zahtjev za provođenje testova usuglašenosti rada proizvodnog objekta mora sadržavati sve opće i tehničke uvjete koje korisnik mora ispuniti u procesu testiranja usuglašenosti.

Nakon dobivanja Zahtjeva za provođenje testova usuglašenosti rada proizvodnog objekta korisnik je dužan u propisanom roku NOSBiH-u dostaviti na odobrenje detaljan ispitni protokol prema kojem će vršiti ispitivanja u skladu s općim i tehničkim uvjetima definiranim u ovom dokumentu.

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

NOSBiH će se konsultirati s nadležnim osobama kako bi osigurao raspoloživost osoblja neophodnog za predloženi datum testiranja. Ukoliko potrebno osoblje nije raspoloživo na datum koji je predložio korisnik, NOSBiH će nastojati prilagoditi datum početka testiranja mogućnostima svih uključenih subjekata. Pri određivanju točnog datuma početka testiranja potrebno je izvršiti i provjeru vremenskih uvjeta za predloženi datum testiranja, imajući u vidu da nepovoljne vremenske prilike (npr. za test energetskog parka to mogu biti nezadovoljavajući uvjeti vjetrova/sunca prema raspoloživoj prognozi) mogu utjecati na rezultate testiranja.

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

Prije početka ispitivanja neophodno je da odgovorne osobe NOSBiH-a i korisnika razmijene kontakte ovlaštenih i odgovornih osoba koje će tijekom provođenja ispitnog protokola biti primarne osobe za razmjenu informacija i suradnju NOSBiH-a i korisnika, 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. Kako bi koordinirali testiranje, predstavnici NOSBiH-a će surađivati s operatorima u nadležnim centrima upravljanja proizvodnjom kao i s osobljem na terenu.

Koordinator testiranja (predstavnik korisnika) predstavnicima NOSBiH-a mora dostaviti rezultate testova (u tiskanom 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 usuglašenosti rada predmetne elektrane s uvjetima Mrežnog kodeksa BIH.

Korisnik je obavezan pripremiti elaborat o svim provedenim testovima izvedenim na elektrani, u kojem će integrirati sve rezultate prikupljene tijekom testova, kao i podatke iz kojih su rezultati izvedeni. Na temelju zaključaka ovog elaborata NOSBiH ocjenjuje rezultate testiranja usuglašenosti.

U okviru tehničkih uvjeta za testiranje usuglašenosti u ovom dokumentu nabrojani su neophodni mjerni instrumenti (s potrebnim standardom točnosti i rezolucijom mjerenja) koje mora osigurati korisnik. U slučaju da zahtijevana instrumentacija ne postoji ili se utvrdi da preciznost instrumenata nije u skladu sa standardima mjerenja zadanih veličina, test automatski dobiva 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 osigurati tehničko osoblje odgovarajućih kvalifikacija za sudjelovanje u realizaciji testova. Tehničko osoblje mora poznavati način funkcioniranja elektrane i njene karakteristike u odnosu na prijenosnu mrežu na koju je povezana. Tehničko osoblje mora biti osposobljeno za podešavanje parametara upravljačkih sustava elektrane. Osim toga, tehničko osoblje korisnika mora komunicirati i surađivati s dispečerskim centrima NOSBiH-a i dispečerskim centrima nadležnog centra upravljanja proizvodnjom tijekom testiranja, s kojim donosi odluke:

- Jesu li uvjeti u prijenosnoj 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 tijekom testiranja.

### 3 TESTOVI USUGLAŠENOSTI RADA ELEKTRANA SINKRONO POVEZANIH NA MREŽU

U okviru ovog poglavlja definirani su tehnički uvjeti testiranja usuglašenosti rada elektrana sinkrono povezanih na prijenosnu mrežu (hidroelektrane i termoelektrane) s uvjetima iz Mrežnog kodeksa.

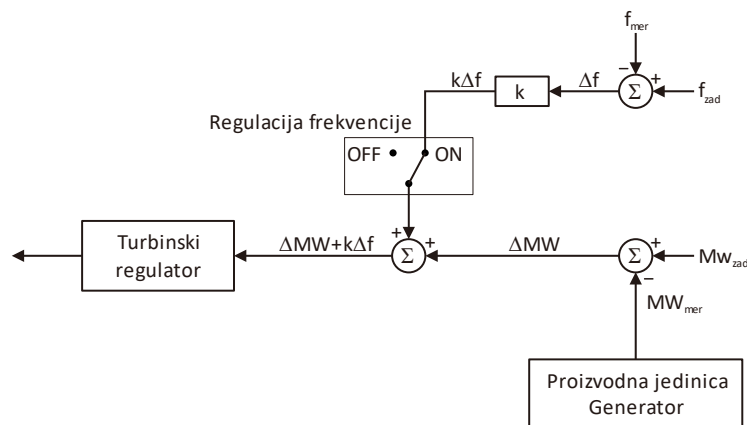
Zahtjevi NOSBiH-a za testiranje elektrana sinkrono povezanih na prijenosnu mrežu podijeljeni su u sljedeće sekcije:

- Upravljanje aktivnom snagom,
- Regulacija napona,
- Stabilizator EES-a,
- Black start,
- Rad proizvodne jedinice u izoliranom 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 verifikacijskih ispitivanja, obveza korisnika (ili osobe koju je korisnik ovlastio) jest da pažljivo demontira sve privremeno postavljene uređaje i vrati sva podešenja (sustava zaštite, sustava lokalnog i daljinskog upravljanja, sustava monitoringa) na standardne operative 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 sustava.



Slika 3.1: Ilustracija dijela regulatora brzine

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

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

Zbog eliminacije utjecaja varijacije frekvencije sustava na rezultate i što realnije simulacije promjene frekvencije sustava, za test se preporučuje korištenje opcije 3. Samo u tom slučaju postoji mogućnost zadavanja točne vrijednosti regulacijske greške po kanalu frekvencije.

#### 3.1.1 Test neosjetljivosti regulatora brzine

##### 3.1.1.1 Svrha testa

Cilj testa je određivanje neosjetljivosti turbinskog regulatora u režimu regulacije frekvencije na promjene frekvencije u elektronergetskom sustavu.

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 tijekom testa:

- aktivna snaga na priključcima generatora, u MW,
- zadana vrijednost snage turbinskog regulatora, u MW,
- zadana vrijednost frekvencije turbinskog regulatora, u Hz,
- kutna brzina generatora, u ob/min,
- simulirana vrijednost učestalosti koja se uvodi u turbinski regulator, u Hz,
- lista alarma registriranih tijekom izvođenja testa, (registriranje na listi alarma u DCS-u).

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

### 3.1.1.3 Preduvjeti

Prije početka testa treba isključiti mrtvu zonu regulatora brzine.

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

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

Prije izvođenja testa neosjetljivosti turbinskog regulatora treba ispuniti sljedeće uvjete:

- Ovlašteni predstavnici NOSBiH-a i korisnika su usuglasili Dnevni plan rada u skladu s očekivanim promjenama snage tijekom testa.
- Angažiranje proizvodne jedinice je usuglašeno s 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 Kriteriji za ocjenu rezultata testa

Test neosjetljivosti regulatora brzine smatra se uspješnim ukoliko je ispunjen uvjet 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 usuglašenosti podešene i mjerene vrijednosti statizma regulatora brzine agregata proizvodne jedinice.

Svrha testa je utvrđivanje usuglašenosti:

- 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 tijekom testa:

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

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

### 3.1.2.3 Preduvjeti

Regulator se, za potrebe testa, prebacuje u režim regulacije snage. Prije početka mjerenja, predstavnici NOSBiH-a i proizvođača EE trebaju usuglasiti angažiranje proizvodne jedinice tijekom 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 usuglasiti 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 uvjete:

- Ovlašteni predstavnici NOSBiH-a i korisnika trebaju usuglasiti vozni red u skladu s očekivanim promjenama snage tijekom testa.
- Angažiranje proizvodne jedinice treba biti usuglašeno s 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 Kriteriji za ocjenu rezultata testa

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

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

- usuglašenost izmjerene i podešene vrijednosti mrtve zone ( $\epsilon$ ),
- usuglašenost izmjerene i podešene vrijednosti uz zadovoljen uvjet (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 određuje se prema jednačini:

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

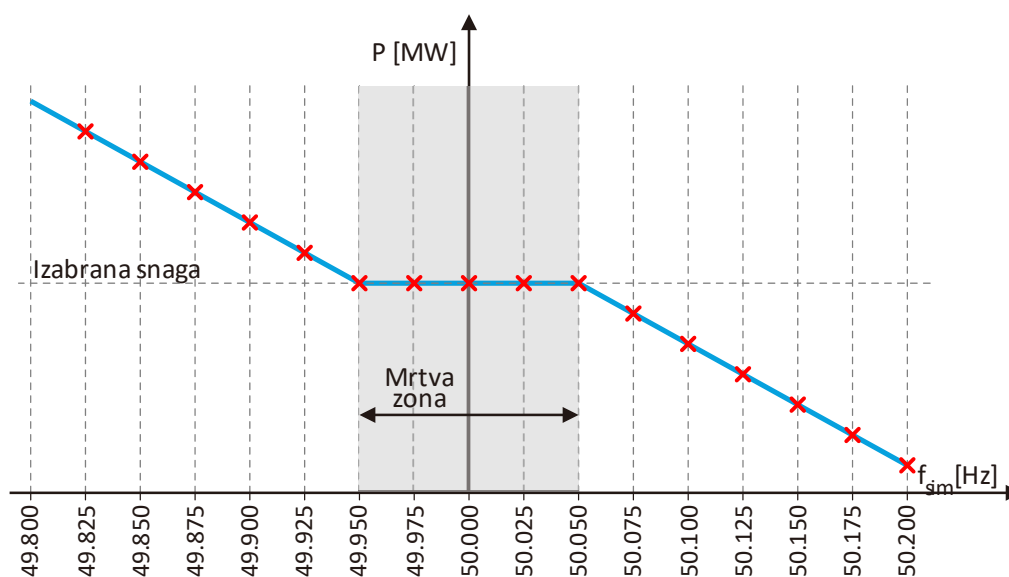
gde je:

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

$f_n$  - nominalna frekvencija sustava, 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 sudjeluje u radu primarne regulacije frekvencije.

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

#### 3.1.3.2 Mjerni instrumenti

Podaci koje treba snimati tijekom testa:

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

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

#### 3.1.3.3 Preduvjeti

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

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

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

#### 3.1.3.4 Kriteriji za ocjenu rezultata testa

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

- Izmjerena vrijednost promjene snage (angažirana regulacijska 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 regulacijske rezerve mora biti usuglašeno sa zahtjevima iz Mrežnog kodeksa.
- Rezerva primarne regulacije proizvodnje mora biti angažirana u potpunosti 30 sekundi nakon poremećaja.

- Pri promjeni frekvencije sustava za  $\pm 200$  mHz, mora biti angažirana 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) računa se 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 neosetljivosti regulatora, u Hz
- $f_n$  - nominalna frekvencija sustava, 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 dobivene iz (mrežnog regulatora) dispečerskog centra, odnosno da angažira aktivnu snagu u skladu s dobivenom 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 tijekom testa:

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

#### 3.1.4.3 Preduvjeti

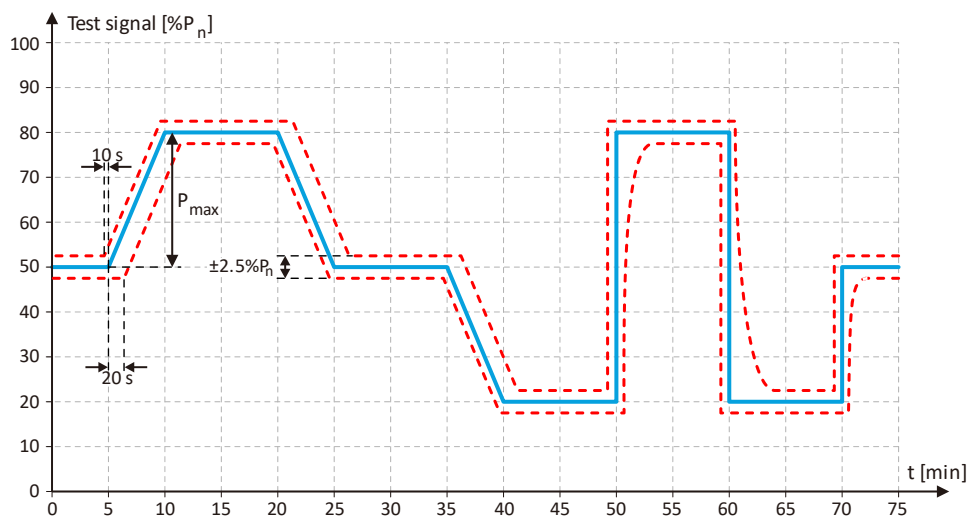
Potrebno je da proizvodna jedinica bude angažirana tako da je osigurana rezerva sekundarne regulacije u oba smjera (pun pozitivni i negativni dio opsega sekundarne regulacije između radne točke i maksimalne ili minimalne vrijednosti).

#### 3.1.4.4 Kriteriji za ocjenu rezultata testa

Probni signal koji se iz mrežnog regulatora šalje proizvodnoj jedinici / grupnom regulatoru aktivne snage elektrane treba izgledati kao na slici 3.3. U prikazanom primjeru, proizvodna jedinica je inicijalno angažirana polovicom 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 smatra se uspješnim ukoliko su ispunjeni sljedeći uvjeti:

- Odziv elektrane se nalazi unutar envelope.
- Zbir svih vrijednosti izvan envelope ne smije biti veći od 1% područja pokrivenog 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 angažirane aktivne snage. Testovi se provode na sljedeći način:

1. simulacijama rada generatorske jedinice, za slučajeve različitih vrijednosti napona mreže i izradom simulacijskog 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 generiranja 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 tijekom testa:

- aktivna snaga u točki konekcije (MW),
- aktivna snaga na priključcima proizvodne jedinice (MW),
- reaktivna snaga u točki konekcije (MVar),
- reaktivna snaga na priključcima proizvodne jedinice (MVar),
- napon na priključcima proizvodne jedinice (kV),
- napon u točki konekcije (kV),
- položaj regulacijske sklopke mrežnog transformatora,
- napon pobude (V),
- struja pobude (A),
- pritisak medija u sustavu hlađenja,
- temperatura rashladnog medija statora (°C),
- temperatura jezgra i namotaja statora (°C),
- temperatura rashladnog medija statora (°C),
- alarmi i događaji registrirani tijekom izvođenja testa (*Alarm/Event page*).

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

### 3.2.1.3 Preduvjeti

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 razdoblju zakazanog ispitivanja, koristit će se rezultati pripadajućih ispitivanja dobiveni tijekom funkcionalnih ispitivanja elektrane. Osim preduvjeta vezanih za parametre prijenosne mreže i stanje EES-a, osigurat će se i sljedeći preduvjeti:

- Ovlašteni predstavnici NOSBiH-a i korisnika usuglasili su vozni red u skladu s očekivanim promjenama snage tijekom testa.
- Angažiranje proizvodne jedinice je usuglašeno s voznim redom.
- Turbinski regulator radi u režimu regulacije frekvencije.
- Sustav 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 angažirati:

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

#### 3.2.1.4 Kriteriji za ocjenu rezultata testa

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

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

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

- 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 postići zadanu vrijednost reaktivne snage, u okviru raspoloživog opsega reaktivne snage.
- Ukoliko zadanu točku P-Q/Pmax dijagrama nije moguće postići 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 točki priključenja mora biti veća ili jednaka zahtijevanoj vrijednosti reaktivne snage prema U-P/Q dijagramu iz Mrežnog kodeksa.

### 3.2.2 Test pobudnog sustava, generator u praznom hodu

#### 3.2.2.1 Svrha testa

Svrha testa je utvrđivanje odziva pobudnog sustava na male poremećaje rada proizvodne jedinice u praznom hodu. Test podrazumijeva snimanje odziva pobudnog sustava 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 tijekom 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 registriranih tijekom izvođenja testa (registriranje na listi alarma u DCS-u).

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

### 3.2.2.3 Preduvjeti

Za izvođenje testa treba osigurati sljedeće preduvjete:

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

### 3.2.2.4 Kriteriji za ocjenu rezultata testa

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

- Odziv pobudnog sustava 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 sustava, generator pod opterećenjem

### 3.2.3.1 Svrha testa

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

### 3.2.3.2 Mjerni instrumenti

Podaci koje treba snimati tijekom testa:

- aktivna snaga u točki konekcije (MW),
- reaktivna snaga u točki 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 regulacijske sklopke mrežnog transformatora,
- napon u točki konekcije (kV),
- alarmi i događaji registrirani tijekom izvođenja testa (*Alarm/Event page*).

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

### 3.2.3.3 Preduvjeti

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

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

Preduvjeti za izvođenje testa:

- Proizvodna jedinica je angažirana 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 učestalosti.
- Stabilizator EES-a je isključen.

### 3.2.3.4 Kriteriji za ocjenu rezultata testa

Test limitera podpobude smatra se uspješnim ukoliko je ispunjen uvjet da regulator napona djeluje kontinuirano i bez nestabilnosti, omogućujući 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 sustav regulacije pobude opremljen stabilizatorom EES (PSS), treba ga uključiti tijekom testa.

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

### 3.2.4.2 Mjerni instrumenti

Podaci koje treba snimati tijekom testa:

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

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

### 3.2.4.3 Preduvjeti

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

- minimalnoj aktivnoj snazi i
- nominalnoj aktivnoj snazi.

Automatski regulator napona treba raditi u režimu automatske regulacije napona.

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

#### **3.2.4.4 Kriteriji za ocjenu rezultata testa**

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

- 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 sustava za regulaciju pobude je prigušen.
- Automatski regulator napona deluje kontinuirano 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, usuglašenosti njegovih podešenja s konstruktivnim ograničenjima proizvodne jedinice i s 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 s pomaknutom granicom prorade limitera.

#### **3.2.5.2 Mjerni instrumenti**

Podaci koje treba snimati tijekom testa:

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

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

#### **3.2.5.3 Preduvjeti**

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

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

#### **3.2.5.4 Kriteriji za ocjenu rezultata testa**

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

- Rad proizvodne jedinice sa strujom rotora većom od dozvoljene je pod nadzorom limitera nadpobude; prekostrujna zaštita rotora ne reagira.
- Limiter nadpobude demonstrira odgovarajuće kašnjenje kako bi bilo izbjegnuto isključenje proizvodne jedinice s 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 utjecaja stabilizatora EES-a na prigušenje oscilacija aktivne snage u frekventnom opsegu koji propisuje NOSBiH, usporedbom s odzivom bez stabilizatora EES-a.

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

Dodatna oprema:

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

Podaci koje treba snimati tijekom testa:

- aktivna snaga u točki konekcije (MW),
- reaktivna snaga u točki konekcije (MVar),
- aktivna snaga na priključcima proizvodne jedinice (MW),
- reaktivna snaga na priključcima proizvodne jedinice (MVar),
- napon na priključcima proizvodne jedinice (kV),
- položaj regulacijske sklopke mrežnog transformatora,
- napon u točki konekcije (kV),
- kutna brzina generatora (ob/min),
- alarmi i događaji registrirani tijekom izvođenja testa (Alarm/Event page).

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

##### **3.3.1.3 Preduvjeti**

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

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

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

Stabilnost za predloženu vrijednost pojačanja stabilizatora će biti utvrđena postupnim pojačavanjem, zaključno s trostrukom vrijednošću predloženog pojačanja. Pojačanje stabilizatora treba izvoditi postupno, uz nadzor rada proizvodne jedinice i pažljivo praćenje naznaka pojave nestabilnosti.

Proizvodna jedinica je angažirana nazivnom aktivnom snagom i radi s (približno) jediničnim faktorom snage.

#### **3.3.1.4 Kriteriji za ocjenu rezultata testa**

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

- Stabilizator EES-a pozitivno utječe na prigušenje oscilacija usljed odskočne promjene reference automatskog regulatora napona.
- Prigušenje oscilacija nastupa u prva dva ciklusa.
- Stabilizator EES-a pozitivno utječe 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 s deklariranom mogućnošću black starta bez vanjskog napajanja vlastite potrošnje. Ovom testu se podvrgavaju samo elektrane s deklariranom mogućnošću black starta, odnosno elektrane koje imaju bar jednu jedinicu s mogućnošću black starta.

Za elektrane s mogućnošću black starta neophodno je osigurati izravnu i redundantnu komunikaciju između NOSBiH-a i proizvođača električne energije, operatora distributivnih mreža, kao i između NOSBiH-a i dispečerskih centara operatora susjednih sustava.

##### **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 Preduvjeti**

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

#### **3.4.1.4 Kriteriji za ocjenu rezultata testa**

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

Test black starta smatra se uspješnim ukoliko je ispunjen uvjet da je proizvodna jedinica pokrenuta bez vanjskog napajanja vlastite potrošnje

### **3.5 RAD PROIZVODNE JEDINICE U IZOLIRANOM 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 tijekom testa:

- aktivna snaga na priključcima proizvodne jedinice (MW),
- reaktivna snaga na priključcima proizvodne jedinice (MVar),
- napon na priključcima proizvodne jedinice (kV),
- aktivna snaga vlastite potrošnje (MW),
- kutna brzina generatora (ob/min),
- napon pobude (V),
- struja pobude (A),
- alarmi i događaji registrirani tijekom izvođenja testa (*Alarm/Event page*).

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

##### **3.5.1.3 Preduvjeti**

Preduvjeti za izvođenje testa rasterećenja generatorske jedinice:

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

##### **3.5.1.4 Kriteriji za ocjenu rezultata testa**

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

- Odziv pobudnog sustava je prigušeno oscilatoran.
- Nakon isključenja, regulator napona i regulator brzine održavaju napon i frekvenciju u opsegu dozvoljenih vrijednosti.
- Svi upravljački sustavi proizvodne jedinice ostaju u automatskom režimu.
- Najmanje trajanje napajanja vlastite 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 sinkrono 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 sinkrono povezane generatorske jedinice kroz stanje kvara/propada napona se utvrđuje:

- na temelju certifikata ovlaštenih kompanija koje su testirale predmetnu generatorsku jedinicu pri sniženom naponu i utvrđivanjem usuglašenosti krivulje prolaska kroz stanje kvara (*Low Voltage Ride Through*) iz tehničke dokumentacije predmetne generatorske jedinice sa zahtijevanom krivuljom definiranom Mrežnim kodeksom;
- praćenjem odziva generatorske jedinice (tijekom ostalih testova) na propade napona u točki priključenja (prouzročenih kvarovima u prijenosnoj mreži) i usporedbom sa zahtjevom definiranim Mrežnim kodeksom.

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

#### 3.6.1.2 Mjerni instrumenti

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

- trenutna aktivna snaga generatorske jedinice (MW),
- trenutna reaktivna snaga generatorske jedinice (MVar),
- 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 Kriteriji za ocjenu rezultata testa

Test se smatra uspješnim ukoliko:

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

## 4 TESTOVI USUGLAŠENOSTI RADA ENERGETSKIH PARKOVA

U okviru ovog poglavlja definirana je procedura testiranja usuglašenosti rada energetskih parkova s uvjetima iz Mrežnog kodeksa.

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

- Upravljanje aktivnom snagom,
- Regulacija napona (Upravljanje reaktivnom snagom),
- Stabilnost rada u poremećenim režimima (*Low Voltage Ride Through* - LVRT),
- Kvaliteta električne energije u skladu s 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 verifikacijskih ispitivanja, obveza korisnika (ili lica koje je korisnik ovlastio) je da pažljivo demontira sve privremeno postavljene uređaje i vrati sva podešenja (sustava zaštite, sustava lokalnog i daljinskog upravljanja, sustava 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 *Preduvjeti*

Za sve testove iz ove sekcije neophodna je raspoloživost svih generatorskih jedinica 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 razini koja je dovoljna za postizanje zahtijevane minimalne snage.

Uvjeti obnovljivog izvora energije (vjetar/sunce) moraju biti zadovoljavajući i na relativno konstantnoj razini.

Dispečerski centar NOSBiH-a odobrava predložene vrijednosti snage tijekom pojedinačnih sekvenci testiranja i period u kojem će biti održavana zadana 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 regulacijskog 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 energetskeg parka da prihvati i izvrši upravljačke signale iz NOSBiH-a, odnosno nadležnog centra upravljanja proizvodnjom za postavne vrijednosti generiranja aktivne snage.

#### 4.1.3.2 Mjerni instrumenti

Podaci koje treba snimati tijekom testa:

- raspoloživa aktivna snaga za raspoloživu brzinu vjetra/sunca u MW; proizlazi iz algoritma upravljačkog sustava energetskeg parka.
- aktivna snaga u točki priključenja energetskeg parka u MW,
- reaktivna snaga u točki priključenja, u MVar,
- napon u točki priključenja, u kV.

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

#### 4.1.3.3 Preduvjeti

Minimalna raspoloživa snaga za potrebe ovog testa iznosi 60% instalirane snage energetskeg parka. Ovisno o raspoloživoj snazi treba odabrati po pet radnih točaka u opadajućem i rastućem redoslijedu. Radne točke se trebaju razlikovati za najmanje 10% instalirane snage energetskeg parka. Nakon dostizanja zadane snage, energetski park mora da održava zadanu snagu najmanje 10 min.

#### 4.1.3.4 Kriteriji za ocjenu rezultata testa

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

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

### 4.1.4 Regulacija frekvencije

#### 4.1.4.1 Svrha testa

Svrha testa je utvrđivanje sposobnosti energetskeg parka da reagira na promjenu frekvencije u sustavu. Imajući u vidu da nije moguće utjecati na vrijednost mrežne frekvencije, ovaj test zahtijeva uvođenje signala željene frekvencije (umesto mjerene vrijednosti frekvencije sustava) u upravljački sustav energetskeg parka. Kada radi u režimu regulacije frekvencije, energetski park mora da promijeni generiranje aktivne snage ovisno o (simulirane) promjeni mrežne učestalosti.

Upravljački sustav energetskeg parka treba podesiti tako da ukoliko radi na frekvenciji većoj od 50.2 Hz, mora reducirati trenutačni plasman aktivne snage u koracima od 40% od trenutačne angažiranosti 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 sustavu

Uzimajući u obzir da NOSBiH može zahtijevati regulaciju frekvencije energetskog parka i pri propadu 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 Preduvjeti

- Treba biti uspješno obavljen test upravljanja aktivnom snagom.
- Uvjeti vjetra/sunca moraju biti dovoljni da osiguraju najmanje 60% instalirane snage generatorske jedinice.

#### 4.1.4.3 Mjerni instrumenti

Podaci koje treba snimati tijekom testa:

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

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

#### 4.1.4.4 Kriteriji za ocjenu rezultata testa

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

- Pri aktiviranoj regulaciji frekvencije, proizvodnja energetskog parka, ovisno o simuliranoj frekvenciji sustava, 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 ovisi o simuliranoj frekvenciji sustava.

### 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 usporedba sa potrebnom brzinom promjene. Osim toga, test treba utvrditi 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 tijekom testa:

- raspoloživa aktivna snaga na temelju raspoložive snage vjetra u MW; proizlazi iz algoritma upravljačkog sustava energetskog parka,
- aktivna snaga u točki priključenja energetskog parka u MW,
- napon u točki priključenja, u kV,
- reaktivna snaga mjerena na niskonaponskoj strani mrežnog transformatora.

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

#### 4.1.5.3 Preduvjeti

Prije početka testa, energetski park mora proizvoditi najmanje 50 % od instalirane snage. U suprotnom, uz suglasnost NOSBiH-a, treba odabrati druge radne točke u okviru raspoložive snage VE.

#### 4.1.5.4 Kriteriji ocjene testa

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

- Uspješno prosljeđivanje svih naloga za smanjenje/povećanje aktivne snage energetskog parka odvija se prema unaprijed zadanoj brzini promjene u smjeru nagore i smjeru nadolje,
- Brzina promjene snage energetskog parka u oba smjera je veća od 10% instalirane snage energetskog parka po minuti. Ovo se ne odnosi na start od nule koji treba izbjegavati pri izvođenju testa.

## 4.2 REGULACIJA NAPONA

### 4.2.1 Preduvjeti

Energetski parkovi moraju imati mogućnost automatskog pružanja podrške u reaktivnoj snazi u režimu rada regulacije napona, regulacije prema zadanoj vrijednosti reaktivne snage ili regulacije prema zadanoj vrijednosti faktora snage. Za sve testove iz ove sekcije neophodno je da broj raspoloživih generatorskih jedinica bude u mogućnosti osiguravati ukupno generiranje aktivne snage od najmanje 50% instalirane snage energetskog parka.

Uvjeti obnovljivog izvora energije (vjetar/sunce) moraju biti dovoljni i na relativno konstantnoj razini.

NOSBiH po potrebi može korigirati zahtijevane opsege promjene napona tijekom pojedinačnih sekvenci testiranja kao i period testiranja.

## 4.2.2 Automatska regulacija napona

### 4.2.2.1 Svrha testa

Svrha testa je utvrđivanje sposobnosti energetskog parka da regulira napon u točki priključenja prema postavnim vrijednostima koje zadaje NOSBiH. Sposobnost elektrane da regulira napon u točki priključenja ovisi o statizmu automatske regulacije napona (AVR), položaju sklopke regulacijskog transformatora i raspoloživoj reaktivnoj snazi generatorskih jedinica (PQ dijagram).

Test treba utvrditi:

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

### 4.2.2.2 Preduvjeti

Uvjeti vjetra moraju biti dovoljni da osiguraju proizvodnju najmanje 60% instalirane snage energetskog parka.

### 4.2.2.3 Mjerni instrumenti

Podaci koje treba snimati tijekom testa:

- raspoloživa aktivna snaga za raspoloživu brzinu vjetra u MW; proizlazi iz algoritma upravljačkog sustava energetskog parka,
- aktivna snaga u točki priključenja energetskog parka u MW,
- reaktivna snaga energetskog parka u točki priključenja, u MVar,
- napon u točki priključenja, u kV,
- položaj regulacijske sklopke mrežnog transformatora.

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

### 4.2.2.4 Kriteriji za ocjenu rezultata testa

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

- Uspješno je izveden prelazak energetskog parka u režim automatske regulacije napona.
- Postignut je stabilan rad energetskog parka u režimu automatske regulacije napona u planiranom razdoblju.
- Potvrđena je sposobnost energetskog parka da vrši regulaciju napona u točki priključenja u granicama raspoložive reaktivne snage prema PQ dijagramu uz toleranciju očekivane reaktivne snage od  $\pm 5\%$  nominalne reaktivne snage energetskog parka ili  $\pm 5$  MVar, ovisno o tome 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 u skladu je s podešenim parametrima regulacije.
- Energetski park postiže ustaljenu vrijednost reaktivne snage u roku od 60 sekundi.

### **4.2.3 Automatska regulacija prema zadanoj reaktivnoj snazi**

#### **4.2.3.1 Svrha testa**

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

- opseg upravljanja reaktivnom snagom prema zadanoj vrijednosti (setpoint),
- točnost regulacije,
- brzina postizanja zadane vrijednosti reaktivne snage.

#### **4.2.3.2 Preduvjeti**

Uvjeti vjetra moraju biti dovoljni da osiguraju proizvodnju najmanje 60% instalirane snage energetskog parka.

#### **4.2.3.3 Mjerni instrumenti**

Podaci koje treba snimati tijekom testa:

- raspoloživa aktivna snaga za raspoloživu brzinu vjetra u MW; proizlazi iz algoritma upravljačkog sustava energetskog parka,
- aktivna snaga u točki priključenja energetskog parka u MW,
- reaktivna snaga energetskog parka u točki priključenja, u MVar,
- napon u točki priključenja, u kV,
- položaj regulacijske sklopke mrežnog transformatora.

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

#### **4.2.3.4 Kriteriji za ocjenu rezultata testa**

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

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

## 4.2.4 Automatska regulacija prema zadanom faktoru snage

### 4.2.4.1 Svrha testa

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

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

### 4.2.4.2 Preduvjeti

Uvjeti vjetra moraju biti dovoljni da osiguraju proizvodnju od najmanje 60% instalirane snage energetskog parka.

### 4.2.4.3 Mjerni instrumenti

Podaci koje treba snimati tijekom testa:

- raspoloživa aktivna snage za raspoloživu brzinu vjetra u MW; proizlazi iz algoritma upravljačkog sustava energetskog parka,
- aktivna snaga u točki priključenja energetskog parka u MW,
- reaktivna snaga energetskog parka u točki priključenja, u MVar,
- napon u točki priključenja, u kV,
- položaj regulacijske sklopke mrežnog transformatora.

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

### 4.2.4.4 Kriteriji za ocjenu rezultata testa

Test automatske regulacije faktora snage u točki priključenja smatra se uspješnim ukoliko su ispunjeni sljedeći uvjeti:

- Uspješno je izveden prelazak energetskog parka u režim automatske regulacije faktora snage u točki priključenja.
- Energetski park dostiže i održava zadane 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.  $\cos\phi = \cos\phi_{\max}$ ,

pri čemu su:

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

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

- Vrijeme stabilnog rada pri svakoj zadanoj vrijednosti faktora snage mora iznositi najmanje 10 min.
- Izmjerena i postavna vrijednost faktora snage su jednake uz toleranciju faktora snage koji odgovara zadanoj reaktivnoj snazi od  $\pm 5\%$  nominalne reaktivne snage energetskog parka ili  $\pm 5$  MVar, ovisno o tome koja od ove dvije veličine je veća.

#### 4.2.5 Test reaktivnih mogućnosti energetskog parka

##### 4.2.5.1 Svrha testa

Svrha testa je utvrđivanje tehničkih sposobnosti energetskog parka da osigura 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 energetskog parka u skladu sa zahtjevima Mrežnog kodeksa. Testovi se provode na sljedeći način:

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

##### 4.2.5.2 Preduvjeti

Testovi se izvode za sljedeće raspoložive snage energetskog parka:

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

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

##### 4.2.5.3 Mjerni instrumenti

Podaci koje treba snimati tijekom testa:

- raspoloživa aktivna snaga u MW prema raspoloživoj vrijednosti vjetra/sunca koja proizlazi iz algoritma upravljačkog sustava energetskog parka,
- aktivna snaga u točki priključenja energetskog parka u MW,
- reaktivna snaga energetskog parka u točki priključenja, u MVar,
- napon u točki priključenja, u kV,
- položaj regulacijske sklopke mrežnog transformatora.

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

#### 4.2.5.4 Kriteriji za ocjenu rezultata testa

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

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

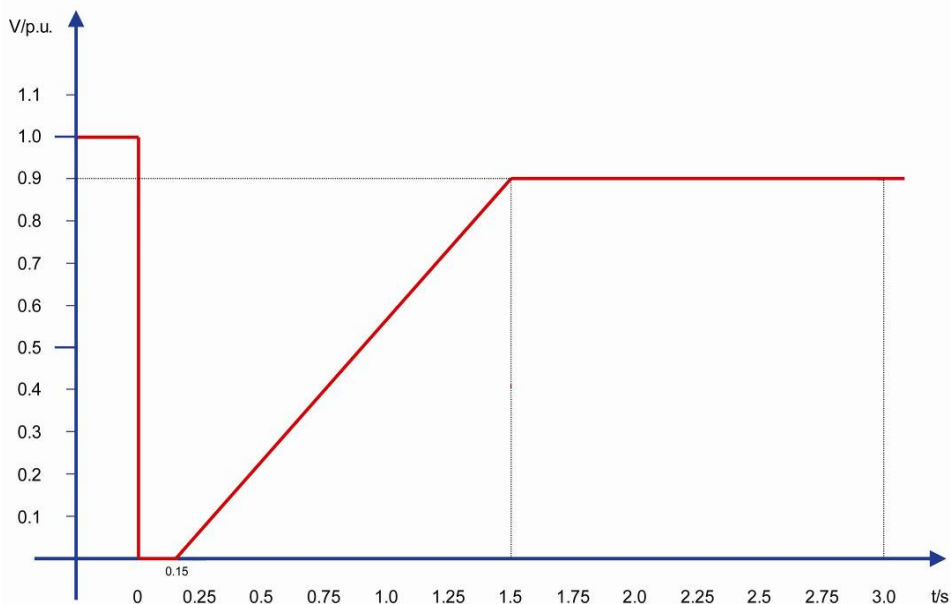
- Uspješno je obavljen prijem naloga za ograničenje aktivne snage energetskog parka.
- Proizvodnja maksimalne reaktivne snage u režimu nadpobude i podpobude za različite vrijednosti raspoložive aktivne snage postignuta je u vremenskom trajanju zahtijevanim Mrežnim kodeksom.
- Energetski park je sposoban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

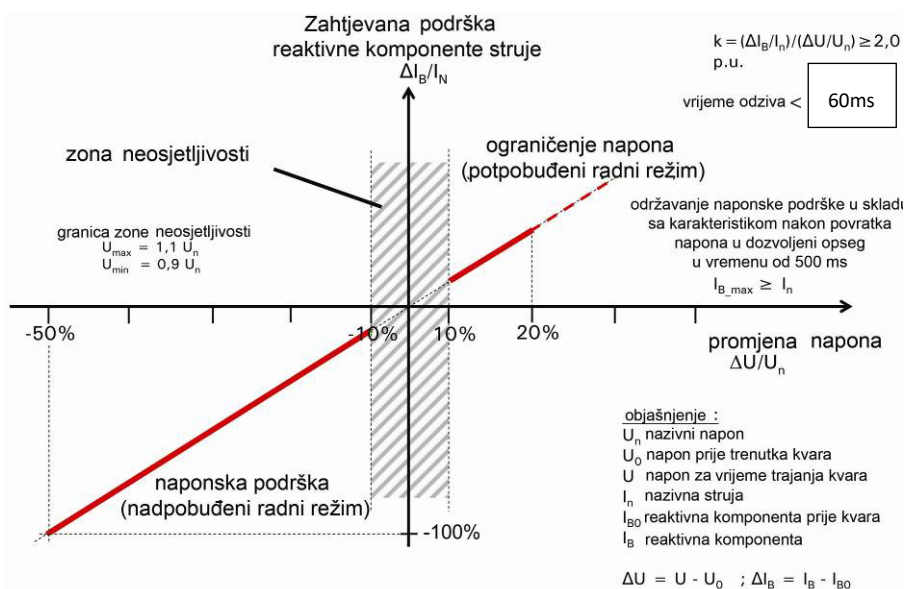
##### 4.3.1.1 Svrha testa

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 tijekom trajanja kvara. Prema uvjetima propisanim Mrežnim kodeksom, trolni kratak spoj ili propad napona prouzročen kvarom ne smije dovesti do nestabilnosti generatorske jedinice za napone iznad definirane granične krivulje napona (Slika 4.2), kao ni do isključenja generatorske jedinice s mreže. Vrijednosti zadane graničnom krivuljom (napon, vrijeme) odnose se i na izravni sustav kod nesimetričnih kvarova u sustavu.



Slika 4.1: Granična krivulja napona u točki priključenja prilikom kvara u sustavu

Osim toga, energetska park (ili pojedinačne generatorske jedinice unutar energetskog parka) mora osigurati naponsku podršku dodatnim uvođenjem reaktivne komponente struje za vrijeme propada napona u prijenosnom sustavu. U cilju ispunjavanja ove obveze, regulacija napona mora biti aktivirana u skladu s dijagramom prikazanim na slici 4.2 za promjenu napona veću od 10%. Regulator napona mora se odazvati 60 ms (vrijeme reagiranja regulatora) nakon nastanka kvara, uvođenjem reaktivne struje na generatorskoj strani blok transformatora (najmanje 2% nazivne struje za svaki postotak propada napona). Ukupna uvođena reaktivna struja ne smije prijeći 100% kratkotrajne dozvoljene struje generatorske jedinice.



Slika 4.2: Princip regulacije napona uvođenjem reaktivne snage tijekom trajanja kvara

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

- dostavljanjem certifikata ovlaštenih kompanija koje su testirale sposobnosti predmetne generatorske jedinice za prolazak kroz stanje kvara ili utvrđivanjem usuglašenosti podešene krivulje prolaska kroz stanje kvara (Low Voltage Ride Through) iz tehničke dokumentacije predmetne generatorske jedinice sa zahtijevanom krivuljom definiranom Mrežnim kodeksom;
- praćenjem odziva energetskog parka (tijekom ostalih testova) na propade napona u točki priključenja (prouzročenih kvarovima u prijenosnoj mreži) i njegovim usporedbom sa zahtjevom definiranim Mrežnim kodeksom.

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

#### 4.3.1.2 Mjerni instrumenti

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

- trenutačna aktivna snaga generatorske jedinice u MW,
- trenutačna 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 Kriteriji za ocjenu rezultata testa

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

## 4.4 KVALITETA 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 definiranih Mrežnim kodeksom za promjenjiva opterećenja i kvalitete električne energije. Ispitivanje kvalitete električne energije bit će obavljeno tijekom izvođenja ostalih testova, uz uobičajene parametre rada vjetroelektrane. Za potrebe ispitivanja kvalitete, mjerenje se obavlja u točki povezivanja vjetroelektrane na mrežu.

#### 4.4.1.2 Mjerni instrumenti

Podaci koje treba snimati tijekom testa:

- aktivna snaga u točki povezivanja vjetroelektrane u MW,

- trenutačna reaktivna snaga u točki povezivanja vjetroelektrane u MVAR
- kvaliteta električne energije na visokonaponskoj strani mrežnog transformatora, u skladu sa zahtjevima iz Mrežnog kodeksa.

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

Instrumentacija za kvalitetu električne energije kojom treba mjeriti i snimati emisiju parametara i napona mreže, mora omogućavati:

- snimanje reprezentativnih uzoraka parametara kvalitete za svaki test,
- kontinuirano snimanje svih parametara kvalitete navedenih u Mrežnom kodeksu ,
- bilježenje svih događaja u točki priključenja za svaki test .

Kvalitetu električne energije i utjecaj različitih režima rada treba snimati tijekom normalnog rada vjetroelektrane i pri izvođenju testova (kada su radne točke vjetroelektrane unutar dozvoljene oblasti).

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

Utjecaj energetske parka na kvalitetu električne energije utvrđuje se usporedbom rezultata mjerenja za sljedeće pogonske uvjete:

- Energetski park ne proizvodi električnu energiju, najmanje 7 dana.
- Energetski park proizvodi električnu energiju, do dostizanja generiranja od najmanje 60% instalirane snage energetske parka u razdoblju koje nije kraće od 7 dana.

Rezultati mjerenja kvalitete električne energije bez priključenog energetske parka služe kao referenca za usporedbu s rezultatima kada je predmetni energetski park u radnom režimu.

Parametri kvalitete električne energije mogu biti snimani tijekom normalnog rada energetske parka i tijekom testova (kada su radne točke energetske parka unutar dozvoljene oblasti).

#### 4.4.1.3 Kriterijumi za ocjenu rezultata testa:

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

| Parametar                                           | Kriterij               | Referenca     | Napomena                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------|------------------------|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Napon mreže - varijacije u normalnom pogonu         | $\pm 10\%$ , $\pm 5\%$ | Mrežni kodeks | ovisno o naponskoj razini točke povezivanja vjetroelektrane                                                              |
| Naponska nesimetrija                                | 2%                     | Mrežni kodeks | $\geq 95\%$ za 10 min prosječne vrijednosti                                                                              |
| Faktor snage                                        | 0.95ind – 0.95kap      | Mrežni kodeks |                                                                                                                          |
| Faktor ukupnog harmonijskog izobličenja napona THDu | 3%                     | Mrežni kodeks | $\geq 95\%$ za 10 min prosječne vrijednosti                                                                              |
| Pojedinačne vrijednosti harmonika napona            | Prema referenci        | Mrežni kodeks | Ako nije definirano Mrežnim kodeksom koristiti EN 50160 ili IEC 61000-3-7<br>$\geq 95\%$ za 10 min prosječne vrijednosti |
| Faktor emisije kratkotrajnih flikera Pst            | 1                      | Mrežni kodeks | $\geq 95\%$ za 10 min prosječne vrijednosti                                                                              |
| Faktor emisije dugotrajnih flikera Plt              | 0.8                    | Mrežni kodeks | $\geq 95\%$ za 10 min prosječne vrijednosti                                                                              |

Vrijednosti parametara tijekom naponskih poremećaja, prije svega naponskih propada usljed kratkih spojeva u prijenosnoj 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 navedeni su kao zajednički testovi koji se moraju provoditi i za elektrane koje su sinkrono povezane na mrežu i za energetske parkove.

Obim testova treba potvrditi funkcionalnost i točnost signala koje upravljački sustav 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 k NOSBiH-u, odnosno, nadležnom centru za upravljanje proizvodnjom svrstani su u pet skupina:

- Lista signala #1: Opći - odnose se na upravljive elektrane,
- Lista signala #2: Meteorološki podaci (za energetske parkove) – energetski parkovi s instaliranim 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 učestalosti.

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 prikazivati 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).

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

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

#### **5.1.4 Preduvjeti**

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

Ova je grupa testova neovisna o uvjetima primarnog izvora i trenutne proizvodnje elektrane i oni mogu biti izvedeni kada su uvjeti proizvodnje nepogodni za ostale testove ili ukoliko su izvršene značajne promjene na upravljačkim sustavima elektrane.

Svi signali i komunikacija između elektrane i nadležnog dispečerskog centra NOSBiH-a moraju biti potpuno operativni prije početka testiranja. Ukoliko se tijekom testiranja usuglašenosti 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 kojem trenutku tijekom ispitivanja usuglašenosti elektrane sa zahtjevima iz Mrežnog kodeksa.

### 5.1.5 Kriteriji za ocjenu rezultata testa

Za sve digitalne signale, nakon završetka testa, rezultati trebaju:

- potvrditi prijem svih digitalnih signala iz NOSBiH-a, odnosno, nadležnog centra za upravljanje proizvodnjom,
- potvrditi 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),
- potvrditi prijem svih digitalnih signala iz elektrane,
- potvrditi da je elektrana izvršila odgovarajuće akcije unutar zahtijevanog vremena.

Za sve analogne signale, nakon završetka testa, rezultati trebaj:

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

### 5.1.6 Lista signala #1 iz upravljive elektrane

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

Ovaj test treba potvrditi funkcionalnost i točnost sljedećih signala na relaciji elektrana - nadležni dispečerski centar:

- aktivna snaga (MW) u točki priključenja elektrane na VN strani mrežnog transformatora,
- reaktivna snaga generiranje/potrošnja (+/-MVar) u točki 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 točke,
- naponska regulacija– zadavanje radne točke,
- regulacija frekvencije,
- relevantni alarmi.

### 5.1.7 Lista signala #2 iz upravljive elektrane

Ovaj test treba potvrditi točnost prijema sljedećih analognih signala koji se odnose na meteorološke podatke:

- brzina vjetra,

- pravac vjetra,
- temperatura zraka,
- tlak zraka,
- dotok vode.

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

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

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

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

Ovaj test treba potvrditi funkcionalnost analognih i digitalnih signala neophodnih za sudjelovanje 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.