



**HEP - OPERATOR PRIJENOSNOG SUSTAVA d.o.o.**

Broj:3-2653/08SB  
U Zagrebu, 31. prosinca 2008.

Na temelju članka 28. Izjave o osnivanju društva HEP-Operator prijenosnog sustava d.o.o. Zagreb, Kupska 4, Posl. broj: OU-828/2005. od 08. srpnja 2005., a sukladno člancima 15. i 16. Zakona o tržištu električne energije („NN” br. 177/04 i 76/07) i članku 4. Mrežnih pravila elektroenergetskog sustava („NN” br. 36/06) donosim

## **ODLUKU**

### **O DONOŠENJU DODATNIH TEHNIČKIH UVJETA ZA PRIKLJUČAK I POGON VJETROELEKTRANA NA PRIJENOSNOJ MREŽI**

1. Dodatni tehnički uvjeti za priključak i pogon vjetroelektrana na prijenosnoj mreži donose se u tekstu koji je sastavni dio ove Odluke.
2. Ova Odluka stupa na snagu i primjenjuje se danom donošenja, a objavit će se na internetskim stranicama HEP-Operatora prijenosnog sustava d.o.o.

**DIREKTOR DRUŠTVA**

  
Dr.sc.Dubravko Šabolić

**HEP - Operator prijenosnog sustava d.o.o.**  
ZAGREB, Kupska 4 1



# DODATNI TEHNIČKI UVJETI ZA PRIKLJUČAK I POGON VJETROELEKTRANA NA PRIJENOSNOJ MREŽI



---

## Sadržaj:

	Str.
1. OPĆE ODREDBE	3
2. DEFINIRANJE KONCEPCIJA RASKLOPNOG POSTROJENJA 110 KV ZA PRIKLJUČAK VJETROELEKTRANA NA PRIJENOSNI ELEKTROENERGETSKI SUSTAV	3
3. REGULACIJA FREKVENCIJE I UPRAVLJANJE DJELATNOM SNAGOM	11
3.1. Tehnički zahtjevi obzirom na regulaciju frekvencije i upravljanje djelatnom snagom vjetroelektrane	11
4. REGULACIJA NAPONA I KOMPENZACIJA JALOVE SNAGE, SPOSOBNOST PROLASKA KROZ STANJE KVARA VJETROELEKTRANE	16
4.1. Regulacija napona i kompenzacija jalove snage	16
4.2. Sposobnost prolaska kroz stanje kvara	17
4.3. Tehnički zahtjevi obzirom na regulaciju napona i kompenzaciju jalove snage te sposobnost prolaska kroz stanje kvara	18
5. ZAHTJEVI ZA PODACIMA O VJETROELEKTRANI U POSTUPKU PRIJAVE ZA PRIKLJUČENJE NA MREŽU I TIJEKOM NJENOG POGONA	20
5.1. Postupak prijave za ishođenje prethodne elektroenergetske suglasnosti i energetske suglasnosti	20
5.2. Zahtjevi operatora prijenosnog sustava za podacima o vjetroelektrani prilikom probnog pogona	21
5.3. Zahtjevi operatora prijenosnog sustava za podacima o vjetroelektrani prilikom redovnog pogona	24

## 1. OPĆE ODREDBE

U cilju sigurnog vođenja sustava sa značajnijim udjelom vjetroelektrana HEP - Operator prijenosnog sustava d.o.o. (HEP-OPS) propisuje vjetroelektranama tehničke zahtjeve s aspekta priključenja i pogona.

Tehnički zahtjevi se propisuju vjetroelektranama zbog njihovog utjecaja na pogon elektroenergetskog sustava koji se može podijeliti na:

- lokalni utjecaj
- utjecaj na elektroenergetski sustav u cjelini (raste s udjelom vjetroelektrana u sustavu).

Lokalni utjecaji, odnosno utjecaji u električki bliskoj mreži su:

- tokovi snaga mrežom i naponi u čvorištima,
- podešenja sustava zaštite, razine struja kratkih spojeva, nazivne veličine prekidača i ostale rasklopne opreme,
- kvaliteta električne energije – harmonička distorzija, flikeri.

Utjecaji na elektroenergetski sustav u cjelini su:

- utjecaj na regulaciju frekvencije i snage u sustavu, tj. na „dispečing“ ostalih generatora u sustavu,
- utjecaj na regulaciju napona i jalove snage,
- utjecaj na dinamičke karakteristike sustava i njegovu stabilnost.

Uvjeti propisani ovim dokumentom odnose se na sve vjetroelektrane priključene na prijenosnu mrežu u nadležnosti HEP-OPS-a, bez obzira na veličinu izgradnje i lokaciju priključka. HEP-OPS zadržava pravo da stjecanjem odgovarajućih pogonskih iskustva izvrši izmjene i/ili dopune ovih Dodatnih tehničkih uvjeta za priključak i pogon vjetroelektrana na prijenosnoj mreži npr. postavljanjem granice veličine izgradnje vjetroelektrana iznad koje se moraju ispunjavati svi postavljeni uvjeti.

## 2. DEFINIRANJE KONCEPCIJA RASKLOPNOG POSTROJENJA 110 KV ZA PRIKLJUČAK VJETROELEKTRANA NA PRIJENOSNI ELEKTROENERGETSKI SUSTAV

Slijedi prikaz podloga-shema koje predstavljaju jednoznačno definirane polazne podatke projektnog zadatka za izradu idejnog i glavnog projekta primarnog sustava priključka vjetroelektrana (povlaštenih proizvođača), tj. rasklopnog postrojenja 110 kV u TS x/110 kV, priključnih vodova 110 kV, sekundarnog i pomoćnog sustava postrojenja.

Izbor osnovne jednopolne sheme postrojenja 110 kV (koja može biti u više dispozicijskih rješenja) posebno je vezan obzirom na postojeće propise zaštite na radu, efikasnost pri održavanju postrojenja i otvorenost rješenja za prihvat opreme različitih isporučitelja, a potrebno je razlikovati sheme za četiri načina priključka vjetroelektrane, koje zadovoljavaju sve predvidive varijante obima gradnje.

## **2.1. JEDNOPOLNE SCHEME RASKLOPNIH POSTROJENJA 110 kV ZA PRIKLJUČAK VJETROELEKTRANE NA PRIJENOSNU MREŽU** u daljnjem tekstu: rasklopno postrojenje 110 kV (RP 110 kV); vjetroelektrana (VE)

### **2.1.1. "Blok" spoj vjetroelektrane - bez sabirnica u RP 110 kV (shema Prilog br. 1)**

- Povlašteni proizvođač priključen je radialno na 110 kV prijenosnu mrežu.
- Na razini 110 kV nema sabirnica, već samo transformatorsko/vodno polje (TRP/VP) za "blok" spoj VE na prijenosnu elektroenergetsku mrežu.
- Transformator x/110 kV u vlasništvu povlaštenog proizvođača priključen je izravno na vod 110 kV.
- Priključni vod (nadzemni ili kabel) 110 kV u vlasništvu povlaštenog proizvođača ili HEP-OPS-a priključen je na postojeće RP 110 kV HEP-OPS-a.
- Obračunsko mjerno mjesto na 110 kV naponu, ovisno o vlasništvu 110 kV voda je:
  - u VP 110 kV, u RP-u 110 kV HEP-OPS-a, za vod u vlasništvu proizvođača, ili
  - u VP-TRP 110 kV u RP-u 110 kV povlaštenog proizvođača, za vod u nadležnosti HEP-OPS-a.
- Granica vlasništva, nadzora, upravljanja i održavanja, ovisno o vlasništvu 110 kV voda, je:
  - izlazni (vodni) rastavljač 110 kV (stezaljke prema prekidaču) u VP-TRP 110 kV u RP-u 110 kV proizvođača, za vod u nadležnosti HEP-OPS-a, ili
  - izlazni rastavljač 110 kV (stezaljke prema vodu) u VP 110 kV u RP- u 110 kV HEP-OPS-a, za vod u vlasništvu povlaštenog proizvođača.

### **2.1.2. Jednostavnije RP 110 kV - priključak 2 ili 3 vodna polja, 1 ili 2 transformatorska polja (shema Prilog br. 2)**

- Jednostavnije RP 110 kV – za priključak 2 ili 3 vodna polja i 1 ili 2 transformatorska polja, definira jednopolna „H“ shema s uzdužno sekcioniranim jednostrukim sabirnicama 110 kV, s dva sekcijiska rastavljača s noževima za uzemljenje svake sekcije i dva naponska mjerna transformatora (po jedan na svakoj sekciji).
- Povlašteni proizvođač priključen je dvostrano na 110 kV prijenosnu mrežu sistemom ulaz-izlaz, nadzemnim vodom ili kabelom, na postojeći DV 110 kV, a moguće je, po potrebi, priključiti još jedan vod 110 kV.
- Transformatori 110/x kV u vlasništvu povlaštenog proizvođača priključeni su na sekcije (1 i 2) sabirnica 110 kV.
- Obračunsko mjerno mjesto je na 110 kV naponu, priključeno na mjerne transformatore u transformatorskom polju 110 kV.
- Granica vlasništva, nadzora, upravljanja i održavanja: sabirnički rastavljači 110 kV (stezaljke prema 110 kV prekidaču TR-a) u transformatorskim poljima 110 kV.

### **2.1.3. Jednostavnije RP-a 110 kV - priključak 4 ili 5 vodnih polja, 1 ili 2 transformatorska polja (shema Prilog br. 3)**

- Jednostavnije RP 110 kV – za priključak 4 ili 5 vodna polja i 1 ili 2 transformatorska polja, definira jednopolna „H“ shema s uzdužno sekcioniranim jednostrukim sabirnicama 110 kV, s dva sekcijiska rastavljača s noževima za uzemljenje svake sekcije, prekidačem 110 kV i dva naponska mjerna transformatora (po jedan na svakoj sekciji).



- Povlaštenu proizvođača priključen je u čvorištu prijenosne mreže koje ima 4 ili 5 vodnih polja.
- Transformatori 110/x kV u vlasništvu povlaštenog proizvođača priključeni su na sekcije (1 i 2) sabirnica 110 kV.
- Obračunsko mjerno mjesto je na 110 kV naponu, priključeno na mjerne transformatore u transformatorskom polju 110 kV.
- Granica vlasništva, nadzora, upravljanja i održavanja: sabirnički rastavljači 110 kV (stezaljke prema 110 kV prekidaču TR-a) u transformatorskim poljima 110 kV.

#### **2.1.4. Složenije RP-a 110 kV s dva sustava sabirnica – priključak 6 ili više vodnih polja, 1, 2 ili više transformatorskih polja (shema Prilog br. 4)**

- Složenije RP 110 kV – za priključak 6 ili više vodnih polja i 1, 2 ili više transformatorskih polja, definira jednopolna shema postrojenja 110 kV s dva sustava sabirnica (W1 i W2), spojnim poljem 110 kV i dva mjerna polja 110 kV. Uzemljivači sabirnica kombinirani su s rastavljačima u spojnem polju.
- Povlaštenu proizvođača priključen je u čvorištu prijenosne mreže koje ima 6 ili više vodnih polja, 1,2 ili više transformatorskih polja. Obim građenja, broj i raspored polja postrojenja 110 kV određuje se etapno za svaki konkretni slučaj planiranja složenije stanice, ovisno o zahtjevu raspjeta vodova, njezinom položaju i funkciji u mreži.
- Transformatori 110/x kV u vlasništvu povlaštenog proizvođača priključeni su na oba sustava sabirnica 110 kV (W1 i W2).
- Obračunsko mjerno mjesto je na 110 kV naponu, priključeno na mjerne transformatore u transformatorskom polju 110 kV.
- Granica vlasništva, nadzora, upravljanja i održavanja: sabirnički rastavljači 110 kV (stezaljke prema 110 kV prekidaču TR-a) u transformatorskim poljima 110 kV.

## **2.2. IZVEDBA RASKLOPNOG POSTROJENJA 110 KV**

Izgradnja priključka građevine povlaštenog proizvođača (vjetroelektrane) i stvaranje tehničkih uvjeta u mreži temelji se na primjeni tipske opreme i tipskih rješenja. Proizvođač je dužan za odabranu opremu, koje još nema ugrađene u postrojenjima HEP-OPS-a, osigurati nužne rezervne dijelove (prema preporuci proizvođača opreme) i stručnu obuku radnika HEP-OPS-a za održavanje iste. Za odabranu jednopolnu shemu RP-a 110 kV proizvođač može odabrati jedno od slijedećih tipskih tehničkih rješenja:

- **Zrakom izolirano RP 110 kV konvencionalne (klasične) izvedbe** – sastoji se od pojedinačnih, odvojeno montiranih VN aparata, međusobno spojenih vodičima ili se više aparata montira na zajedničko postolje i tvore modul.
- **Zrakom izolirano RP 110 kV kompaktne izvedbe** – sastoji se od kompaktnih sklopnih polja sa zajedničkim postoljem sklopnih aparata i mjernih transformatora, bez upotrebe klasičnih rastavljača te s objedinjenim funkcijama.
- **Kombinirano zrakom i plinom izolirano RP 110 kV** – sastoji se od VN postrojenja čiji su svi dijelovi pod naponom, izuzev sabirnica 110 kV i priključaka (VN izolatora) nalaze oklopljeni u uzemljenom metalnom oklopu ispunjenom SF<sub>6</sub> plinom pod tlakom.

## **2.3. POSEBNE NAPOMENE**

### **2.3.1. Nova tehnologija**

Pri izradi idejnog rješenja i glavnog projekta postrojenja 110 kV za priključak vjetroelektrane preko transformatorske stanice x/110 kV prvenstveno se treba osloniti na kvalitetnije i već potvrđene tehničko-tehnološke elemente pojedine opreme i koncepciju cjelovitog postrojenja. Pri tome se treba zalagati za tehnologiju i tehnička rješenja s dugoročnom uporabnom kvalitetom utemeljenom na hrvatskim i međunarodnim normama.

### **2.3.2. Tehnika vođenja pogona postrojenja vjetroelektrane**

HEP-OPS i povlašteni proizvođač upravljat će uređajima u transformatorskoj stanici x/110 kV iz dva upravljačka centra, a ugrađenu opremu održavat će dva ili više različitih poslovnih subjekata, te zbog toga treba utvrditi potrebu i stupanj odvajanja sekundarne opreme i pomoćnog napajanja.

Najdinamičniji kontinuirani tehnološki razvitak dogodio se u području sekundarne opreme i parametara vođenja pogona postrojenja. Integracija funkcija na razini sklopova s decentraliziranim procesorima za skupine funkcija omogućavaju viši stupanj lokalne automatizacije u vođenju pogona i sveobuhvatni daljinski nadzor i upravljanje. U ovom području idejni projekt mora, uvažavajući buduća razgraničenja i nadležnosti, predložiti rješenje s jednim ili dva procesora u tipskom postrojenju. U tom smislu potrebno je usvojiti suvremena rješenja, ali voditi računa da se tipiziraju provjereni sustavi po mogućnosti kompatibilni s postojećim rješenjima. Potrebno je svakako uzeti u obzir, u suradnji sa stručnim službama HEP-OPS-a, aktualnu revitalizaciju sustava daljinskog vođenja HEP-OPS-a.

- U slučaju poremećenog pogona operator prijenosnog sustava ovlašten je, u krajnjoj nuždi, isključiti pojedinog korisnika mreže, zbog čega mora imati mogućnost direktnog isključenja prekidača 110 kV u transformatorskom polju TR x/110 kV povlaštenog proizvođača.
- Za sprječavanje naponskog sloma, operator prijenosnog sustava mora imati mogućnost smanjenja podešene vrijednosti regulatora napona i/ili blokadu regulatora napona.

### **2.3.3. Projektna dokumentacija**

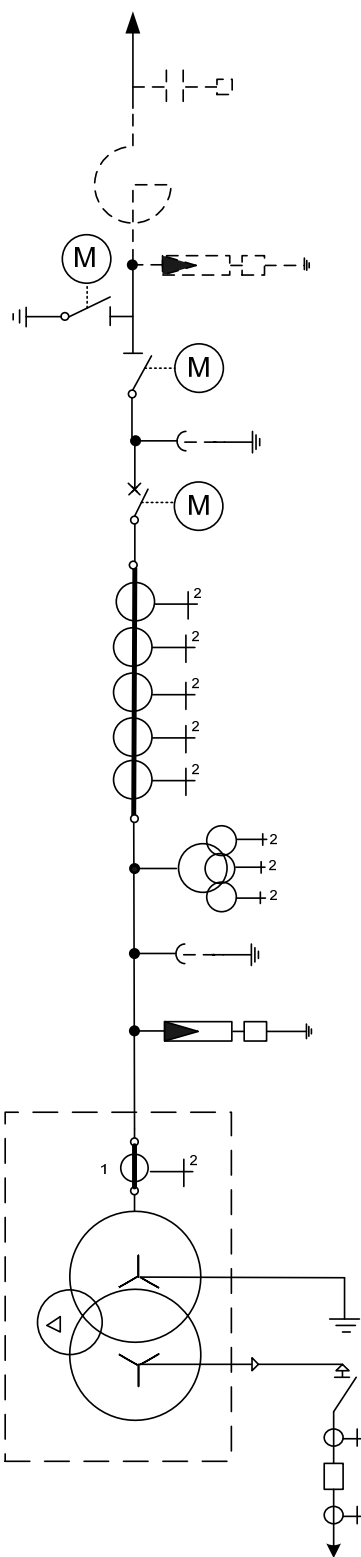
Potrebno je utvrditi da li principi tzv. standardne dokumentacije modula 3. reda (SDM), mogu zadovoljiti novu stanicu i dati odgovarajuća rješenja. Treba analizirati mogućnost različite razine obrade projektne dokumentacije za elektro dio (Idejni projekt) i građevinski dio (Glavni projekt). Idejni projekt treba definirati programsku podršku kojom će se služiti u svim fazama ostvarenja projekta jednog novog objekta. Također valja definirati osobine medija za pohranu dokumentacije.

### **2.3.4. Gradnja transformatorske stanice x/110 kV**

U svjetlu Zakona o prostornom uređenju i gradnji, Zakona o zaštiti okoliša, Zakona o nabavi roba, usluga i ustupanju radova, valja predložiti najbrži način dobivanja prijeko potrebnih suglasnosti i dozvola, mogućnosti prethodnog naručivanja opreme, te etapnost gradnje radi brže realizacije objekta i postizanja niže ukupne cijene, što je obostrani interes povlaštenog proizvođača i HEP-OPS-a.



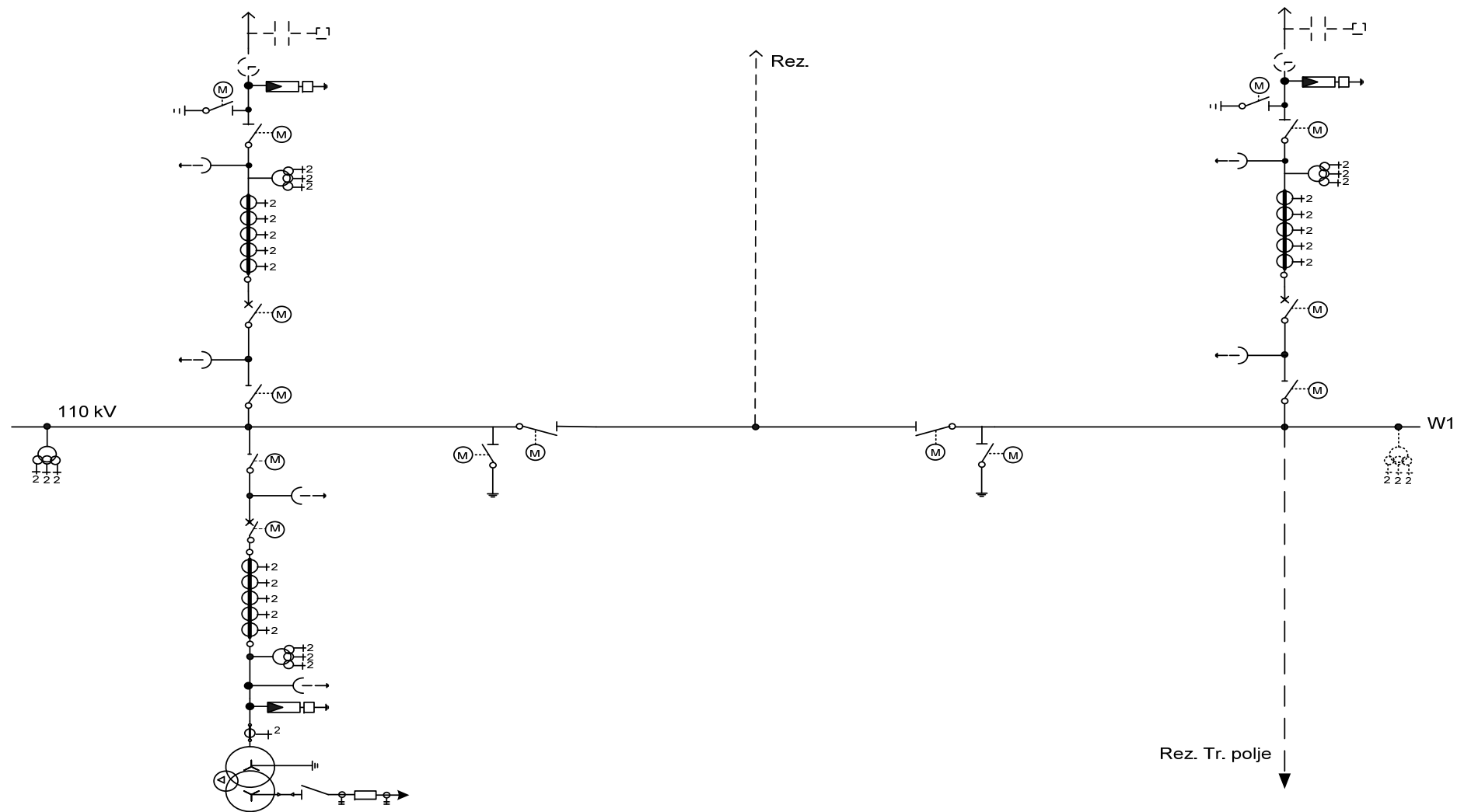
**Priključak vjetroelektrane radijalnim vodom 110 kV u postojeći čvor (TS) mreže**



Prilog broj 1

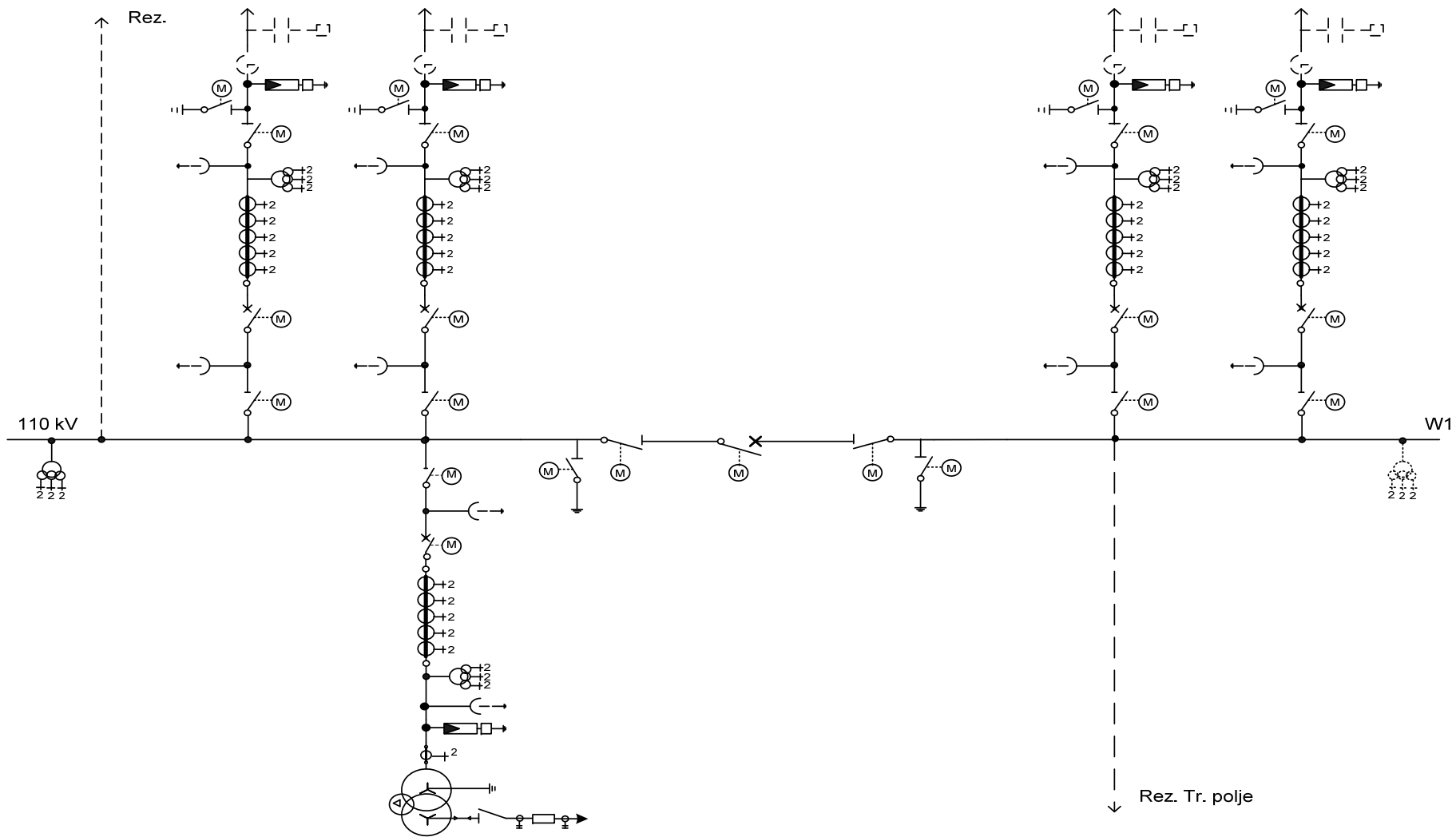


**Tipska TS 110/x kV – priključak 2 ili 3 vodna polja**

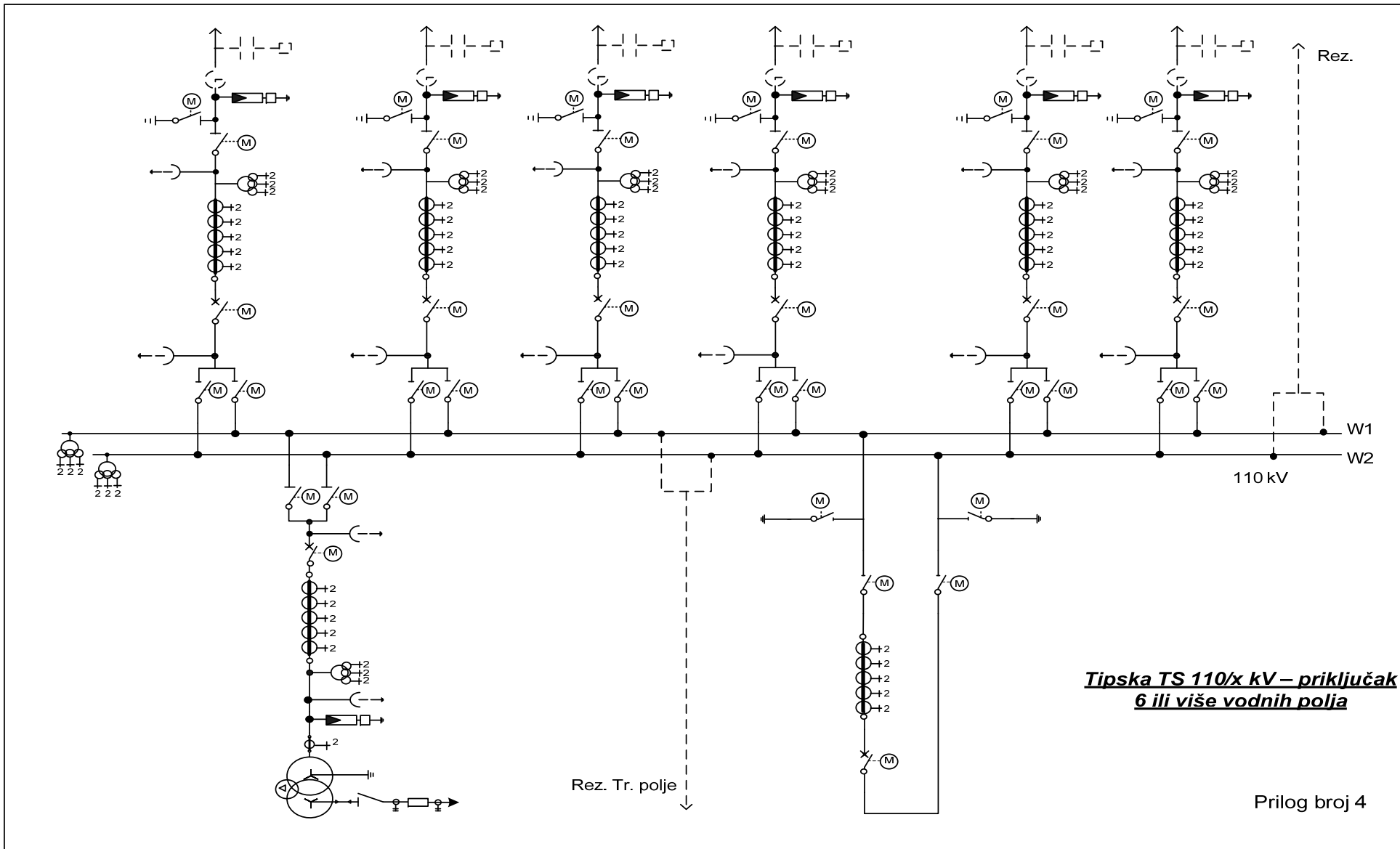


Prilog broj 2

**Tipaska TS 110/x kV – priključak 4 ili 5 vodnih polja**



Prilog broj 3



### **3. REGULACIJA FREKVENCIJE I UPRAVLJANJE DJELATNOM SNAGOM**

Potrošnja u sustavu značajno se mijenja tijekom dana, a potrebno ju je kontinuirano izjednačavati s proizvodnjom u svrhu održavanja frekvencije unutar granica dozvoljenog pogona i ograničavanja nedogovorenih tokova snaga uzduž interkonekcija sa susjednim sustavima. Stoga je od iznimne važnosti za normalan pogon sustava pravilno funkcioniranje sustava regulacije frekvencije.

Dogovoreni raspored snage razmijene s ostalim dijelom europskog sustava (UCTE) mora se obavljati uz maksimalno dozvoljeno odstupanje u iznosu od  $\pm 20$  MW. Prema važećim Mrežnim pravilima hrvatskog elektroenergetskog sustava (točka 4.3.2.1.) zahtijeva se pogon generatora s određenim performansama unutar različitih raspona frekvencije sustava na način kako je opisano u nastavku.

- (1) Nazivna frekvencija u hrvatskom elektroenergetskom sustavu iznosi 50,00 Hz.
- (2) U normalnim pogonskim uvjetima i pri radu hrvatskog sustava u interkonekciji, frekvencija se održava u granicama od 49,95 Hz do 50,05 Hz.
- (3) U normalnim pogonskim uvjetima u izoliranom radu hrvatskog sustava, frekvencija se održava u granicama od 49,50 Hz do 50,50 Hz.
- (4) U poremećenim uvjetima pogona, frekvencija se može kretati od 47,50 Hz do 51,50 Hz.

Iako se frekvencija sustava unutar normalnog raspona uobičajeno održava 99.9% vremena, operator sustava mora osigurati pogon sustava i pri najnepovoljnijim stanjima, odnosno osigurati da svi generatori mogu tolerirati pojavu viših i nižih iznosa frekvencije. Da bi ta zadaća bila ostvarena, Mrežna pravila zahtijevaju od generatora da posjeduju sposobnost mijenjanja izlazne snage prema promjenama frekvencije sustava. Obzirom da električna energija ne može biti uskladištena u dostatnim količinama, proizvodnja i potrošnja moraju biti trajno uravnoteživani zbog čega je neophodno uvesti automatsku regulaciju frekvencije.

U Mrežnim se pravilima zahtjevi koji se pred generatore postavljaju obzirom na sposobnost vođenja normalnog pogona u normalnom frekvencijskom rasponu smatraju temeljnim zahtjevima. Stoga i vjetroelektrane moraju imati sposobnost vođenja kontinuiranog pogona s normalnom nazivnom izlaznom snagom (naravno, uz uvjet dostatne brzine vjetra) pri frekvenciji u rasponu od 49.5 Hz do 50.5 Hz. Regulaciju frekvencije zahtijeva se u cilju vođenja pogona uz zadovoljavanje standarda frekvencije i održavanje prihvatljive razine kvalitete. Ova se regulacija izvodi isključivo korištenjem generatora.

Automatsko djelovanje kao odziv na normalne promjene frekvencije unutar prethodno definiranih razina može se nazvati regulacijom frekvencije. Od svih konvencionalnih generatora koji se nalaze u sinkroniziranom paralelnom pogonu sa sustavom zahtijeva se vođenje pogona pod utjecajem regulatora brzine vrtnje i djelatne snage. Obzirom da u pogonu sustava vjetroelektrana također predstavlja proizvodni objekt i od nje se očekuje posjedovanje određenih sposobnosti doprinosu regulaciji frekvencije.

#### **3.1. Tehnički zahtjevi obzirom na regulaciju frekvencije i upravljanje djelatnom snagom vjetroelektrane:**

- 1) U slučaju pada frekvencije sustava na vrijednosti ispod 47.0 Hz isključenje vjetroelektrane mora se izvesti u roku od 0.3 sekunde od trenutka pojave frekvencije manje od 47.0 Hz.

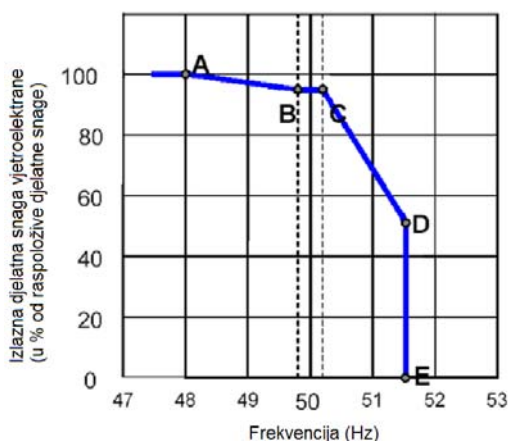


- 2) U slučaju pada frekvencije sustava na vrijednosti ispod 47.5 Hz isključenje vjetroelektrane dozvoljeno je nakon 10 sekundi od trenutka pojave frekvencije manje od 47.5 Hz.
- 3) U slučaju frekvencije sustava između 47.5 Hz i 48.0 Hz vjetroelektrana mora imati sposobnost zadržavanja priključka na sustav barem 10 minuta.
- 4) U slučaju frekvencije sustava između 48.0 Hz i 48.5 Hz vjetroelektrana mora imati sposobnost zadržavanja priključka na sustav barem 20 minuta.
- 5) U slučaju frekvencije sustava između 48.5 Hz i 49.5 Hz vjetroelektrana mora imati sposobnost zadržavanja priključka na sustav barem 60 minuta.
- 6) U slučaju pojave podfrekvencije sustava iznad 49.5 Hz vjetroelektrane mora imati sposobnost zadržavanja priključka na sustav bez vremenskog ograničenja.
- 7) U slučaju pojave nadfrekvencije sustava ispod 50.5 Hz vjetroelektrana mora imati sposobnost zadržavanja priključka na sustav bez vremenskog ograničenja:
  - a. Osim u rasponu između 50.5 Hz i 51.5 Hz u kojem snaga treba biti smanjena uz minimalnu brzinu smanjenja 2% od nazivne djelatne snage vjetroelektrane po 0.1 Hz odstupanju frekvencije sustava iznad 50.5 Hz.
  - b. Niti jedan vjetroturbinski generator ne smije biti pokrenut ukoliko je frekvencija veća od 50.5 Hz.
- 8) U slučaju frekvencije sustava između 50.5 Hz i 51.5 Hz vjetroelektrana mora imati sposobnost zadržavanja priključka na sustav barem 60 minuta.
- 9) U slučaju porasta frekvencije sustava na vrijednosti iznad 51.5 Hz isključenje vjetroelektrane mora se izvesti u roku od 0.3 sekunde od trenutka pojave frekvencije veće od 51.5 Hz.
- 10) Vjetroelektrane moraju imati sposobnost zadržavanja priključka na prijenosni sustav tijekom promjene (pada) frekvencije koja se odvija brzinom do 0.07 Hz/s.
- 11) Navedena sposobnost zadržavanja priključka na sustav ne podrazumijeva sposobnost održavanja određene izlazne snage vjetroelektrane tijekom propisanog vremenskog intervala, budući da je izlazna snaga ovisna o brzini vjetra.
- 12) Vlasnik vjetroelektrane mora unutar vjetroelektrane ugraditi upravljački sustav koji omogućava njezin frekvencijski odziv kako bi se omogućilo sudjelovanje vjetroelektrane u regulaciji frekvencije.
- 13) Upravljački sustav vjetroelektrane mora biti sposoban prihvatiti referentnu veličinu djelatne snage proizvodnje koju nalaže operator sustava u uvjetima potrebe sustava za skraćanjem proizvodnje. Ta se referentna veličina mijenja u stvarnom vremenu prema nalogima operatora sustava, a postavke upravljačkog sustava vjetroelektrane moraju biti prilagođavane sukladno tome.
- 14) Komunikacija između upravljačkog sustava vjetroelektrane i operatora pojedinačnih vjetroturbina treba biti projektirana tako da bez kašnjenja osigura izvođenje svih zahtijevanih promjena u svrhu postizanja željenih rezultata.

- 15) Nepostupanje prema nalogima operatora sustava, posebice obzirom na najveću izlaznu snagu vjetroelektrane može rezultirati privremenim isključenjem vjetroelektrane od strane operatora sustava.
- 16) Za sigurnost pogona vjetroelektrane odgovoran je operator vjetroelektrane. Operator sustava mora biti u mogućnosti daljinski postaviti ograničenje izlazne snage vjetroelektrane.
- 17) Upravljački sustav koji omogućuje regulaciju frekvencije treba biti projektiran tako da uključuje slijedeće parametre i raspone njihovih postavnih vrijednosti u uvjetima normalnog pogona:

Parametar	Postavna vrijednost	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost
Smanjenje snage	5%	0%	25%
Zona nedjelovanja	0.1 Hz	0.0 Hz	0.5 Hz
Statičnost	5%	3%	20%

- 18) Tražena smanjenja snage vjetroelektrane trebaju biti provedena unutar 10 sekundi. Smanjenje izlazne djelatne snage do kojeg dolazi unutar frekvencijskog raspona od 49.5 Hz do 47.5 Hz ne smije biti veće od iznosa proporcionalnog frekvenciji.
- 19) Sustav pružanja frekvencijskog odziva mora imati sposobnost praćenja karakteristike odziva snage na promjenu frekvencije na način koji je predložen na slijedećoj slici.



Karakteristika odziva snage na promjenu frekvencije

Karakteristika s prethodne slike odnosi se na razinu cijele vjetroelektrane. Ova karakteristika treba biti primijenjena na način da se svi raspoloživi vjetroturbinski generatori drže opterećenima umjesto s njihovim pojedinačnim uključivanjem/isključivanjem i to u najvećoj mogućoj mjeri.

- 20) Operator sustava dužan je specificirati dvije karakteristike odziva snage na promjenu frekvencije barem 60 radnih dana prije zakazanog puštanja vjetroelektrane u pogon. Vlasnik vjetroelektrane odgovoran je za primjenu odgovarajućih postavki tijekom pogona.

- 21) Operator sustava može u stvarnom vremenu zahtijevati mijenjanje referentne veličine skraćenja djelatne snage što operator vjetroelektrane mora izvesti unutar jedne minute od primitka odgovarajućeg signala od strane operatora sustava.
- 22) Operator sustava može zahtijevati vođenje pogona vjetroturbinskih generatora na način da su točke 'A', 'B' i 'C' u karakteristici odziva snage vjetroelektrane na promjenu frekvencije postavljene na 100% od raspoložive snage. Takav se slučaj očekuje kao daleko najčešći u praksi.
- 23) Ako se frekvencija poveća iznad razine definirane linijom 'D' - 'E' prema karakteristici sa slike 3.6, vjetroturbinski generator bit će isključen iz sustava. Isključeni vjetroturbinski generator treba ponovno uključiti u sustav čim to postane tehnički izvedivo (uz uvjet da se frekvencija smanjila ispod 50.5 Hz).
- 24) Veličina izgradnje (registrirani kapacitet) vjetroelektrane označava najveći iznos snage koji vjetroelektrana smije injektirati u sustav (pri 50 Hz).
- 25) Operator vjetroelektrane treba osigurati da registrirani kapacitet ne bude prekoračen tijekom njezinog normalnog pogona. Jedina iznimka može se javiti u stanju kvara u sustavu kada poremećaj uzrokuje tranzijentno povećanje injektirane snage ili u slučaju neispravnosti vjetroelektrane koja se uklanja proradom njezinog sustava zaštita.
- 26) Ukoliko izlaznu snagu vjetroelektrane nije moguće držati unutar granica zadanih veličinom izgradnje, tada je operator vjetroelektrane dužan podnijeti zahtjev za odobrenjem povećanja izlazne snage.
- 27) Postavne vrijednosti brzine promjene izlazne snage vjetroelektrane treba propisati operator sustava barem 60 radnih dana prije zakazanog puštanja vjetroelektrane u pogon
- 28) Maksimalna brzina promjene izlazne snage uprosječne tijekom 1-minutnog intervala definira se iznosom od 10% nazivne snage vjetroelektrane na minutu, odnosno maksimalna brzina promjene izlazne snage uprosječne na 10-minutni interval definira se iznosom od 5% nazivne snage vjetroelektrane na minutu. Maksimalne brzine promjene izlazne snage vjetroelektrane mogu se promijeniti u realnom vremenu ukoliko postoje ograničenja u raspoloživoj regulaciji u sustavu, odnosno ukoliko je to nužno zbog sudjelovanja vjetroelektrane u regulaciji frekvencije.
- 29) Operator sustava treba o pokretanju vjetroelektrane biti informiran barem 15 minuta prije njezinog ulaska u pogon nakon što je prethodno bila zaustavljena ili nakon što je bila isključena zbog kvara ili nakon što je bila zaustavljena zbog previsoke brzine vjetra (>25 m/s).
- 30) Informiranje operatora sustava se ne zahtijeva ukoliko se ne očekuje da vjetroelektrana u sustav injektira više od 5 MW djelatne snage u bilo kojem trenutku tijekom prvog sata nakon njezinog pokretanja ili ukoliko do njezinog pokretanja dolazi nakon prethodnog zaustavljanja zbog preniske brzine vjetra. Informiranje operatora sustava se također ne zahtijeva niti ukoliko je vjetroelektrana pokrenuta unutar jedne minute od njezinog prethodnog isključenja.



- 31) U uvjetima visoke brzine vjetra izlazna snaga treba biti smanjivana u fazama koliko god je to moguće, a ne iznenadnim isključenjem svih vjetroturbinskih generatora iz sustava.**
- 32) Operator sustava za sada ne zahtijeva od vjetroelektrana osiguravanje primarne pogonske rezervne snage.**
- 33) Operator vjetroelektrane dužan je dostaviti operatoru prijenosnog sustava cjeloviti model vjetroelektrane u roku i formatu unaprijed definiranom od strane operatora sustava.**

## **4. REGULACIJA NAPONA I KOMPENZACIJA JALOVE SNAGE, SPOSOBNOST PROLASKA KROZ STANJE KVARA VJETROELEKTRANE**

### **4.1. Regulacija napona i kompenzacija jalove snage**

Pojam jalove snage (energije) temelji se na oscilirajućoj razmjeni energije uskladištene u kapacitivnim i induktivnim komponentama elektroenergetskog sustava. Jalova se snaga proizvodi u kapacitivnim komponentama (npr. kondenzatorske baterije, kabeli) i troši u induktivnim komponentama (npr. transformatori, motori itd.). Sinkroni generator je u ovom kontekstu poseban slučaj, jer može proizvoditi jalovu snagu u naduzbuđenom režimu pogona ili trošiti jalovu snagu u poduzbuđenom režimu. Regulacija napona se izvodi upravljanjem razine magnetiziranja generatora, pri čemu visoka razina magnetizacije rezultira s visokim iznosom napona i proizvodnjom jalove snage.

Vjetroagregati, transformatori i drugi interni elementi induktivne naravi troše jalovu snagu koju moraju proizvesti u krugu elektrane ili preuzeti iz sustava. Ukoliko vjetroelektrana povlači jalovu snagu iz sustava, smanjuje se raspoloživa termička opteretivost priključnih vodova za evakuaciju proizvedene djelatne snage. Osim toga, ako vjetroelektrana aktivno regulira iznos napona na svojim priključnicama, onda tijekom prolaznih kvarova to može značajno doprinijeti mogućnosti lakšeg i bržeg prolaska kroz stanje kvara. Za razliku od frekvencije, iznos napona je svojevrsna lokalna osobina sustava. Također, za razliku od djelatne snage, jalovu snagu nije moguće efikasno prenositi na velikim udaljenostima, pa je treba lokalno regulirati u cilju: zadovoljavanja zaštita postrojenja i opreme od oštećenja uslijed previsokih napona, održavanja prijenosa djelatne snage i održavanja odgovarajuće kvalitete napona u čvorištu priključenja korisnika. Veći iznos jalove snage podrazumijeva i veće gubitke u mreži. Tok jalove snage doprinosi gubicima djelatne snage u sustavu, pa je u cilju minimalizacije gubitaka neophodno smanjiti tokove jalove snage po elementima mreže.

Neupravljivo povlačenje jalove snage iz sustava od strane vjetroelektrane može uzrokovati smanjenje iznosa napona u okolnom dijelu sustava. Jednako tako, neupravljiva proizvodnja jalove snage vjetroelektrane može utjecati i na povećanje lokalnih napona. U cilju upravljanja kvalitetom napona u čvorištima priključenja korisnika sustava može se pokazati potreba za uključenjem okolnih generatora ili kompenzacijskih uređaja u pružanje dodatne podrške putem upravljanja jalovom snagom. Stoga u cilju očuvanja kvalitete napona u sustavu i izbjegavanja neravnopravnosti među korisnicima prijenosnog sustava i od vjetroelektrana se zahtjeva posjedovanje određenih sposobnosti upravljanja jalovom snagom. Na taj se način vjetroelektranama omogućuje i sudjelovanje na eventualnom budućem tržištu jalove snage.

Općenito, aspekti vezani uz napon u prijenosnom sustavu su:

- rasponi iznosa napona i promjene napona,
- automatska regulacija napona,
- sposobnost proizvodnje jalove snage i
- sposobnost prolaska kroz stanje kvara.

O sva četiri navedena aspekta treba voditi računa i prilikom pogona vjetroelektrana.

## 4.2. Sposobnost prolaska kroz stanje kvara

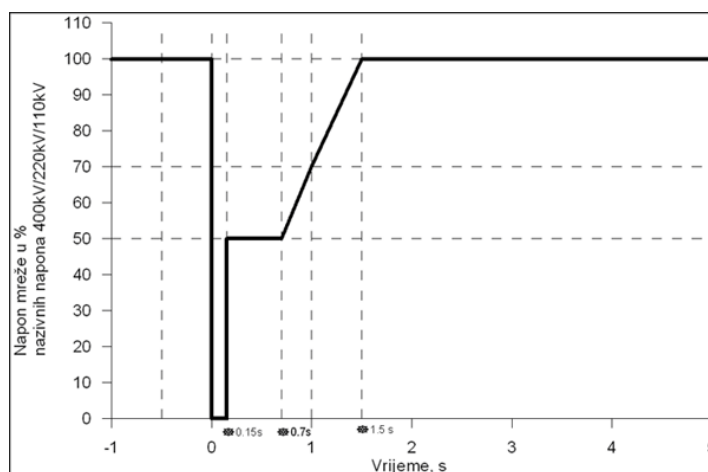
Povećanjem veličine izgradnje vjetroelektrana i udjela vjetroelektrana u proizvodnji električne energije isključenje vjetroelektrana s mreže rezultira dodatnim pogoršanjem stanja kvara. Stoga je svaki promatrani kvar (propad napona) rezultirao isključenjem vjetroelektrana, odnosno smanjenjem proizvodnje, što je predstavljalo veliki problem za operatora sustava u vođenju sustava, ali i za investitora budući da svaki prekid proizvodnje predstavlja smanjenje prihoda.

Zadržavanjem priključka proizvodnih objekata, pa tako i vjetroelektrana pri stanju kvara doprinosi se bržem oporavku napona. Stoga sva nova pogonska ili mrežna pravila u Europi nameću vjetroelektranama obvezu sposobnosti prolaska kroz stanje kvara ili drugim riječima, sposobnost zadovoljavanja potražnje za jalovom snagom u stanju nakon kvara.

Mrežna pravila hrvatskog elektroenergetskog sustava u poglavlju 4.3.4.10. *Ponašanje proizvodne jedinice pri poremećajima u mreži* općenito propisuju da kratki spojevi u blizini elektrane pri ispravnom djelovanju sustava zaštite, ako se otklone unutar 150 ms, ne smiju dovesti u cijelom pogonskom području generatora do nestabilnosti ili odvajanja jedinice od mreže. Ovo vrijedi ako je na sučelju prijenosne mreže i proizvodne jedinice snaga bliskog trolnog kratkog spoja, nakon isključenja kvara šesterostruko veća od nazivne djelatne snage proizvodne jedinice (što pri  $\cos 0,85$  i naponskom faktoru 1 znači da ekvivalentna impedancija sustava gledano od mjesta priključka proizvodne jedinice iznosi najviše 20% nazivne impedancije generatora). Pri tomu ne smije doći do automatskog prespajanja vlastite potrošnje na rezervni izvor energije. Ukoliko neka proizvodna jedinica ne može zadovoljiti zahtjeve iz ovoga stavka, može samo uz odobrenje operatora prijenosnog sustava nastaviti s pogonom.

Proizvodna jedinica se ne smije odvojiti od prijenosne mreže dok god je napon mreže na visokonaponskoj strani blok-transformatora iznad granične krivulje prikazane na slijedećoj slici. Ovaj zahtjev vrijedi i za proizvodne jedinice priključene na naponske razine niže od 110 kV, a koje su pod središnjim nadzorom operatora prijenosnog sustava.

Pri kratkim spojevima udaljenim od elektrane, ako se kvar otkloni djelovanjem mrežne zaštite unutar 5 sekundi, ne smije doći do prespajanja vlastite potrošnje na rezervni izvor, a niti do preventivnog odvajanja proizvodne jedinice od mreže, zbog nepovoljnog utjecaja napona mreže na napon vlastite potrošnje.



Slika 3.1 Granična krivulja dopuštenog napona prijenosne mreže na visokonaponskoj strani blok-transformatora

U nastavku se navode tehnički zahtjevi vjetroelektranama obzirom na regulaciju napona, kompenzaciju jalove snage i sposobnost prolaska kroz stanje kvara.

#### 4.3. Tehnički zahtjevi obzirom na regulaciju napona i kompenzaciju jalove snage te sposobnost prolaska kroz stanje kvara:

1) **Vjetroelektrana treba zadržati trajno priključenje na prijenosni sustav pri maksimalno raspoloživoj djelatnoj snazi ili skraćenoj izlaznoj djelatnoj snazi:**

- unutar pogonskih raspona propisanih u Mrežnim pravilima za sve generatore u sustavu, tj:

vjetroelektrana mora ostati trajno priključena na prijenosnu mrežu pri maksimalno raspoloživoj djelatnoj snazi ili skraćenoj izlaznoj djelatnoj snazi unutar slijedećih normalnih raspona napona prijenosne mreže:

- 400 kV prijenosna mreža: 360 kV - 420 kV;
- 220 kV prijenosna mreža: 198 kV - 242 kV;
- 110 kV prijenosna mreža: 99 kV - 121 kV.

vjetroelektrana mora ostati trajno priključena na prijenosnu mrežu pri maksimalno raspoloživoj djelatnoj snazi ili skraćenoj izlaznoj djelatnoj snazi unutar slijedećih raspona napona koji se mogu javiti tijekom poremećaja ili kvarova u prijenosnoj mreži:

- 400 kV prijenosna mreža: 340kV - 460 kV;
- 220 kV prijenosna mreža: 187kV - 253 kV;
- 110 kV prijenosna mreža: 94 kV - 127 kV.

- za skokovite promjene napona u prijenosnoj mreži u iznosu do 10% od nazivne vrijednosti unutar pogonskih raspona.

2) **Vjetroelektrana koja je na prijenosnu mrežu priključena preko istog transformatora zajedno s drugim potrošačkim teretima treba također imati regulaciju faktora snage.**

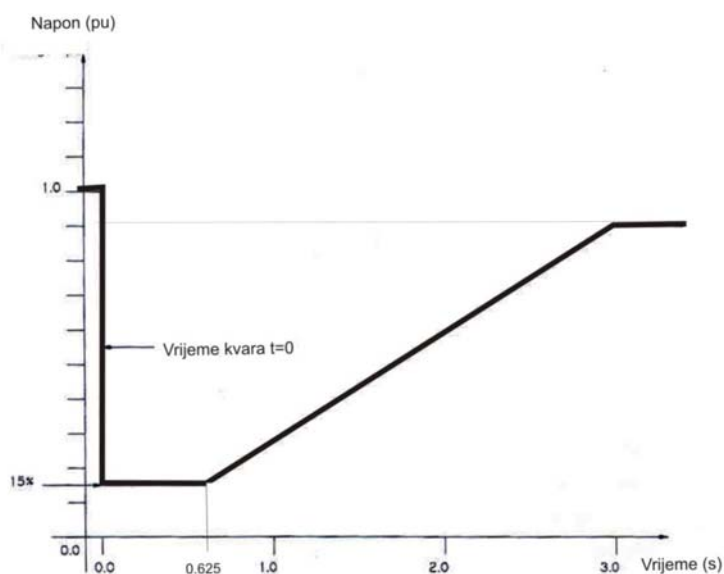
3) **Ukoliko se regulacija napona izvodi na razini cijele vjetroelektrane umjesto na razini pojedinačnih vjetroagregata, tada raspon raspoloživog faktora snage ne smije biti manji od onog koji bi bio raspoloživ kada bi se regulacija napona izvodila korištenjem pojedinačnih vjetroagregata.**

4) **Vjetroelektrana treba biti sposobna regulirati iznos napona u čvorištu priključenja na prijenosnu mrežu te postići njegov iznos prema postavnoj vrijednosti koju određuje operator prijenosnog sustava, unutar raspona njenog faktora snage između 0.95ind i 0.95kap.**

5) **Postavnu vrijednost definira HEP-OPS barem 60 radnih dana prije zakazanog puštanja vjetroelektrane u pogon. Operator vjetroelektrane odgovoran je za primjenu postavne vrijednosti u fazi puštanja u pogon. Statičnost ili nagib karakteristike može povremeno biti mijenjana u ovisnosti o potrebama sustava. HEP-OPS mora izvijestiti operatora vjetroelektrane barem dva tjedna unaprijed o traženoj izmjeni postavne vrijednosti. Operator vjetroelektrane mora formalnim putem potvrditi da su tražene izmjene primijenjene u roku od dva tjedna od primitka formalno izdanog naloga operatora sustava.**

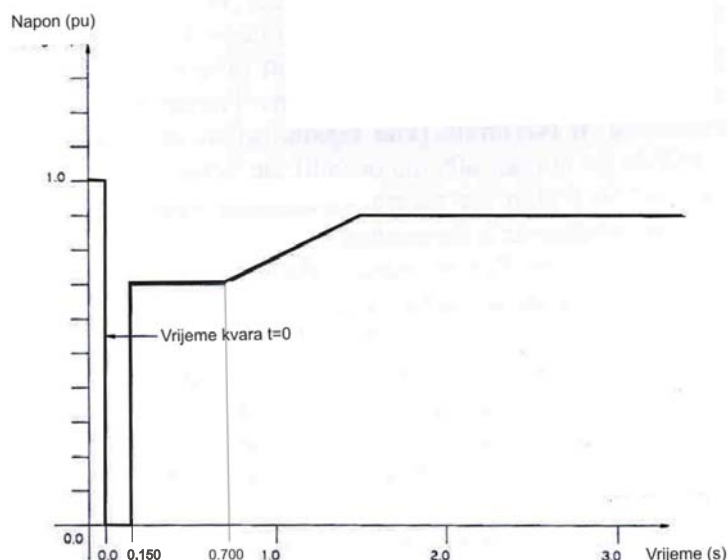


- 6) Ovisno o opravdanim potrebama u sustavu HEP-OPS može zatražiti brzinu odziva sustava za regulaciju napona takvu da nakon skokovite promjene iznosa napona u čvorištu priključenja vjetroelektrana postigne 90% od njezine stacionarne jalove snage unutar jedne sekunde.
- 7) Nakon provedenih razmatranja navedenih opcija za vrijeme injektiranja djelatne snage u sustav, vjetroelektrana mora biti sposobna voditi pogon uz raspon faktora snage od 0.95ind do 0.95kap. Neophodno je spomenuti da se ovaj zahtjev postavlja na cijelu vjetroelektranu, što znači da je u postupak neophodno uključiti transformatore i srednjonaponski distribucijski sustav unutar vjetroelektrane.
- 8) Svaka vjetroelektrana mora biti sposobna podnijeti propad napona na razinu od 15% nazivne vrijednosti u periodu od 625 ms bez gubitka priključka. Ukoliko iznos napona u čvorištu priključenja opadne kvazi-stacionarno (ne mijenja se brže od 5% po minuti) na razinu ispod 90% nazivne vrijednosti, do isključenja mora doći najranije poslije 3 sekunde kako je prikazano slijedećom slikom.



#### Sposobnost prolaza vjetroelektrane kroz stanje kvara u sustavu

- 9) Ukoliko je simetrična komponenta doprinosa struji kratkog spoja od strane generatora dvaput ili više veća od nazivne struje, onda mora biti zadovoljena krivulja prikazana slijedećom slikom.



**Zahtjevi za sposobnost prolaska kroz stanje propada napona onih vjetroelektrana koje značajnije doprinose struji kratkog spoja u priključnom čvorištu**

## **5. ZAHTJEVI ZA PODACIMA O VJETROELEKTRANI U POSTUPKU PRIJAVE ZA PRIKLJUČENJE NA MREŽU I TIJEKOM NJENOG POGONA**

**5.1. U postupku prijave za ishođenje prethodne elektroenergetske suglasnosti i energetske suglasnosti operatoru sustava nužno je dostaviti slijedeće tehničke podatke:**

- podaci o vlasniku građevine,
- podaci o odgovornoj osobi,
- adresa građevine,
- priključna snaga,
- kategorija proizvodnje,
- rok priključenja,
- nazivna snaga i karakteristike objekta za proizvodnju električne energije,
- način korištenja snage i energije,
- predvidiva godišnju proizvodnju električne energije,
- druge podatke (primjerice: tehničke podatke o vlastitom izvoru napajanja, podatke o postojećem obračunskom mjernom mjestu i dr.)
- broj prethodne elektroenergetske suglasnosti i datum izdavanja,
- broj ugovora o priključenju i datum zaključenja,
- građevinska dozvola ili drugi odgovarajući akt na temelju kojega se može graditi građevina,
- dio glavnog ili izvedbenog projekta koji se odnosi na elektroenergetske objekte i instalacije proizvođača (pod ovom stavkom trebalo bi uključiti i rezultate statičke analize mogućnosti prihvata vjetroelektrane u prijenosni sustav i idejno rješenje priključka),
- potvrda izvođača da su elektroenergetski objekti i instalacije kupca ili proizvođača izvedeni i ispitani u skladu s prethodnom elektroenergetskom suglasnošću, projektnom dokumentacijom te prema tehničkim propisima i normama, s izričitim izjavom izvođača da se isti mogu priključiti na mrežu te propisane dokaze kvalitete.

## 5.2. Zahtjevi operatora prijenosnog sustava za podacima o vjetroelektrani prilikom probnog pogona

HEP-OPS mora zatražiti izvršenje serije testiranja vjetroelektrane u cilju dokazivanja sukladnosti postavljenim zahtjevima.

Program testiranja treba biti odobren od strane operatora prijenosnog sustava barem mjesec dana prije prvog pokretanja vjetroelektrane. Testiranje vjetroelektrane potrebno je provesti u skladu s IEC propisima (npr. IEC 61400-21), a provesti ga može HEP-OPS ili druga tvrtka ovlaštena za takve vrste poslova. Ukoliko se dogode bilo kakve promjene koje utječu na vladanje vjetroagregata obzirom na pokazatelje kvalitete isporučene električne energije, potrebno je ponovno provesti testiranje.

Podaci o vjetroelektrani koji tijekom probnog pogona trebaju biti snimljeni i dostavljeni operatoru prijenosnog sustava obuhvaćaju slijedeće:

- izlazna djelatna snaga vjetroelektrane,
- izlazna jalova snaga vjetroelektrane,
- napon niže naponske strane uzlaznog transformatora u čvorištu priključenja vjetroelektrane na prijenosni sustav,
- napon više naponske strane uzlaznog transformatora u čvorištu priključenja vjetroelektrane na prijenosni sustav,
- terminalski napon vjetroagregata.

Ove veličine trebaju biti zabilježene za slijedeća karakteristična testna stanja vjetroelektrane:

- pokretanje i zaustavljanje vjetroelektrane,
- ponašanje u uvjetima nagle promjene napona,
- ponašanje u uvjetima promjene frekvencije sustava (testiranje sustava regulacije frekvencije),
- ponašanje u uvjetima visoke brzine vjetra i nagle promjene vjetra,
- testiranje kvalitete električne energije koju isporučuje vjetroelektrana.

U nastavku se navode tablice s potrebnim podacima koje operator vjetroelektrane treba dostaviti operatoru prijenosnog sustava prije probnog pogona.

Tablica 5.1 Opći parametri organizacije koja je provela testiranje

Naziv organizacije koja je provela testiranje	
Broj izvještaja	
Opis vrste vjetroturbine	
Proizvođač vjetroturbine	
Serijski broj testirane vjetroturbine	

Tablica 5.2 Dokumentacija testiranja

Dokumentacija testiranja	Datum testiranja
Opis testirane vjetroturbine, uključivši postavke upravljačkih parametara	
Opis mjesta testiranja i priključenja na mrežu	
Opis opreme za testiranje vjetroturbine	
Opis uvjeta pri testiranju vjetroturbine	
Napomena o iznimkama od standarda IEC 61400-21	



Tablica 5.3 Bilješka o izvođaču testiranja

Izradio	
Provjerio	
Dozvolio	
Datum izdavanja	

Tablica 5.4 Opći parametri

Tip vjetroturbine (horizontalna/vertikalna os)	
Broj elisa propelera	
Promjer rotora (m)	
Visina osi vratila (m)	
Upravljanje elisama ( <i>pitch/stall</i> )	
Upravljanje brzinom (stalna/promjenjiva)	
Tip generatora i nazivna snaga (kW)	
Frekvencijski pretvarač i nazivna snaga (kW)	

Tablica 5.5 Nazivni parametri

Naziv parametra	Iznos parametra
Nazivna snaga, $P_n$ (kW)	
Nazivna brzina vjetra, $v_n$ (m/s)	
Nazivna prividna snaga (s uračunatom lokalnom kompenzacijom), $S_n$ (kVA)	
Nazivna jalova snaga (s uračunatom lokalnom kompenzacijom), $Q_n$ (kvar)	
Nazivna struja (s uračunatom lokalnom kompenzacijom), $I_n$ (A)	
Nazivni napon (linijski), $U_n$ (V)	

Tablica 5.6 Najveća dozvoljena snaga

Naziv parametra	Iznos parametra
Procijenjena vrijednost, $P_{mc}$ (kW)	
Normalizirana vrijednost, $p_{mc} = P_{mc} / P_n$ izmjerena vrijednost	

Tablica 5.7 Najveća izmjerena snaga – prosječna vrijednost unutar 60 s perioda

Opis i oznaka parametra	Vrijednost
Izmjerena vrijednost, $P_{60}$ (kW)	
Normalizirana vrijednost, $p_{60} = P_{60} / P_n$	

Tablica 5.8 Najveća izmjerena snaga – prosječna vrijednost unutar 0.2 s perioda

Opis i oznaka parametra	Vrijednost
Izmjerena vrijednost, $P_{0,2}$ (kW)	
Normalizirana vrijednost, $p_{0,2} = P_{0,2} / P_n$	

Tablica 5.9 Najveća izmjerena brzina porasta proizvodnje – prosječna vrijednost unutar 60 s perioda

Opis i oznaka parametra	Vrijednost
Izmjerena vrijednost, $\Delta P_{0,60}$ (kW/s)	
Normalizirana vrijednost, $\Delta p_{0,260} = \Delta P_{60} / P_n$	

Tablica 5.10 Najveća izmjerena brzina smanjenja proizvodnje – prosječna vrijednost unutar 60 s perioda

Opis i oznaka parametra	Vrijednost
Izmjerena vrijednost, $\Delta P_{60}$ (kW/s)	
Normalizirana vrijednost, $\Delta p_{60} = \Delta P_{60} / P_n$	



Tablica 5.11 Izmjerena jalova snaga – uračunata lokalna kompenzacija

Izlazna djelatna snaga (% od $P_n$ )	Izlazna djelatna snaga (kW)	Jalova snaga (kvar)
0		
10		
20		
30		
40		
50		
60		
70		
80		
90		
100		

Tablica 5.12 Procijenjena jalova snaga – uračunata lokalna kompenzacija

Opis i oznaka parametra	Vrijednost
Procijenjena jalova snaga pri $P_{mc}$ (kvar)	
Procijenjena jalova snaga pri $P_{e0}$ (kvar)	
Procijenjena jalova snaga pri $P_{0,2}$ (kvar)	

- Snimljena karakteristika izlazne djelatne i jalove snage vjetroagregata pri referentnoj veličini testnog priključnog napona smanjenog za 1%  $U_n$ , a zatim višekратно skokovito povećavanog za 2%  $U_n$ .
- Snimljene karakteristike izlazne djelatne i jalove snage vjetroagregata pri referentnoj veličini testnog signala frekvencije kojim se frekvencija tijekom 10-sekundnog intervala mijenja s nazivne vrijednosti na vrijednosti od pojedinačno 49.5 Hz, 49.75 Hz, 50.25 Hz i 50.5 Hz u trajanju od 60 sekundi.
- Snimljene karakteristike izlazne djelatne i jalove snage vjetroagregata pri promjeni brzine vjetra s 80% na 110% maksimalne dopuštene brzine vjetra tijekom 15 minutnog razdoblja.

Tablica 5.13 Koeficijent flikera pri fluktuaciji napona u kontinuiranom pogonu  
(kvaliteta električne energije)

Fazni kut impedancije mreže, $\psi_k$ (°)	30	50	70	85
Godišnja prosječna brzina vjetra, $v_a$ (m/s)	Koeficijent flikera, $c_f$ ( $\psi_k, v_a$ )			
6.0				
7.5				
8.5				
10.0				

Tablica 5.14 Faktori pri fluktuaciji napona u uvjetima sklopnih operacija  
(kvaliteta električne energije)

Sklopna operacija	Pokretanje pri ulaznoj brzini vjetra			
Najveći broj sklopnih operacija, $N_{10}$				
Najveći broj sklopnih operacija, $N_{120}$				
Fazni kut impedancije mreže, $\psi_k$ (°)	30	50	70	85
Step faktor flikera, $k_f$ ( $\psi_k$ )				
Faktor promjene napona, $k_U$ ( $\psi_k$ )				

Tablica 5.15 Faktori pri fluktuaciji napona u uvjetima sklopnih operacija  
(kvaliteta el. energije)

Sklopna operacija	Pokretanje pri nazivnoj brzini vjetra			
Najveći broj sklopnih operacija, $N_{10}$				
Najveći broj sklopnih operacija, $N_{120}$				
Fazni kut impedancije mreže, $\psi_k$ (°)	30	50	70	85
Step faktor flikera, $k_f$ ( $\psi_k$ )				
Faktor promjene napona, $k_U$ ( $\psi_k$ )				

vjetroturbina pod kutom od 55° u odnosu na smjer vjetra

Tablica 5.16 Faktori pri fluktuaciji napona u uvjetima sklopnih operacija (kvaliteta el. energije)

Sklopna operacija	Najteži slučaj sklapanja među generatorima			
Najveći broj sklopnih operacija, $N_{10}$				
Najveći broj sklopnih operacija, $N_{120}$				
Fazni kut impedancije mreže, $\psi_k$ (°)	30	50	70	85
Step faktor flikera, $k_f$ ( $\psi_k$ )				
Faktor promjene napona, $k_U$ ( $\psi_k$ )				

Tablica 5.17 Viši harmonički članovi (kvaliteta električne energije)

Red	Izlazna snaga (kW)	Harmonička struja (% od $I_n$ )	Red	Izlazna snaga (kW)	Harmonička struja (% od $I_n$ )
2			3		
4			5		
6			7		
8			9		
10			11		
12			13		
14			15		
16			17		
18			19		
20			21		
22			23		
24			25		
26			27		
28			29		
30			31		
32			33		
34			35		
36			37		
38			39		
40			41		
42			43		
44			45		
46			47		
48			49		
50			51		
52			53		

Tablica 5.18 Ukupna harmonička izobličenost (kvaliteta električne energije)

Opis i oznaka parametra	Vrijednost
Najveća ukupna izobličenost harmoničke struje (% od $I_n$ )	
Izlazna snaga pri najvećoj ukupnoj izobličenosti harmoničke struje (kW)	

Operator vjetroelektrane dužan je prije pokretanja probnog pogona dostaviti operatoru prijenosnog sustava i detaljan dinamički model vjetroagregata (vjetroelektrane) u PSS/E formatu cilju provođenja potrebnih dinamičkih analiza rada sustava.

### 5.3. Zahtjevi operatora prijenosnog sustava za podacima o vjetroelektrani prilikom redovnog pogona

Nakon obavljene prethodne procedure i priređenih svih ranije navedenih podataka, ovdje se navodi niz podataka koje je operator vjetroelektrane dužan dostaviti operatoru prijenosnog sustava o vjetroagregatima koji su zadovoljili probni pogon, a prije ulaska u redovni pogon.

Tablica 5.19 Opći podaci

Opis i oznaka parametra	Vrijednost
Gauss Krüger koordinate svakog vjetroagregata i pripadna nadmorska visina	
Nazivna snaga i tip vjetroturbine (kW, horizontalna/vertikalna os)	
Broj elisa propelera	
Promjer propelera vjetroturbine $2r_{prop}$ (m)	
Površina obrisa propelera $A_{prop}$ (m <sup>2</sup> )	
Visina osi vratila (ovisno o certifikatu) $h_{hub}$ (m) (na zahtjev/GL1/DIBt 3;IEC 2a)	
Upravljanje elisama (pitch/stall)	
Brzina vrtnje vjetroturbine (1/min) (stalna/dvobrzinska/promjenjiva)	
Način pokretanja	
Broj vjetroturbina u vjetroelektrani	
Tip generatora i nazivna snaga $P_n$ (kW)	
Vrsta spoja blok-transformatora i nazivna snaga $S_{nTR}$ (kVA)	
Tip frekvencijskog pretvarača i nazivna snaga $P_{nCNV}$ (kW)	

Tablica 5.20 Nazivni podaci vjetroturbine

Opis i oznaka parametra	Vrijednost
Nazivna djelatna snaga $P_n$ (kW)	
Nazivna brzina vjetra (brzina za nazivnu djelatnu snagu), $v_n$ (m/s)	
Nazivna struja $I_n$ (A)	
Nazivni napon (linijski) $U_n$ (V)	
Nazivna prividna snaga $S_n$ (kVA)	
Nazivna jalova snaga $Q_n$ (kvar)	
Nazivni faktor snage $\cos \varphi_n$	
Faktor snage pri 100%, 75% i 50 % opterećenja djelatnom snagom	
Nazivna frekvencija $f_n$ (Hz)	
Koeficijent struje pokretanja $k_I (=I_{start}/I_n)$	
Nazivna snaga i napon kratkog spoja blok-transformatora, $S_{nTR}$ (kVA) i $u_k$ (%)	
Omjer baznih napona blok-transformatora $U_{B\,VN}/U_{B\,NN}$ (kV/kV)	

Tablica 5.21 Tehnički parametri vjetroturbine

Opis i oznaka parametra	Vrijednost
Ulazna brzina vjetra $v_u$ (m/s)	
Izlazna brzina vjetra $v_i$ (m/s)	
Brzina vjetra za prijelaz između manjeg i većeg generatora, $v_{g-G}$ (m/s)	
Reduktorski prijenosni omjer $1:n$	
Broj polova generatora	
Sinkrona brzina vrtnje $RPM_{OS}$ (1/min)	
Brzina vrtnje pri nazivnoj snazi $RPM_n$ (1/min)	
Klizanje pri nazivnoj snazi $s_n$ (%)	
Spoj namota generatora (zvijezda/trokut)	
Nazivna impedancija generatora $Z_n$ ( $\Omega$ )	
Kratkospojni R/X omjer R/X	
Djelatni otpor statora $R_s$ ( $\Omega$ )	
Reaktancija statora $X_s$ ( $\Omega$ )	
Djelatni otpor rotora (preračunat na stator) $R_r$ ( $\Omega$ )	
Reaktancija rotora (preračunata na stator) $X_r$ ( $\Omega$ )	
Reaktancija magnetiziranja $X_{mag}$ ( $\Omega$ )	
Moment tromosti rotora generatora $J_m (=mD^2/4)$ (kgm <sup>2</sup> )	
Vremenska konstanta tromosti generatora $H_m$ (s) (na bazi $S_n$ generatora)	
Moment tromosti mjenjačke kutije $J_g$ (kgm <sup>2</sup> ) ( $J_g=J_m/30$ )	
Vrem. konstanta tromosti mjenjačke kutije, $H_g$ (s) (na bazi $S_n$ generatora)	
Moment tromosti vjetroturbine $J_T$ (kgm <sup>2</sup> )	
Vremenska konstanta tromosti vjetroturbine $H_T$ (s) (na bazi $S_n$ generatora)	
Kut torzije osovine pri nazivnoj snazi $\theta_c$ (°)	
Koeficijent torzijske krutosti $c_c$ (pu torque/rad <sub>e</sub> )	
Koeficijent torzijskog prigušenja $D_c$ (pu torque/pu speed)	
Koeficijent prigušenja generatora $D_m$ (pu torque/pu speed)	
Koeficijent prigušenja mjenjačke kutije $D_g$ (pu torque/pu speed)	
Koeficijent prigušenja turbine $D_T$ (pu torque/pu speed)	
Prijenosni omjer blok-transformatora $t$	
Kompenzacija jalove snage vjetroturbinskog generatora a) broj X nazivna jalova snaga (kvar) b) kriterij uključivanja obzirom na jalovu snagu generatora	

Tablica 5.22 Krivulja snage vjetroturbine

Brzina vjetra $V_w$ (m/s)	Snaga $P_w$ (W)	Svojt. koeficijent $C_p$
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		

Osim navedenih podataka, operator vjetroelektrane dužan je osigurati dostavu slijedećih podataka operatoru prijenosnog sustava i to kontinuirano u realnom vremenu:

- raspoloživost pojedinih vjetroagregata,
- izlazna snaga pojedinih vjetroagregata,
- meteorološki podaci (brzina vjetra, smjer, temperatura i dr.) i prognoza proizvodnje električne energije vjetroelektrane u propisanom kratkoročnom razdoblju 3 – 48 sati unaprijed. Vremensko razdoblje i vremenski korak predviđanja bit će propisani naknadno.