

Boško Milešević  
Energetski institut Hrvoje Požar  
[bmilesevic@eihp.hr](mailto:bmilesevic@eihp.hr)

Vinko Fabris  
HEP Operator distribucijskog sustava d.o.o.  
[vinko.fabris@hep.hr](mailto:vinko.fabris@hep.hr)

Minea Skok  
Energetski institut Hrvoje Požar  
[mkok@eihp.hr](mailto:mkok@eihp.hr)

Radislav Gulam  
HEP Operator distribucijskog sustava d.o.o.  
[radislav.gulam@hep.hr](mailto:radislav.gulam@hep.hr)

## NOVI ZAHTJEVI IZ EUROPSKIH MREŽNIH PRAVILA ZA OPERATORE DISTRIBUCIJSKOG SUSTAVA TE NJIHOVA IMPLEMENTACIJA

### SAŽETAK

U radu su obrađeni osnovni zahtjevi na proizvodne module i module elektroenergetskog parka sukladno Uredbi Komisije (EU) 2016/631 od 14. travnja 2016. o uspostavljanju mrežnih pravila za zahtjeve za priključivanje proizvođača električne energije na mrežu.

Naglasak je stavljen na objašnjenje nove terminologije, tipizaciju proizvodnih modula i modula elektroenergetskog parka te osnovne zahtjeve proizašle iz navedene Uredbe. Tipizacija i parametri preuzeti su iz relevantnih dokumenata operatora sustava i regulatorne agencije. Objašnjena je metodologija ugradnje pojedinih zahtjeva u Mrežna pravila distribucijskog i prijenosnog sustava.

**Ključne riječi:** mrežna pravila, distribuirana potrošnja, proizvodni modul, parametri zahtjeva

## NEW REQUIREMENTS FROM EUROPEAN GRID CODE FOR DISTRIBUTIVE SYSTEM OPERATORS AND ITS IMPLEMENTATION

### SUMMARY

This paper deals with the basic requirements for power generation modules and power park modules in accordance with Commission Regulation (EU) 2016/631 of 14 April 2016 establishing a network code on requirements for grid connection of generators.

Emphasis is placed on explaining the new terminology, power modules and power park modules typification, and basic requirements arising from the mentioned Regulation. The typification and parameters are taken from the relevant documents of the system operators and the regulatory agency. The methodology for incorporating of each requirement into the Network Code of Distribution and Transmission Systems is explained.

**Key words:** network rules, distributed consumption, production module, request parameters

## 1. UVOD

U svrhu ujednačavanja procedura za vođenja elektroenergetskog sustava potrebno je na europskoj razini implementirati pravila i zahtjeve koje moraju ispunjavati operatori i korisnici mreže. Proizvodnja električne energije iz velikih elektrana sve više se seli u mala postrojenja, ali ipak veliki proizvodni moduli imaju primarnu ulogu u regulaciji parametara elektroenergetskog sustava. Izraditi pravila s kriterijima za priključak proizvodnih modula ili upravljanje njima izazov je obzirom na heterogenost proizvodnje.

Europska komisija nizom uredbi pokušala je urediti unutarnje tržište električne energije [1]-[5]. Između ostalih, donesena je Uredba Komisije (EU) 2016/631 od 14. travnja 2016. o uspostavljanju mrežnih pravila za zahtjeve za priključivanje proizvođača električne energije na mrežu (dalje samo Uredba) [1]. Proizvodni moduli podijeljeni su u četiri skupine (tipa) ovisno o nazivnoj snazi i naponskoj razini mjesta priključenja. Za svaki od tipova proizvodnih modula propisani su obvezni zahtjevi te zahtjevi koje je potrebno dodatno specificirati u svakoj pojedinoj državi.

Hrvatski operator prijenosnog sustava u koordinaciji s HEP – Operatorom distribucijskog sustava dobio je zadaću predložiti nacionalne pragove maksimalne snage za pojedine tipove proizvodnih modula i listu zahtjeva za opću primjenu za sve tipove proizvodnih modula. Nakon provedenog javno savjetovanja i pribavljanja mišljenja Hrvatske energetske regulatorne agencije donesena je Odluka o utvrđivanju nacionalnih pragova maksimalne snage za proizvodne module tipa A, B, C i D i zahtjeva za opću primjenu svih tipova proizvodnih modula od 3. prosinca 2018. godine kao podzakonski akt (dalje samo Odluka) [6].

Tipizaciju i zahtjeve iz spomenute Odluke bilo je potrebno implementirati u Mrežna pravila prijenosnog sustava i Mrežna pravila distribucijskog sustava [7]. Sukladno dogovoru zahtjevi za manje proizvodne module (tip A, B i C) detaljno su specificirani u Mrežnim pravilima distribucijskog sustava dok su se zahtjevi za proizvodne module tipa D implementirali samo u Mrežna pravila prijenosnog sustava.

U ovom radu obrađena je terminologija koja je ključna za razumijevanje primjene zahtjeva iz Uredbe, tipizacija proizvodnih modula i modula elektroenergetskog parka te osnovni zahtjevi proizašli iz navedene Uredbe. U radu su također prezentirani odabrani parametri frekvencije, faktora snage i prolaska kroz stanje kvara koji su ugrađeni u prijedlog Mrežnih pravila distribucijskog sustava.

## 2. OSNOVNI POJMOVI I TIPIZACIJA PROIZVODNIH MODULA

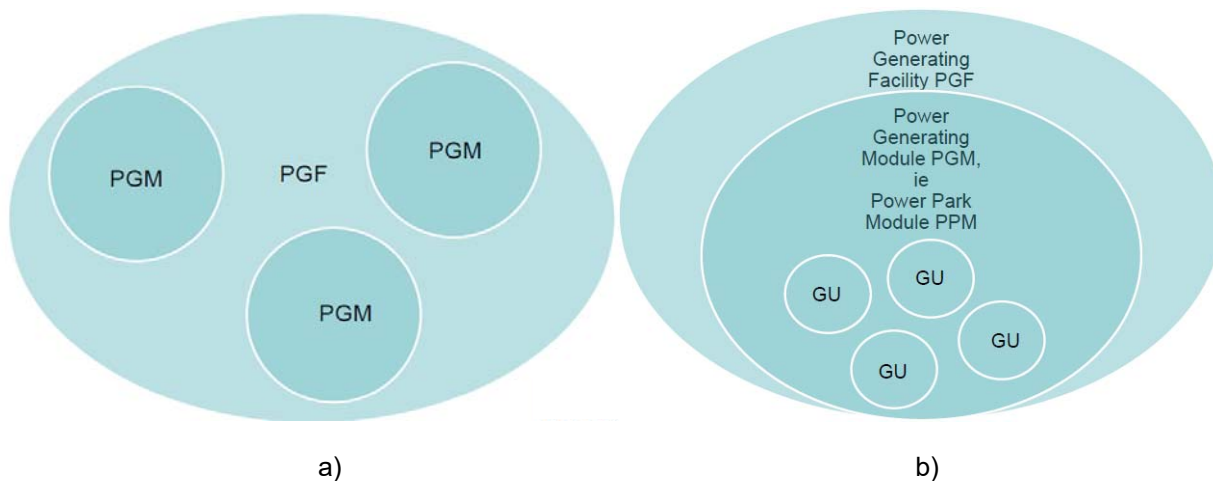
### 2.1. Osnovni pojmovi

Pojam proizvodnog modula nov je u stručnoj terminologiji. U Uredbi je definiran „**modul za proizvodnju električne energije**” ili **proizvodni modul** (engl. power-generating module ili PGM) što znači sinkroni modul za proizvodnju električne energije ili modul elektroenergetskog parka. Definicija „**elektrane**” (engl. power-generating facility ili PGF) je postrojenje kojim se primarna energija pretvara u električnu energiju i koje se sastoji od najmanje jednog proizvodnog modula priključenog na mrežu na jednom mjestu priključenja. Definiran je i „**sinkroni modul za proizvodnju električne energije (sinkroni proizvodni modul)**” kao nedjeljiv skup uređaja koji može proizvoditi električnu energiju tako da su frekvencija proizvedenog napona, brzina generatora i frekvencija mrežnog napona u stalnom omjeru i tako u sinkronizmu. Uveden je i novi naziv „**modul elektroenergetskog parka**” koji znači jedinica ili skup jedinica za proizvodnju električne energije koja je nesinkrono priključena na mrežu ili povezana energetskom elektronikom te ima jedno mjesto priključenja na prijenosni sustav, distribucijski sustav, uključujući zatvoreni distribucijski sustav, ili istosmjerni sustav visokog napona. [1]

**Proizvodna jedinica** (engl. generating unit ili GU) kao uvriježen naziv izbačena je iz pojmovnika te je bilo potrebno prilagoditi njezinu definiciju ili je u potpunosti izbaciti iz stručne terminologije. Odlučeno je u Mrežnim pravilima prijenosnog sustava promijeniti definiciju proizvodne jedinice u dio proizvodnog postrojenja koji se sastoji od jednog izvora električne energije i opreme/uređaja koji omogućavaju njegov rad [8].

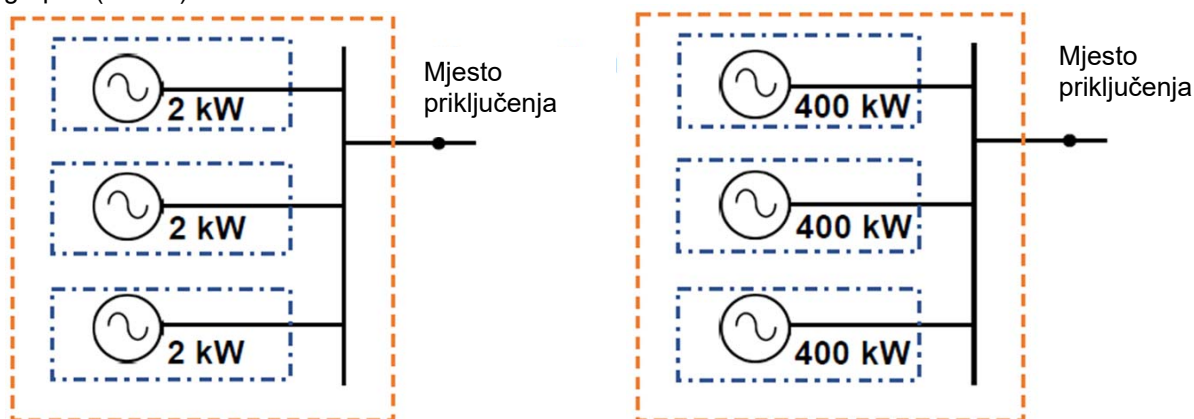
Na sljedećim slikama pojmovi su prikazani grafički radi boljeg razumijevanja. Elektrana se sastoji od jednoj ili više proizvodnih modula. Svaki od sinkronih modula promatra se zasebno i na svaki od njih zasebno vrijede zahtjevi iz Uredbe i Odluke. S druge strane moduli elektroenergetskog parka na

određenoj lokaciji grupiraju se u „park“ odnosno u proizvodni modul koji je preko uređaja energetske elektronike povezan na elektroenergetski sustav. [9]

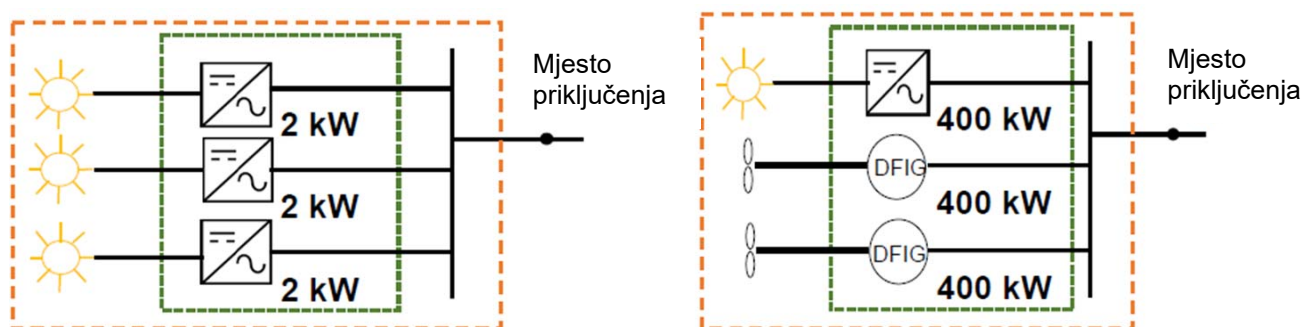


Slika 1. Elektrana i proizvodni moduli – a) sinkroni, b) asinkroni

Zornije prikazano, svaki se sinkroni proizvodni modul promatra zasebno (slika 2), a asinkroni grupno (slika 3).

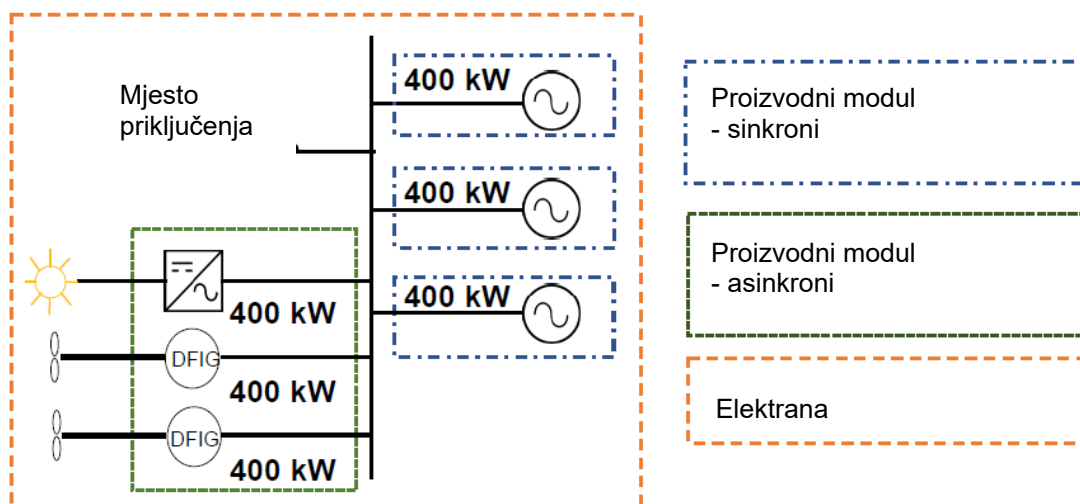


Slika 2. Blok shema spoja sinkronih proizvodnih modula na mrežu



Slika 3. Blok shema spoja asinkronih proizvodnih modula na mrežu

U slučajevima kada se na istu točku priključuju oba tipa proizvodnih modula ponovno se sinkroni promatraju zasebno, a svi asinkroni objedinjeno.



Slika 4. Blok shema spoja sinkronih i asinkronih proizvodnih modula na mrežu

## 2.2. Tipizacija proizvodnih modula

Prema Odluci svi proizvodni moduli razvrstani su u četiri tipa A, B, C i D ovisno o naponskoj razini na mjestu priključenja i maksimalnoj snazi (tablica 1).

Tablica I. Tipovi proizvodnih modula u elektroenergetskom sustavu Republike Hrvatske

Proizvodni modul	Tip A	Tip B	Tip C	Tip D
Naponska razina	< 110 kV	< 110 kV	< 110 kV	≥ 110 kV ili
Priključna snaga	$0,8 \text{ kW} \leq \text{tip A} < 500 \text{ kW}$	$500 \text{ kW} \leq \text{tip B} < 5 \text{ MW}$	$5 \text{ MW} \leq \text{tip C} < 10 \text{ MW}$	< 110 kV i $10 \text{ MW} \leq \text{tip D}$

U narednom poglavlju prikazat će se osnovni zahtjevi na pojedini tip proizvodnog modula.

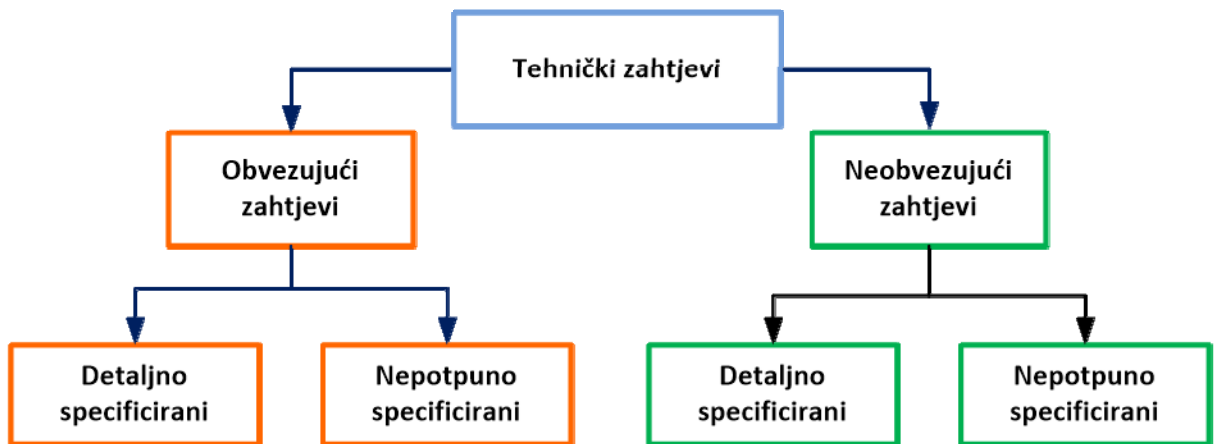
## 3. ZAHTJEVI NA PROIZVODNE MODULE

Ovisno o tipu, zahtjevi na proizvodne module se usložnjavaju prema većim snagama i naponskim razinama. Općenito se zahtjevi mogu podijeliti u grupe vezane za opseg frekvencije, prolazak kroz stanje kvara, frekvencijski osjetljiv način rada i opseg napona. Primjerice, opseg napona definiran je samo za proizvodne module tipa D dok je za sve tipove određeno da moraju zadovoljiti rad na pojedinim frekvencijskim opsezima. Općenito, svi zahtjevi definirani za manje proizvodne module vrijede i za veće ukoliko nije drugačije određeno.

Tablica II. Tipovi proizvodnih modula u elektroenergetskom sustavu Republike Hrvatske i pripadajući parametri za svaki od tipova

Parametar	Tip A	Tip B	Tip C	Tip D
Frekvencijski opseg	X	X	X	X
Prolazak kroz stanje kvara		X	X	X
Frekvencijski osjetljiv način rada			X	X
Opseg napona				X

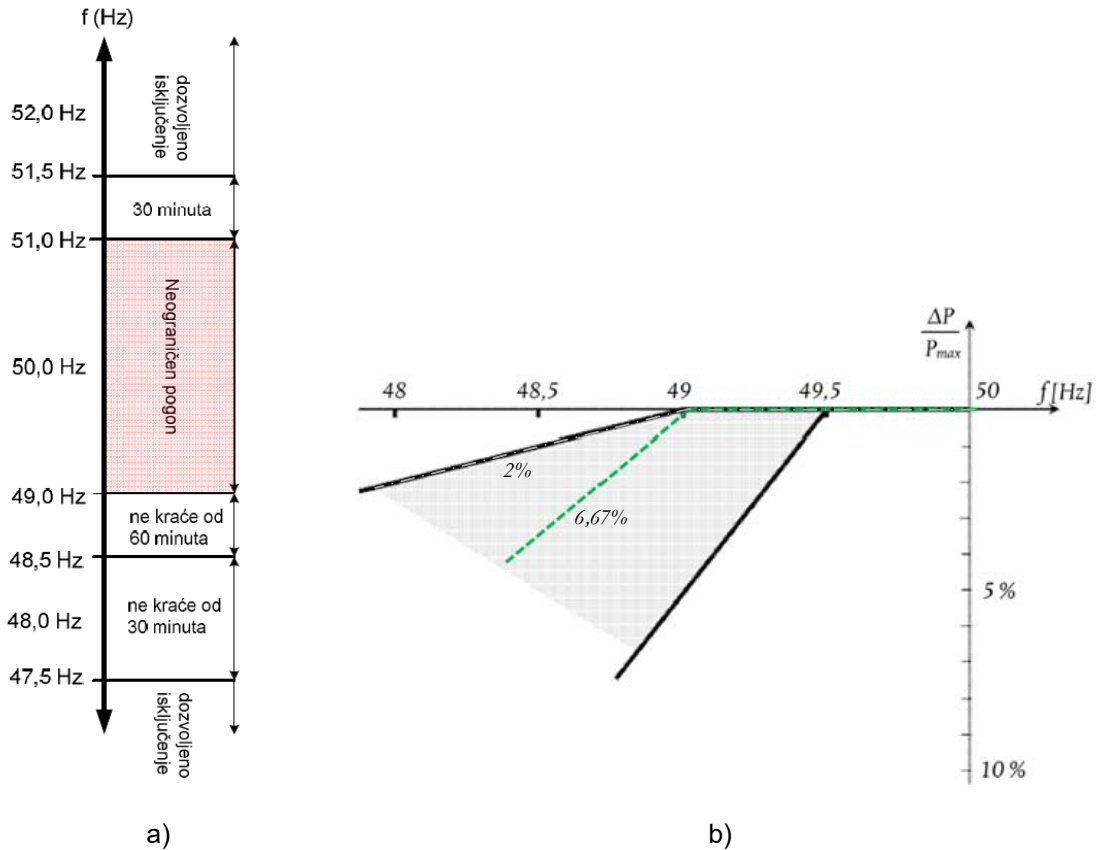
Unutar Uredbe definirani su obvezujući zahtjevi na sustave (engl. Mandatory requirements) koje svi operatori sustava članica EU moraju implementirati u nacionalna mrežna pravila za priključenje, te neobvezujući zahtjevi (engl. Non-mandatory requirements) o čijoj implementaciji odlučuju operatori sustava ovisno o lokalnim prilikama u pojedinim zemljama. Oba tipa zahtjeva (obvezujući i neobvezujući) u Uredbi se dodatno dijele na detaljno specificirane zahtjeve (engl. Exhaustive requirements) ili nepotpuno specificirane zahtjeve (engl. Non-Exhaustive requirements). Detaljno specificirani obvezujući zahtjevi (engl. Mandatory and exhaustive requirements) preuzimaju se direktno iz Uredbe i ne traže daljnju nacionalnu specifikaciju dok nepotpuno specificirane obvezujuće zahtjeve (engl. Mandatory and non-exhaustive requirements) nadležni operator treba dodatno specificirati ovisno o lokalnim prilikama. Struktura zahtjeva iz Uredbe i njihov međusobni odnos prema razini specifikacije prikazan je na narednoj slici. U ovom radu naglasak je na parametrima koje je bilo potrebno specificirati upravo za hrvatski elektroenergetski sustav.



Slika 5. Podjela tehničkih zahtjeva prema Uredbi

### 3.1. Frekvencijski opseg

Proizvodni modul tipa A priključeni na distribucijsku mrežu moraju biti sposobni ostati na mreži prilikom dugotrajnih odstupanja frekvencije prema slici 6.a). Pri frekvencijama jednakim ili manjim od 47,50 Hz odnosno većim ili jednakim od 51,5 Hz proizvodna jedinica može se odvojiti od distribucijske mreže. Proizvodni moduli tipa A moraju ostati priključeni na mrežu do brzine promjene frekvencije 2 Hz/s, unutar promatranog vremenskog okvira od 500 ms, osim ako je isklop potaknut proradom zaštite zbog brzine promjene frekvencije u funkciji zaštite od otočnog pogona. Statizam proizvodnog modula tipa A u frekvencijski osjetljivom načinu rada mora biti podesiv između 2 % i 12 % uz frekvencijski prag 50,2 Hz. Zadana postavka statizma proizvodnog modula tipa A je 5 %.

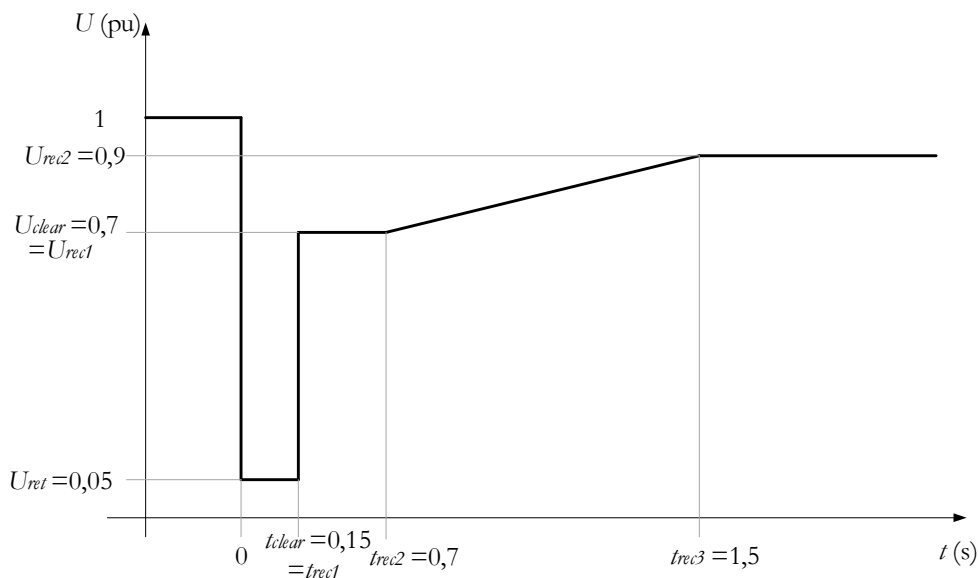


Slika 6. Zahtjevi na proizvodne module glede ostanka na mreži prilikom odstupanja frekvencije i smanjenja snage pri sniženim frekvencijama

Maksimalno dopušteno smanjenje djelatne snage s opadanjem frekvencije za proizvodne module tipa A iznosi (pravci točka-crta po gornjim graničnim pravcima) 0% maksimalne snage po 1 Hz pada frekvencije između 49,0 Hz i 50,0 Hz odnosno 2 % maksimalne snage po 1 Hz pada frekvencije ispod 49,0 Hz (slika 6.b).

### 3.2. Prolazak kroz stanje kvara

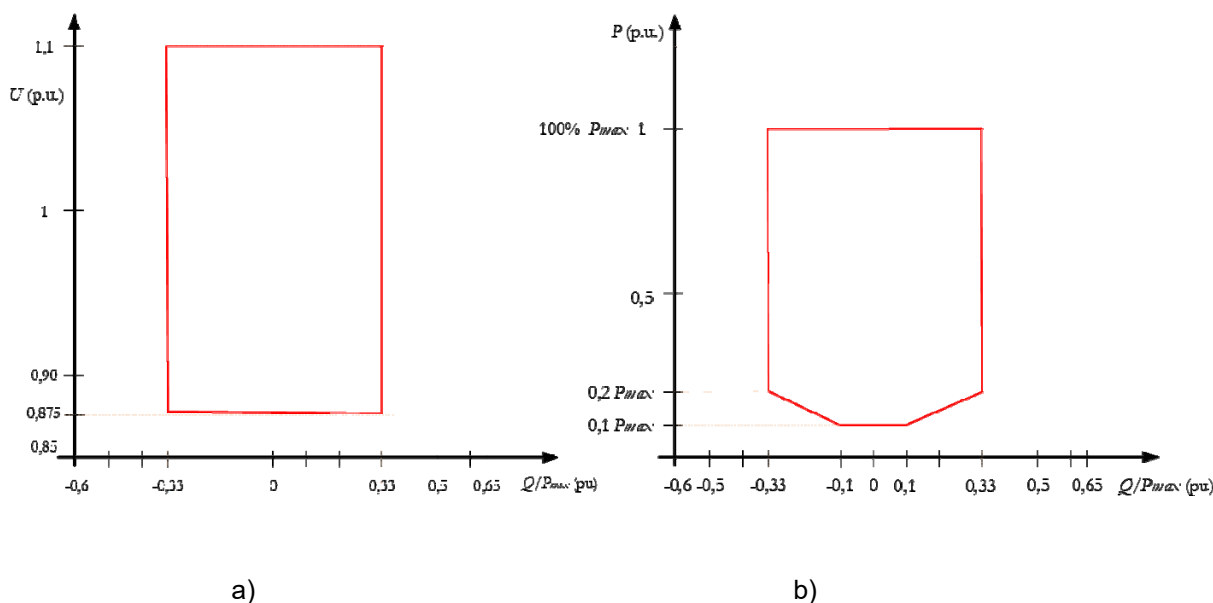
Grafikoni prolaska kroz stanje kvara su  $U-t$  dijagrami koji prikazuju napon pri kojem se proizvodni modul smije odvojiti od mreže. Ovi grafikoni su različiti za sinkrone proizvodne module i module elektroenergetskog parka, no imaju sličan oblik. Preglednosti radi, ovdje će biti prikazan samo grafikon prolaska kroz stanje kvara za proizvodne module tipa B (slika 7).



Slika 7. Dijagram prolaska kroz stanje kvara u mreži proizvodnog modula tipa B

### 3.3. Proizvodnja jalove snage

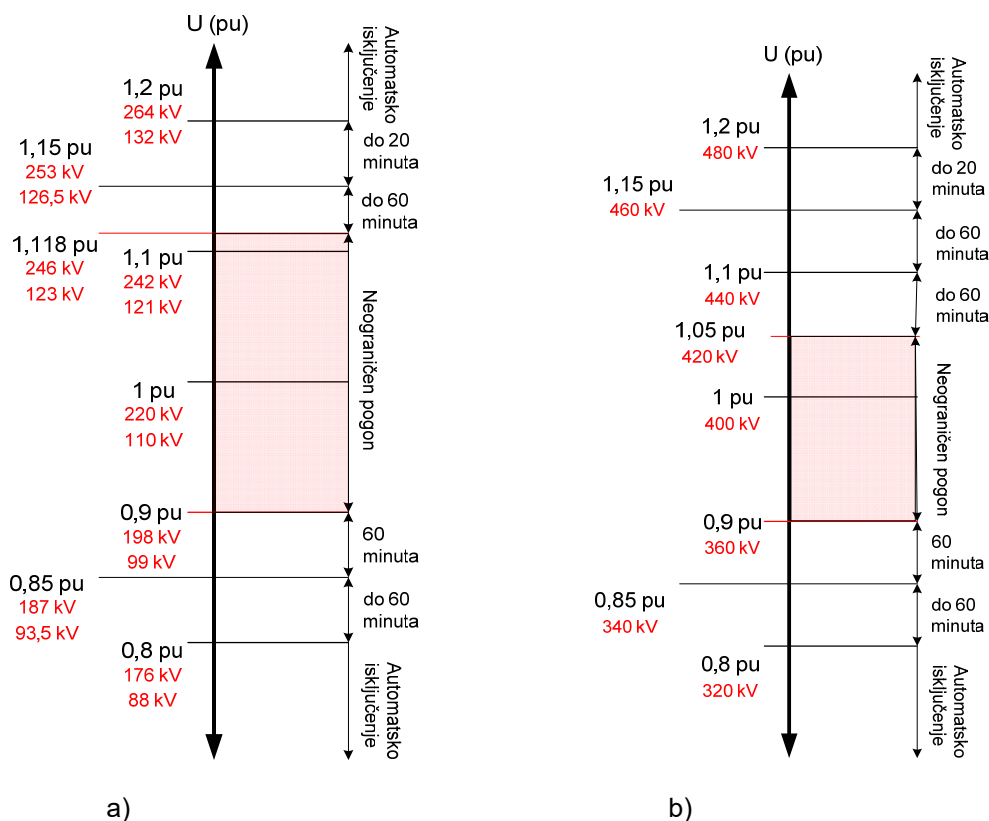
Proizvodni moduli tipa B i C moraju moći sudjelovati u proizvodnji jalove snage s faktorom snage  $\pm 0,95$  i to ovisno o vrijednosti pogonskog (pre/pod)napona. Za module elektroenergetskog parka tipa C definiran je i grafikon faktora snage u ovisnosti o proizvodnji djelatne snage (slika 8.b.)



Slika 8. Zahtjevi za isporuku jalove snage za sinkroni proizvodni modul tipa C (a) i modula energetskog parka tipa C (b)

### 3.4. Opseg napona

Opseg napona odnosno vrijednosti pogonskog napona pri kojima proizvodni modul mora ostati spojen na mrežu definirane su za naponske razine 110 kV i više. Ovi se zahtjevi ne ugrađuju u Mrežna pravila distribucijskog sustava, ali su dio Odluke te su ovdje prikazani u obliku dijagrama na slici 9.



Slika 9. Zahtjevi na otpornost na promjenu napona a) u 110 kV i 220 kV mreži te b) 400 kV mreži

Uz ovdje navedene zahtjeve Uredba je propisala i druge zahtjeve koji su kroz Odluku i mrežna pravila oba sustava implementirani u nacionalni zakonodavni okvir. Očekuje se skoro dovršenje procesa donošenja izmjena i dopuna Mrežnih pravila distribucijskog sustava i Mrežnih pravila prijenosnog sustava u kojima će svi ovdje spomenuti zahtjevi i drugi zahtjevi iz Uredbe biti implementirani i javno objavljeni.

#### 4. ZAKLJUČAK

U radu su prikazani zahtjevi Uredbe EU 631/2016 koje je potrebno implementirati u Mrežna pravila distribucijskog sustava. Usklađenje je potrebno provesti i u Mrežnim pravilima prijenosnog sustava u širem opsegu i uvažavajući dodatne Uredbe Europske unije. Zahtjevi su u Uredbi podijeljeni na obvezne zahtjeve i zahtjeve za opću primjenu koji su usklađeni između operatora prijenosnog i distribucijskog sustava te odobreni od regulatorne agencije.

U stručnu terminologiju uvedeni su novi pojmovi poput proizvodnog modula, modula elektroenergetskog parka i drugih koji su u radu objašnjeni, a njihovo razumijevanje je ključno za ispravnu primjenu zahtjeva na proizvodne module. Dan je pregled po grupama parametara poput parametara frekvencije, prolaska kroz stanje kvara, proizvodnje jalove energije itd. po proizvodnim modulima.

Ovdje prikazani zahtjevi su na snazi i primjenjuju se na proizvodne module i module elektroenergetskog parka u skladu s Uredbom EU 631/2016 i mrežnim pravilima operatora sustava te će imati važnu ulogu u ujednačavanju kriterija za priključenja i standardizaciju elektroenergetskih sustava u Europi. Operatori sustava u Hrvatskoj i nadalje trebaju pratiti europsku legislativu i prilagođavati mrežna pravila i druge akte aktualnim zahtjevima Europske unije.

#### 5. LITERATURA

- [1] Uredba Komisije (EU) 2016/631 od 14. travnja 2016. o uspostavljanju mrežnih pravila za zahtjeve za priključivanje proizvođača električne energije na mrežu



- [2] Uredba Komisije (EU) 2016/1388 od 17. kolovoza 2016. o uspostavljanju mrežnih pravila za priključak kupca
- [3] Uredba Komisije (EU) 2016/1447 od 26. kolovoza 2016. o uspostavljanju mrežnih pravila za zahtjeve za priključivanje na mrežu sustava za prijenos istosmjernom strujom visokog napona i istosmjerno priključenih modula elektroenergetskog parka
- [4] Uredba Komisije (EU) 2017/1485 od 2. kolovoza 2017. o uspostavljanju smjernica za pogon elektroenergetskog prijenosnog sustava
- [5] Uredba Komisije (EU) 2017/2196 od 24. studenoga 2017. o uspostavljanju mrežnog kodeksa za poremećeni pogon i ponovnu uspostavu elektroenergetskih sustava
- [6] Hrvatski operator prijenosnog sustava, Odluka o utvrđivanju nacionalnih pragova maksimalne snage za proizvodne module tipa A, B, C i D i zahtjeva za opću primjenu svih tipova proizvodnih modula, 3. prosinca 2018. godine
- [7] Mrežna pravila distribucijskog sustava, HEP – Operator distribucijskog sustava, NN 74/2018, 6. kolovoza 2018.
- [8] Hrvatski operator prijenosnog sustava, Izmjene i dopune Mrežnih pravila prijenosnog sustava (javno savjetovanje), <https://www.hops.hr/>, 8. studenoga 2019.
- [9] EU Network Codes - Requirements for Generators, Energy Networks Association, May 2018