

Pravilnik o priključenju spremnika energije na elektroenergetski sustav

Zlatko Ofak (HOPS), Alan Župan (HOPS), Tomislav Plavšić (HOPS),
Zora Luburić (FER), Hrvoje Pandžić (FER)

Rezultat D4.4 istraživačkog projekta Smart Integration of REnewables – SIREN

1. Uvod

Ovaj se dokument bavi priključenjem spremnika energije na elektroenergetski sustav. U drugom poglavlju opisani su zahtjevi na priključak spremnika energije u prijenosnoj mreži, što je podloga za daljnji rad prema konačnom pravilniku koji bi se koristio prilikom priključenja spremnika energije u hrvatski elektroenergetski sustav. Drugo poglavlje detaljno specificira tehničke uvjete priključenja spremnika energije na elektroenergetski sustav te se može koristiti kao podloga za stvaranje obvezujućih tehničkih dokumenata.

Koncepti i preporuke iznesene u nastavku ovog dokumenta isključivo su istraživačke prirode te ne predstavljaju stavove i planove Hrvatskog operatora prijenosnog sustava d.o.o. Stoga se predmetni dokument ne može koristiti ni u kakve službene potrebe niti je za bilo koga obvezujući.

2. Zahtjevi na priključak spremnika energije u prijenosnoj mreži

Spremnici energije priključeni na prijenosnu elektroenergetsku mrežu predstavljaju ovisno o režimu rada proizvođače ili potrošače električne energije na mjestu priključenja. S obzirom da su zahtjevi na mjestu priključenja različiti za proizvođače i potrošače električne energije, zahtjevi za priključenje spremnika energije na prijenosnoj mreži predstavlja presjek tih zahtjeva.

U ovom dijelu rada detaljno će biti opisani zahtjevi za priključenje kupaca na temelju Uredbe Europske Komisije od 17. kolovoza 2016. godine o uspostavljanju mrežnih pravila za priključenje kupaca kao i zahtjevi za priključenje proizvođača električne energije na temelju Uredbe Europske Komisije od 14. travnja 2016. godine o uspostavljanju mrežnih pravila za zahtjeve za priključivanje proizvođača električne energije na mrežu .

2.1. Mrežna pravila za priključenje kupaca

Prije samog opisa zahtjeva na priključak spremnika energije na prijenosnoj mreži moramo spomenuti da spremnici električne energije u određenim režimima svoga rada troše električnu energiju, pa prema definiciji Mrežnih pravila za priključenje kupaca EK tada kada troše električnu energiju spadaju u potrošače električne energije iz razloga jer njihovo postrojenje tada troši električnu energiju. Prema definiciji da „postrojenja kupca“ znači postrojenje koje troši električnu energiju i priključeno je na najmanje jednom mjestu priključenja na prijenosni ili distribucijski sustav. Distribucijski sustav i/ili pomoćna napajanja proizvodnih modula ne smatraju se postrojenjem kupca.

Postrojenje kupca priključeno na prijenosnu mrežu mora zadovoljiti sljedeće zahtjeve:

- Opći zahtjevi u pogledu frekvencije,
- Opći zahtjevi u pogledu napona,
- Zahtjevi u pogledu kratkog spoja,
- Zahtjevi u pogledu jalove snage,
- Zahtjevi u pogledu zaštite,
- Zahtjevi u pogledu regulacije,
- Kvaliteti električne energije.

2.1.1. Opći zahtjevi u pogledu frekvencije

Opći zahtjevi u pogledu frekvencije opisuju uvijete u kojima postrojenja kupca moraju ostati priključena na prijenosnoj mreži prilikom promijene frekvencije i opisuju frekvencijska područja i razdoblja rada u navedenim područjima frekvencije s obzirom na sinkrono područje.

Tablica 1 – Opći zahtjevi u pogledu frekvencije

Sinkrono područje	Frekvencijsko područje	Razdoblje pogona
Kontinentalna Europa	47,5 Hz - 48,5 Hz	određuje svaki OPS, ali ne kraće od 30 minuta
	48,5 Hz - 49,0 Hz	određuje svaki OPS, ali ne kraće od razdoblja za 47,5 Hz - 48,5 Hz
	49,0 Hz - 51,0 Hz	neograničeno
	51,0 Hz - 51,5 Hz	30 minuta
nordijsko	47,5 Hz - 48,5 Hz	određuje svaki OPS, ali ne kraće od 30 minuta
	48,5 Hz - 49,0 Hz	određuje svaki OPS, ali ne kraće od 30 minuta
	49,0 Hz - 51,0 Hz	neograničeno
	51,0 Hz - 51,5 Hz	30 minuta
Velika Britanija	47,0 Hz - 47,5 Hz	20 sekundi
	47,5 Hz - 48,5 Hz	90 minuta
	48,5 Hz - 49,0 Hz	određuje svaki OPS, ali ne kraće od 90 minuta
	49,0 Hz - 51,0 Hz	neograničeno
	51,0 Hz - 51,5 Hz	90 minuta
	51,5 Hz - 52 Hz	15 minuta
Irska i Sjeverna Irska	47,5 Hz - 48,5 Hz	90 minuta
	48,5 Hz - 49,0 Hz	određuje svaki OPS, ali ne kraće od 90 minuta
	49,0 Hz - 51,0 Hz	neograničeno
	51,0 Hz - 51,5 Hz	90 minuta
Baltičko	47,5 Hz - 48,5 Hz	određuje svaki OPS, ali ne kraće od 30 minuta
	48,5 Hz - 49,0 Hz	određuje svaki OPS, ali ne kraće od razdoblja za 47,5 Hz - 48,5 Hz
	49,0 Hz - 51,0 Hz	neograničeno
	51,0 Hz - 51,5 Hz	određuje svaki OPS, ali ne kraće od 30 minuta

2.1.2. Opći zahtjevi i pogledu napona

Opći zahtjevi u pogledu napona opisuju uvijete u kojima postrojenja kupca moraju ostati priključena na prijenosnoj mreži prilikom promijene napona i razdoblja rada u navedenim područjima napona s obzirom na sinkrono područje.

Tablica 2 – Naponski rasponi i razdoblja za napona od 300 kV do 400 kV

Sinkrono područje	Naponski raspon	Razdoblje pogona
Kontinentalna Europa	0,90 pu - 1,118 pu	neograničeno
	1,118 pu - 1,15 pu	određuje svaki OPS, ali ne kraće od 20 minuta i ne duže od 60 minuta
Nordijsko	0,90 pu - 1,05 pu	neograničeno
	1,05 pu - 1,10 pu	60 minuta
Velika Britanija	0,90 pu - 1,10 pu	neograničeno
Irska i Sjeverna Irska	0,90 pu - 1,18 pu	neograničeno
Baltičko	0,90 pu - 1,18 pu	određuje svaki OPS, ali ne kraće od 30 minuta
	1,118 pu - 1,15 pu	20 minuta

Tablica 3 – Naponski rasponi i razdoblja za napona od 110 kV do (ne uključujući) 300 kV

Sinkrono područje	Naponski raspon	Razdoblje pogona
Kontinentalna Europa	0,9 pu - 1,05 pu	neograničeno
	1,05 pu - 1,10 pu	određuje svaki OPS, ali ne kraće od 20 minuta i ne duže od 60 minuta
nordijsko	0,90 pu - 1,05 pu	neograničeno
	1,05 pu - 1,10 pu	određuje svaki OPS, ali ne kraće od 60 minuta
Velika Britanija	0,90 pu - 1,05 pu	neograničeno
	1,05 pu - 1,10 pu	15 minuta
Irska i Sjeverna Irska	0,90 pu - 1,05 pu	neograničeno
Baltičko	0,90 pu - 1,097 pu	neograničeno
	1,097 pu - 1,15 pu	20 minuta

2.1.3. Zahtjevi u pogledu kratkog spoja

Zahtjevi u pogledu kratkog spoja odnose se na maksimalne vrijednost struje kratkog spoja na mjestu priključenja koju postrojenje kupca prikučeno na prijenosni ili distribucijski sustav priključen na prijenosni sustav mora moći izdržati. Nadležni OPS dostavlja vlasniku postrojenja kupaca priključenog na prijenosni sustav ili OPSU priključenom na prijenosni sustav procjenu minimalne i maksimalne struje kratkog spoja koja se može očekivati na mjestu priključenja.

2.1.4. Zahtjevi u pogledu jalove snage

Zahtjevi u pogledu jalove snage odnose se na postrojenja kupaca i distribuciju priključenu na prijenosnu mrežu. Kako je u ovom radu naglasak stavljen na postrojenja kupaca daljnji opisi će se odnositi samo na postrojenja kupaca. Postrojenja kupaca priključena na prijenosni sustav moraju moći održati stacionarni rad na mjestu priključenja u rasponu jalove snage koju odredni nadležni OPS u skladu s uvjetima da potrošnja i isporuka jalove snage neće biti veća od 48 posto najveće sposobnosti potrošnje ili isporuke (ovisno što je veće), osim u slučaju da postrojenje kupca priključeno na prijenosu mrežu dokaže tehničke ili financijske koristi za sustav, a nadležni OPS ih prihvati.

2.1.5. Zahtjevi u pogledu regulacije

Zahtjevi u pogledu regulacije odnose se na planove i postupke rada različitih regulacijskih uređaja kupaca priključenog na prijenosnu mrežu koje zajednički dogovaraju kupac i OPS, a bitni su za sigurnost sustava. Zahtjevi u pogledu regulacije odnose se na: otočni rad, prigušenije oscilacija, poremećaje u prijenosnoj mreži i automatsko ponovno uklapanje.

2.1.6. Kvaliteta električne energije

Zahtjevi u pogledu kvalitete električne energije odnose se na uređaje kupaca priključene na prijenosnu mrežu od kojih se zahtijeva da njihov rad ne izaziva izobličenja (naponska i strujna) ili fluktuaciju napona. Maksimalne vrijednosti naponskih i strujnih izobličenja na mjestu prijećenja kupaca propisna su normama i mrežnim pravilima pojedinih OPS-ova.

3. Prijedlog tehničkih uvjeta priključenja spremnika energije

3.1. Mjesto priključenja

Tehnički uvjeti ovog dokumenta su primjenjivi za mjesto priključenja na mrežu kao što je sukladno članku 2., definicijom 15. iz Uredbe Europske komisije o uspostavljanju mrežnih pravila za zahtjeve za priključenje proizvođača električne energije na mrežu [1]. Ovaj termin definiran je u ugovorima o priključenju i označava se u ovom dokumentu kao Mjesto priključenja.

3.2. Nazivna djelatna snaga spremnika energije

Za spremnik energije, *nazivna djelatna snaga P_n* , definirana je kao maksimalna djelatna snaga koja može biti predana i preuzeta u normalnom pogonskom stanju, kao što je definirano Mrežnim kodovima RfG u članku 2, definicija 16. [1]. Ova vrijednost je definirana u ugovorima o priključenju i sastoji se od ukupno instalirane snage SE minus procijenjeni gubici djelatne snage do mjesta priključenja.

3.3. Rasponi napona

Koherentno s kriterijem za sinkrono područje kontinentalne Europe (kao što je definirano u Mrežnim kodovima RfG [1] i Mrežnim kodovima DCC [2]), spremnik energije bi trebao biti sposoban bez isklopa iz mreže biti u pogonu toliko dugo dok je napon na mjestu priključenja u rasponu prikazanom u tablici 4.

Referentna vrijednost napona (u pu) je osnovni napon ($U_{n,exp}$) vrijednosti do 300 kV, a koji je osiguran korisniku mreže od strane nadležnog OPS-a.

Tablica 4 – Rasponi napona

Rasponi napona	Vrijeme trajanja
0.85 pu – 0.90 pu	60 minuta
0.90 pu – 1.118 pu	Neograničeno
1.118 pu – 1.15 pu	20 minuta

Za naponske raspone izvan [0.9 p. u. – 1.118 p. u.], vremena trajanja dana u tablici 4 su indikativna i trebala bi biti dogovorena između nadležnog OPS-a i vlasnika spremnika energije u ovisnosti o stvarnim tehničkim ograničenjima SE.

3.4. Raspon frekvencijskog područja

Kao što je definirano u Mrežnim kodovima RfG [1], spremnik energije bi trebao biti sposoban bez isklopa iz mreže biti u pogonu dokle god je frekvencija na mjestu priključka unutar raspona frekvencijskog područja u **Error! Reference source not found.**5. Bilo koje odstupanje od navedenih vrijednosti može biti dogovoreno s nadležnim OPS-om ukoliko je odstupanje opravdano. Za raspon frekvencijskog područja između 51.5 – 52.0 Hz, vrijeme trajanja dogovara se između vlasnika spremnika energije i nadležnog OPS-a.

Tablica 5 – Raspon frekvencijskog područja

Raspon frekvencijskog područja (Hz)	Razdoblje pogona
47.5 – 48.5	30 minuta
48.5 – 49.0	Minimalno 60 minuta
49.0 – 51.0	Neograničeno
51.0 – 51.5	Potrebno dogovoriti
51.5 – 52.0	Potrebno dogovoriti

Tijekom pogona u nadfrekvencijskom području koje je naznačeno u tablici 5 s „Potrebno dogovoriti“, OPS koordinira s vlasnikom spremnika energije s obzirom na shemu rasterećenja u zemlji, kako je definirano u Mrežnim pravilima elektroenergetskog sustava.

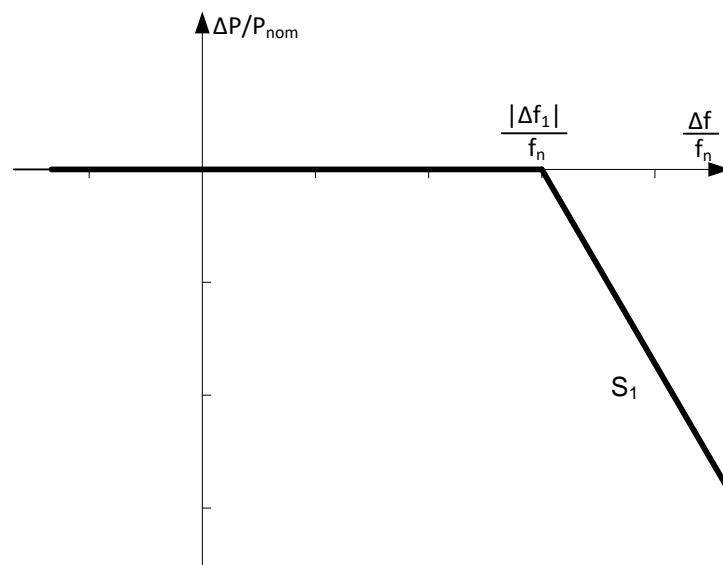
3.5. Mogućnost sudjelovanja u zaštitnim planovima

Spremnik energije bi trebao biti sposoban primiti i uzeti u obzir informacije i signale od dispečerskog centra nadležnog OPS-a kao što je naznačeno u zaštitnim planovima i u ugovorima o priključenju.

3.6. Ograničen frekventijski osjetljiv odziv djelatne snage (LSM)

U slučaju pozitivnog frekventijskog odstupanja iznad 200 mHz (Δf_1) od nazivne vrijednosti frekvencije f_n , djelatna izlazna snaga spremnika energije trebala bi se smanjena kao što je prikazano na slici 1, gdje bi snaga u pu trebala omogućiti praćenje statizma (S_1) prilagođenog između 2% i 12% (inicijalna fiksna vrijednost na 9% ili prema zahtjevu OPS-a).

Prijelazna reakcija mora biti najmanje 1% pu u sekundi, s početnim kašnjenjem aktivacije što je kraće tehnički moguće i u svakom slučaju manje od 2 sekunde (osim u slučaju objektivnih tehničkih ograničenja).



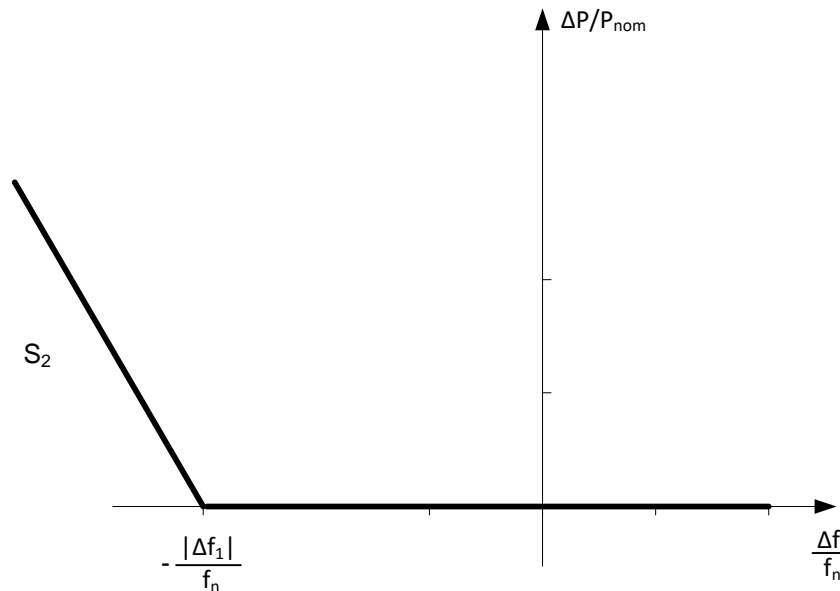
Slika 1 – Sposobnost spremnika energije za frekventijski odziv djelatne snage u slučaju rasta frekvencije

U slučaju negativnih frekventijskih odstupanja iznad 200 mHz i ako je trenutna djelatna izlazna snaga spremnika energije manja od raspoložive maksimalne snage, djelatna snaga spremnika energije će se povećati, kao što je prikazano na slici 2. Iznad ove mrtve točke od 200 mHz snaga se u pu mora biti u mogućnosti povećati prateći statizam (S_2) u prilagodljivom rasponu između 2% i 12% (inicijalna fiksna vrijednost na 9% ili prema zahtjevu OPS-a).

Slično odredbama za pozitivno frekventijsko odstupanje, prijelazna reakcija mora biti najmanje 1% pu u sekundi, s početnim kašnjenjem aktivacije što je kraće tehnički moguće i u svakom slučaju manje od 2 sekunde (osim u slučaju objektivnih tehničkih ograničenja).

Osim ako nadležni operator prijenosnog sustava eksplicitno ne deaktivira funkciju regulacije frekvencije prema gore, ovaj zahtjev ima veći prioritet od ograničenja djelatne snage. To znači da, ako se pojavi pad frekvencije tijekom ograničenja djelatne snage spremnika energije (P_{ref}), ovo ograničenje ($P > P_{ref}$) neće biti aktivno kada je frekvencija niža od 49.8 Hz.

Signal aktivacije / deaktivacije ove funkcije treba biti predviđen između dispečerskog centra i nadležnog operatora prijenosnog sustava i upravitelja postrojenja spremnika energije.



Slika 2 – Sposobnost spremnika energije za frekvencijski odziv djelatne snage u slučaju pada frekvencije

3.7. Pružanje jalove snage

Sukladno Mrežnim kodovima RfG [1], maksimalna prividna snaga spremnika energije određuje treba li se postrojenje smatrati regulacijskom jedinicom i sudjeluje li ili ne u pružanju naponske stabilnosti. Granice induktivnih i kapacitivnih režima dogovaraju se između vlasnika spremnika energije i nadležnog OPS-a (sukladno članku 18. Mrežnih kodova RfG [1]).

3.8. Isključenje s mreže

Frekvencijski kriterij

Kako bi se izbjegao otočni pogon mreže koja nema potrebna sredstva za upravljanje, spremnik energije će biti odspojen s mreže s kašnjenjem od najviše 200 ms ako je frekvencija manja od 47.5 Hz ili veća od 52.0 Hz prema zahtjevima iz **Error! Reference source not found.**tablice 5.

Naponski kriterij

Pridržavajući se zahtjeva prolaska kroz stanje kvara u mreži i pogonskim rasponima napona definiranih u tablici 4, spremnik energije će se odspojiti od mreže u slučaju niskih ili visokih vrijednosti napona, pri čemu se od korisnika mreže traži predlaganje postavki isključenja odobrenih od strane nadležnog operatora prijenosnog sustava.

Ponovno priključenje na mrežu

Automatsko ponovno priključenje na mrežu nakon događaja odspajanja nije dopušteno. Ponovno priključenje mora koordinirati nadležni operator prijenosnog sustava u skladu s važećim Pravilnikom.

Reference

- [1] Uredba Europske komisije (EU) 2016/631 od 14. travnja 2016. o uspostavljanju mrežnih pravila za zahtjeve za priključenje proizvođača električne energije na mrežu (Mrežni kodovi RfG)
- [2] Uredba Europske komisije (EU) 2016/1388 od 17. kolovoza 2016. o uspostavljanju mrežnih pravila za zahtjeve za priključak kupca (DCC Mrežni kodovi)