

# Mrežna pravila distribucijskog sustava

---

**Horvat, Tomislav**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:891477>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-26**

*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I  
INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**

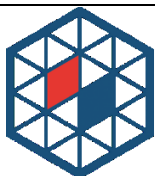
**Stručni studij**

**MREŽNA PRAVILA DISTRIBUCIJSKOG SUSTAVA**

**Završni rad**

**Tomislav Horvat**

**Osijek, 2022.**

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

Obrazac Z1S: Obrazac za imenovanje Povjerenstva za završni ispit na preddiplomskom stručnom studiju

Osijek, 14.09.2022.

Odboru za završne i diplomske ispite

Imenovanje Povjerenstva za završni ispit  
na preddiplomskom stručnom studiju

Ime i prezime Pristupnika:	Tomislav Horvat
Studij, smjer:	Preddiplomski stručni studij Elektrotehnika, smjer Elektroenergetika
Mat. br. Pristupnika, godina upisa:	A4518, 19.07.2019.
OIB Pristupnika:	10682296803
Mentor:	Zorislav Kraus, dipl. ing.
Sumentor:	
Sumentor iz tvrtke:	
Predsjednik Povjerenstva:	Dr. sc. Željko Špoljarić
Član Povjerenstva 1:	Zorislav Kraus, dipl. ing.
Član Povjerenstva 2:	Dr. sc. Krešimir Miklošević
Naslov završnog rada:	Mrežna pravila distribucijskog sustava
Znanstvena grana završnog rada:	<b>Elektroenergetika (zn. polje elektrotehnika)</b>
Zadatak završnog rada	-Novosti vezane za novo izdanje Mrežnih pravila distribucijskog sustava, usporedba sa starim. -buduća uloga obnovljivih izvora energije na regulaciju jalove snage, promjenu tokova snaga...
Prijedlog ocjene pismenog dijela ispita (završnog rada):	Izvrstan (5)
Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 2 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 2 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 3 bod/boda Razina samostalnosti: 3 razina
Datum prijedloga ocjene od strane mentora:	14.09.2022.

Potvrda mentora o predaji konačne verzije rada:

Mentor elektronički potpisao predaju konačne verzije.

Datum:

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA**

Osijek, 28.09.2022.

Ime i prezime studenta:

Tomislav Horvat

Studij:

Preddiplomski stručni studij Elektrotehnika, smjer Elektroenergetika

Mat. br. studenta, godina upisa:

A4518, 19.07.2019.

Turnitin podudaranje [%]:

13

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Mrežna pravila distribucijskog sustava**

izrađen pod vodstvom mentora Zorislav Kraus, dipl. ing.

i sumentora ,

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija. Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. DISTRIBUCIJA ELEKTRIČNE ENERGIJE</b> .....	<b>2</b>
2.1. Položaj distribucije u elektroenergetskom sustavu .....	2
2.2. Osnovne karakteristike distribucijskih mreža .....	2
2.3. Elementi distribucijskog sustava .....	3
2.4. Distributeri električne energije .....	5
<b>3. MREŽNA PRAVILA DISTRIBUCIJSKOG SUSTAVA</b> .....	<b>8</b>
<b>3.1. Dijelovi i opis mrežnih pravila distribucijskog sustava</b> .....	<b>8</b>
3.1.1. Opće odredbe .....	8
3.1.2. Priključenje .....	8
3.1.3. Planiranje razvoja .....	9
3.1.4. Vođenje pogona .....	9
3.1.5. Kvaliteta napona i pouzdanost napajanja .....	9
3.1.6. Zaštita od poremećaja i kvarova .....	9
3.1.7. Mjerna mjesta .....	9
3.1.8. Održavanje .....	10
3.1.9. Gubici električne energije .....	10
3.1.10. Međudjelovanje objekata distribucijske mreže i okoliša .....	10
<b>3.2. Izmjene i dopune mrežnih pravila distribucijskog sustava</b> .....	<b>10</b>
<b>4. BUDUĆA ULOGA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE</b> .....	<b>17</b>
4.1. Proizvodnja i potrošnja električne energije iz obnovljivih izvora .....	17
4.2. Utjecaj obnovljivih izvora na distribucijsku mrežu .....	18
4.3. Pomoćne usluge .....	19
4.3.1. Q-U regulacija .....	20
<b>5. PROIZVODNI MODULI – NOVOST U MREŽNIM PRAVILIMA DISTRIBUCIJSKOG SUSTAVA</b> .....	<b>21</b>
5.1. Proizvodni modul tipa A .....	21
5.2. Proizvodni modul tipa B .....	22
5.3. Proizvodni modul tipa C .....	22
5.4. Sinkroni proizvodni modul tipa B .....	22

5.5. Sinkroni proizvodni modul tipa C .....	23
5.6. Modul elektroenergetskog parka tip C .....	24
<b>6. MREŽNA PRAVILA DISTRIBUCIJSKOG SUSTAVA U BUDUĆOSTI .....</b>	<b>25</b>
6.1. V2G/G2V .....	25
6.2. Povezivanje uređaja na 5G mrežu.....	26
<b>7. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>27</b>
<b>8. SAŽETAK.....</b>	<b>28</b>
<b>9. LITERATURA .....</b>	<b>29</b>
<b>10. ŽIVOTOPIS.....</b>	<b>32</b>

## 1. UVOD

Zadatak ovog završnog rada je usporedba Mrežnih pravila distribucijskog sustava iz 2020. godine sa starim izdanjem iz 2018. i novosti koje se nalaze u istome. Prilikom usporedbe dvaju mrežnih pravila distribucijskog sustava poseban naglasak se stavlja na buduću ulogu obnovljivih izvora energije u regulaciji jalove snage i način na koji takvi izvori utječu na tokove snaga.

U drugom poglavlju opisan je pojam distribucije, položaj u elektroenergetskom sustavu i osnovne karakteristike distributivnih mreža.

Treće poglavlje odnosi se na Mrežna pravila distribucijskog sustava. Opisani su i ukratko objašnjeni dijelovi mrežnih pravila distribucijskog sustava. U ovom poglavlju također se nalaze izmjene i dopune zakona, novosti vezene izdanje Mrežnih pravila iz 2020. godine.

Četvrto poglavlje govori o implementaciji obnovljivih izvora energije i distribuiranih izvora u distribucijsku mrežu. Ukazuje na prednosti i nedostatke, to jest na njihove povratne utjecaje. Objašnjena je buduća uloga takvih izvora u regulaciji napona i jalove snage.

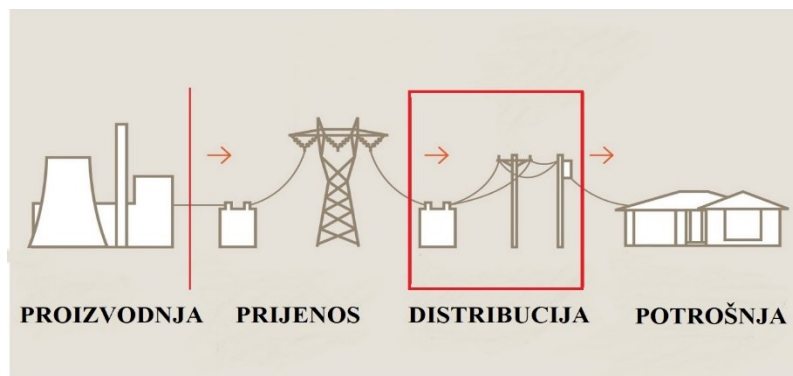
U petom poglavlju nalaze se novosti u Mrežnim pravilima distribucijskog sustava koje se posebno odnose na prethodno četvrto poglavlje, odnosno na regulaciju napona i jalove snage. To je objašnjeno putem proizvodnih modula, a svaki za proizvodni modul objašnjeni su uvjeti i karakteristike rada.

Šesto poglavlje, koje je ujedno i posljednje donosi novosti koje bi u budućnosti mogle utjecati na nova izdanja Mrežnih pravila distribucijskog sustava.

## 2. DISTRIBUCIJA ELEKTRIČNE ENERGIJE

### 2.1. Položaj distribucije u elektroenergetskom sustavu

Električna energija u najvećim količinama se proizvodi, tj. transformira u elektroenergetskim postrojenjima iliti elektranama koje se nalaze na periferijama gradova i nekad su udaljene i po nekoliko desetaka kilometara od prvih potrošača. Svu proizvedenu električnu energiju potrebno je prenijeti korisnicima na korištenje. Proizvodnju i potrošače povezuju dva sustava, a to su prijenosni sustav i distribucijski sustav. Prijenosni sustav je sustav koji je zadužen da prenese velike količine električne energije sa jednog mjesta na drugo. On povezuje elektrane sa rasklopnim i transformatorskim stanicama putem dalekovoda. Prijenos u Republici Hrvatskoj odvija se pri naponskim razinama od 400 kV, 220 kV i 110 kV. Sve razine napona ispod 110 kV pripadaju u distribucijski sustav. Distribucijski sustav je najrašireniji sustav i sustav najbliži korisnicima. On za razliku od prijenosa ima zadaću da električna energija dođe do svakog potrošača, te da pri tome bude zadovoljavajućih parametara. Naponske razine u distribucijskom sustavu u Republici Hrvatskoj iznose 35 kV, 20 kV, 10 kV, te 0,4 kV. Pri tome treba naglasiti da je već krenuo postupak izbacivanja naponske razine od 35 kV i 10 kV radi bolje efikasnosti i rentabilnosti distribucijskog sustava, odnosno radi štednje prostora i potrebne opreme za ispravan rad.



*Slika 2.1. Položaj distribucije u elektroenergetskom sustavu [17]*

### 2.2. Osnovne karakteristike distribucijskih mreža

1. Napon je na nešto nižim i prihvatljivijim naponskim razinama ( $U_n < 110$  kV), iz razloga što distribucijski sustav ne prenosi velike količine snage, a ujedno se i na taj način doprinosi sigurnosti korisnika koji su u bližem doticaju sa distribucijskom mrežom



2. Manje udaljenosti između rasklopnih i transformatorskih stanica
3. Distribucijske mreže su u većini slučajeva otvorene strukture, te im je zbog toga manja pogonska sigurnost u usporedbi s prijenosom
4. Srednje naponske distributivne mreže pretežno su zamkaste, tako da u slučaju kvara na jednom dijelu moguće osigurati napajanje iz drugog pravca. Napajanje iz drugog pravca je priučivo, te je u normalnom pogonu omogućeno napajanje samo iz jednog smjera.
5. Glavni elementi distribucijskih mreža (vodovi i trafostanice) nalikuju elementima prijenosnih mreža, samo su projektirani za manje naponske razine, dakle jednostavnije izvedbe [1]

### 2.3. Elementi distribucijskog sustava

Distribucijski sustav sastoji se od transformatora, vodiča, kabela, izolatora, zaštitnih uređaja, mjerne i ostale popratne opreme. Zbog vrlo opširnog sustava, bitno je naglasiti glavne elemente, to jest transformatore i vodove distribucijskog sustava. Trafostanice 35/10 kV i 10/0,4 kV smatraju se distribucijskim trafostanicama, u njima se nalaze distributivni transformatori snage reda veličine do nekoliko desetaka MVA, odnosno najčešće 1000 kVA, 630 kVA i 400 kVA za transformatore 10/0,4 kV.

U nadležnosti HEP-ODS-a postoji 26763 transformatorskih stanica. Broj trafostanica čija viša naponska razina odgovara naponskoj razini distribucije prikazana je u tablici 2.3.1.

**Tablica 2.1.** Broj distributivnih transformatorskih stanica prema naponskim razinama [2]

<b>Naponska razina [kV]</b>	35 i 30	20	10
<b>Broj trafostanica</b>	301	7 094	19 199



*Slika 2.2. Distributivna trafostanica 35/10 kV ŽUPANJA 1*

Distribucija električne energije odvija se SN dalekovodima i NN vodovima. Distribucija pri srednjem naponu može biti izvedena preko dalekovoda ili kabela. Srednje naponski kabeli koji se polažu u zemlju nisu toliko često u upotrebi kao srednje naponski dalekovodi. Takvi dalekovodi izvedbom su identični dalekovodima u prijenosu, samo im je konstrukcija i zaštita prilagođena srednjem naponu. Što se tiče distribucije pri niskom naponu, ona također može biti izvedena podzemno putem kabela ili nadzemno putem vodova. U ruralnim sredinama još uvijek je distribucija izvedena nadzemno, dok se u urbanim sredinama distribucija odvija podzemno putem kabela. Duljina distribucijske mreže prikazana je u tablici 2.3.3.

*Tablica 2.2. Duljina distribucijske mreže prema naponskim razinama [2]*

<b>Naponska razina [kV]</b>	<b>Duljina distribucijske mreže [km]</b>
35 i 30	4 524
20	10 593
10	27 316
0,4	62 168



*Slika 2.3. Prikaz 10 kV dalekovoda (lijevo) i 35 kV dalekovoda (desno)*

## **2.4. Distributeri električne energije**

U Republici Hrvatskoj postoji nekoliko opskrbljivača električnom energijom, a prema podacima Hrvatske energetske regulatorne agencije to su:

- HEP-Opskrba d.o.o.
- HEP-Elektra d.o.o. (opskrbljivač u obvezi javne usluge)
- E.ON Energije d.o.o.
- ENNA Opskrba d.o.o.
- GEN-I Hrvatska d.o.o.
- MET Croatia Energy Trade d.o.o.
- PETROL d.o.o.

HEP-Operator distribucijskog sustava d.o.o. najveći je opskrbljivač koji vrši reguliranu djelatnost distribucije električne energije na teritoriju cijele Republike Hrvatske. Organiziran je kroz sjedište Društva i distribucijska područja. Podijeljen je na 4 područja: Sjever, Istok, Zapad i Jug, i ima ukupno 21 distribucijsko područje, te u njima 129 terenskih jedinica. Pokriva 129 gradova i 428 općina. [2]



*Slika 2.4. Ustroj HEP-ODS-a [18]*

„HEP ODS prema Zakonu o tržištu električne energije dužan je:

- upravljati, održavati, razvijati i unaprjeđivati distribucijsku mrežu u cilju sigurnog, ispravnog i djelotvornog pogona distribucijskog sustava i distribucije električne energije te siguran, ispravan i djelotvoran pogon distribucijske mreže,
- provoditi propisane mjere sigurnosti tijekom korištenja distribucijske mreže i drugih postrojenja koja su u funkciji distribucijskog sustava,
- davati razumljive i precizne podatke korisnicima distribucijske mreže koji su potrebni za učinkovit pristup i korištenje distribucijske mreže, uz zaštitu podataka i informacija koji se smatraju povjerljivima,

- osiguravati dostup mreži i korištenje distribucijske mreže prema reguliranim i transparentnim pravilima,
- osiguravati električnu energiju za podmirenje gubitaka u distribucijskoj mreži te za dobavu pomoćnih usluga u distribucijskoj mreži sukladno transparentnim i tržišnim pravilima. „[3]

HEP-ODS na ovaj način osigurava stabilnost i pouzdanost distribucijskog sustava, sigurnost opskrbe korisnika, ali zadovoljava i kvalitetnu opskrbu električne energije. Navedene stavke, ali i mnoge druge možemo pronaći u mrežnim pravilima distribucijskog sustava.

### **3. MREŽNA PRAVILA DISTRIBUCIJSKOG SUSTAVA**

Prema Zakonu o tržištu električne energije, HEP ODS d.o.o., uz raniju suglasnost Hrvatske energetske regulatorne agencije donosi Mrežna pravila distribucijskog sustava. Tim pravilima određuju se: tehnički uvjeti, obveze korisnika i operatora distribucijskog sustava, planiranje pogona, upravljanje sustavom distribucije, procedure pri različitim pogonskim uvjetima mreže i mnoge druge odredbe. U sljedećim poglavljima većina teksta će se pozivati na mrežna pravila distribucijskog sustava [4], odnosno na izmjene i dopune istih [5].

#### **3.1. Dijelovi i opis mrežnih pravila distribucijskog sustava**

„Dijelovi mrežnih pravila distribucijskog sustava su:

- Opće odredbe
- Priključenje
- Planiranje razvoja
- Vođenje pogona
- Kvaliteta napona i pouzdanost napajanja
- Zaštita od poremećaja i kvarova
- Mjerna pravila
- Održavanje
- Gubici električne energije
- Međudjelovanje objekata distribucijske mreže i okoliša
- Prijelazne i završne odredbe“ [4]

##### **3.1.1. Opće odredbe**

U ovom poglavlju nalazi opis mrežnih pravila distribucijskog sustava, izrazi i definicije, opći uvjeti i načela

##### **3.1.2. Priključenje**

U ovom poglavlju se nalaze tehnički i ostali uslovi za priključak na distribucijsku mrežu, sa svrhom osiguravanja normalnog pogona i sprječavanja negativnog pogonskog utjecaja na mrežu, to jest na ostale korisnike. Objašnjena je kategorizacija korisnika mreže, pa tako postoje podjele na korisnike mreže prema smjeru el. energije na OMM, prema nazivnom naponu i broju

priključenih faza. Nadalje, napisani su tehnički uvjeti za priključenje, te osnovne tehničke značajke na mjestu priključenja instalacije korisnika i postrojenja s mrežom. Tehničke značajke odnose se na: frekvenciju, nazivni napon, zaštitno i pogonsko uzemljenje, vrijednosti struja u kratkom spoju, izolaciju, zaštitu od kvarova i povratni utjecaj na mrežu. Tehničke značajke bazirane su na normi HRN EN 50160.

### **3.1.3. Planiranje razvoja**

U ovom poglavlju opisani su ciljevi planiranja, načela, kriteriji i metodologija planiranja i planovi razvoja.

### **3.1.4. Vođenje pogona**

U ovom poglavlju opisan je pogon mreže i pogonska stanja mreže (normalni pogon, poremećeni pogon, izvanredni pogon). Planiranje i vođenje pogona (održavanje napona, upravljanje tarifama, potrošnjom i javnom rasvjetom). Opisana je analiza pogona i pogonskih događaja, te dodatne pomoćne usluge.

### **3.1.5. Kvaliteta napona i pouzdanost napajanja**

Operator distribucijskog sustava prema odredbama Uvjeta kvalitete opskrbe električne energije kontrolira kvalitetu napona i pouzdanost napajanja. Kontroliranje kvalitete napona obavlja se kontinuiranim i/ili povremenim mjerenjem. Kontinuirana mjerenja izvode se radi provjere kvalitete i praćenja trendova u promjenama, dok se diskontinuirana mjerenja provode na zahtjev korisnika. Prilikom mjerenja primjenjuju se mjerne metode bazirane na normi HRN EN 61000-4-30. Prilikom praćenja pouzdanosti napajanja može se kategorizirati vrsta prekida napajanja, te ovisno o vrsti prekida razmatraju se planovi razvoja mreže.

### **3.1.6. Zaštita od poremećaja i kvarova**

U ovom poglavlju opisani su temeljni zahtjevi za sustav zaštite, uređaji zaštite, APU. Opisane su funkcije sustava zaštite, zaštita kod pogona elektrane sa mrežom, te puštanje u rad i održavanje sustava zaštite.

### **3.1.7. Mjerna mjesta**

U ovom poglavlju opisani su tehnički uslovi za obračunska mjerna mjesta. Opisana je mjerna oprema, u što pripada: brojila električne energije, naponski i strujni mjerni transformator, ali i ostala oprema (mjerni i spojni vodovi, komunikacijski uređaji, osigurači i slično). Objašnjene su mjerne značajke mjerila, to jest vrsta mjerila i njegove karakteristike ovisno o vrsti i snazi

potrošača. Također su opisani svi pojmovi vezani za mjerne podatke, vrste mjernih podataka, označavanje mjernih podataka, te upravljanje sa istima.

### **3.1.8. Održavanje**

Operator distribucijskog sustava obvezan je provoditi i planirati održavanje sustava, odnosno postrojenja i opreme radi održavanja tehničkih svojstava i pouzdanosti mreže. Pa je tako u ovom poglavlju opisan postupak održavanja, kategorije i vrste radova održavanja, rokovi i dokumentacija pregleda i održavanja.

### **3.1.9. Gubici električne energije**

U ovom poglavlju opisane su dužnosti operatora distribucijskog sustava koje je dužan provoditi radi održavanja ili povećanja energetske učinkovitosti mreže i smanjivanja gubitaka energije u istoj. Opisane su vrste gubitaka, te na koji način se gubici vežu sa razvojem i rekonstrukcijom mreže.

### **3.1.10. Međudjelovanje objekata distribucijske mreže i okoliša**

U ovom poglavlju prikazane su mjere sprječavanja negativnog utjecaja distribucijske mreže i njenih objekata na okoliš, putem propisa zaštite na radu, zaštite od požara i zaštite okoliša i prirode. Također valja napomenuti i područje Natura 2000, u kojem je operator dužan provoditi tehnička rješenja za sigurnost i zaštitu ptica od strujnih udara.

## **3.2. Izmjene i dopune mrežnih pravila distribucijskog sustava**

Pojavom obnovljivih izvora energije, ulaganjem u njihovo razvijanje i korištenje dolazi do promjene tokova snaga. Drugim riječima, dolazi do povratnog utjecaja na distribucijsku mrežu. Važno je istaknuti da je taj utjecaj najvidljiviji na mjestu potrošnje, gdje se sve više pojavljuje i proizvodnja električne energije, a to se naziva distribuirana proizvodnja. Pojavom takve proizvodnje mijenja se tradicionalan poredak u elektroenergetskom sustavu, što uzrokuje niz promjena na ispravno funkcioniranje sustava, te sukladno tim promjena moraju se mijenjati i mrežna pravila distribucijskog sustava. Mrežna pravila distribucijskog sustava u pravilu mijenjaju se svakih nekoliko godina. Mrežna pravila izdana u kolovozu 2018. doživjela su izmjenu i dopunu u travnju 2020. godine.



U izmjenama i dopunama mrežnih pravila mogu se pronaći pojmovi koji su sada drugačije definirani. Ukupno se nalazi 68 novodefiniranih pojmova, a kao primjer može se navesti promjena definicije distribucijskog sustava, jalove energije i krivulje opterećenja.

Članak 12. koji govori o kategorizaciji korisnika mreže se mijenja, pa tako postoji nova podjela korisnika.

„Prema smjeru električne energije na obračunskom mjernom mjestu postoji:

- Kupac
- Proizvođač
- Kupac s vlastitom proizvodnjom i kupac sa postrojenjem za skladištenje energije
- Kupac sa vlastitom proizvodnjom bez predaje u mrežu

Prema nazivnom naponu na mjestu preuzimanja ili isporuke:

- Korisnik mreže sa mjestom preuzimanja na srednjem naponu
- Korisnik mreže sa mjestom preuzimanja na niskom naponu

Prema broju priključnih faza

- s jednofaznim priključkom
- s trofaznim priključkom

Prema vrsti uređaja na sučelju s mrežom

- Korisnik mreže s izmjenjivačem
- Korisnik mreže sa asinkronim generatorom
- Korisnik mreže sa sinkronim generatorom“ [5]

U drugom stavku članka 12. izbačene su granice za priključne snage od 500 kW između srednjeg i niskog napona na mjestu preuzimanja za korisnike mreže. Vjerojatan razlog tomu je što po novom operator distribucijskog sustava određuje preko elaborata optimalnog tehničkog rješenja priključenja potrebnu izgradnju vrste mreže i priključka. Ostale podjele u članku 12. su nepromijenjene.

Dogodile su se promjene u kategorizaciji korisnika mreže prema priključnoj snazi, pa tako više ne postoji podjela na 5 grupa korisnika, već na 4., što je prikazano u sljedećim tablicama. Vidljivo je da u novoj podijeli kupca prema priključnoj snazi ne postoji snaga od 20 kW, kao prva razina priključne snage.

**Tablica 3.1.** Stara podjela kupaca prema priključnoj snazi

Kategorija kupca s 3f priključkom	Priključna snaga
Grupa 1	$P \leq 20 \text{ kW}$
Grupa 2	$20 \text{ kW} < P \leq 50 \text{ kW}$
Grupa 3	$50 \text{ kW} < P \leq 500 \text{ kW}$
Grupa 4	$500 \text{ kW} < P \leq 10 \text{ MW}$
Grupa 5	$10 \text{ MW} < P \leq 20 \text{ MW}$

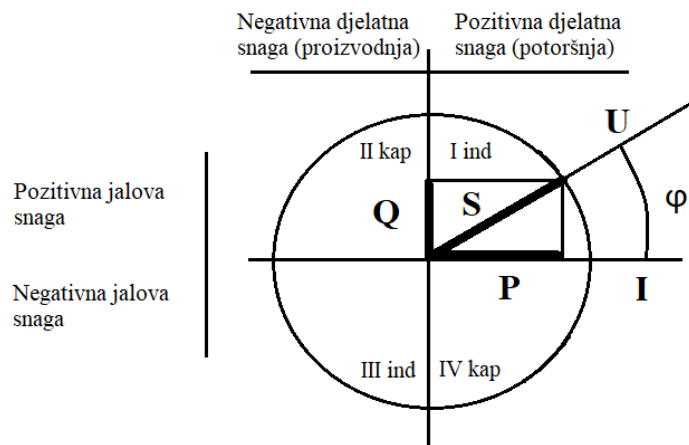
**Tablica 3.2.** Nova podjela kupaca prema priključnoj snazi

Kategorija kupca s 3f priključkom	Priključna snaga
Grupa 1	$P \leq 50 \text{ kW}$
Grupa 2	$50 \text{ kW} < P \leq 500 \text{ kW}$
Grupa 3	$500 \text{ kW} < P \leq 10 \text{ MW}$
Grupa 4	$10 \text{ MW} < P \leq 20 \text{ MW}$

-U članku 28. iza 1. stavka dodana su nova 3 stavka. Drugi stavak kaže: „Najveća pojedinačna priključna snaga postrojenja korisnika mreže koji se priključuje na distribucijsku mrežu iznosi 20 MW“[5]. U izdanju Mrežnih pravila iz 2018. godine najveća pojedinačna priključna snaga iznosila je 10 MW, što je dvostruko manje. Dakle sve što je bilo iznad 10 MW priključivalo se na prijenosnu mrežu, pa se iz toga može zaključiti razvoj sposobnosti distribucijske mreže. Treći stavak govori: „Snaga svih postrojenja za proizvodnju priključenih na SN distributivnu mrežu koja se napaja iz transformatorske stanice VN/SN može biti najviše onolika kolika je ukupna nazivna

snaga transformacije nakon ispada najvećeg trafoa VN/SN u tom čvoru uvećana za iznos minimalne potrošnje u tom čvoru“[5]. Četvrti stavak kaže: „U slučaju za povećanjem snage postojeće proizvodne jedinice ili za priključak nove proizvodne jedinice, operator distribucijskog sustava definira tehničko rješenje za stvaranje uvjeta u distribucijskoj mreži, dok operator prijenosnog sustava definira tehničko rješenje za stvaranje uvjeta u prijenosnoj mreži.“[5]

-Članku 34. dodaje se stavak 2. u obliku grafičkog prikaza, a sam članak govori da vrijednost faktora snage mora iznositi od 0,95 do 1 (ind.). za instalacije kupaca.



*Slika 3.1. Grafički prikaz radne i jalove energije ovisno o toku energije [19]*

-U članku 50. mijenjaju se drugi i treći stavak. Stavak 2. kaže: „Proizvodne jedinice priključene na mrežu (tip A), trebaju imati mogućnost pogona s faktorom snage određenim normama HRN EN 50549-1 i HRN EN 50549-2“[5]. Stavak 3. kaže: „Proizvodne jedinice priključene na mrežu, ovisno o tehnologiji (tip B, C i D), trebaju imati mogućnost pogona sa faktorom snage određenim u člancima 58.f, 58.g, i 58.i novih mrežnih pravila“[5]. U članku 50. starog izdanja, iznos limita faktora snage bilo je fiksno ograničen na 0,9 ind. i 0,9 kap., odnosno normom HRN EN 50438. Razlog te izmjene je bolja podrška za održavanje napona sa jalovom snagom.

- Mijenja se drugi stavak članka 58. koji govori o tome da korisnik mreže u postupku priključenja podmiruje izdatke ugradnje i pripreme uređaja za daljinsko odvajanje postrojenja za proizvodnju od 100 do 500 kW priključne snage u slučaju izgradnje novog ili rekonstrukcije starog priključka.

- Mijenjaju se tablice „3.1.Pojedinačni pokazatelji kvalitete napona“ i „3.2.Dopuštene vrijednosti viših harmonika napona“. Većina izmjena pokazuje porast u graničnim vrijednostima, posebno kada se promatra frekvencija, te dopuštene vrijednosti napona viših harmonika. Vrlo vjerojatan razlog tome je porast elemenata kapacitivnog karaktera u distribuciji koji na neki način imaju negativan utjecaj na mrežu. Najveći porast vrijednosti kada se promatra vrijednost napona viših harmonika vidljiv je kod trećeg i petog harmonika.

**Tablica 3.3. Pojedinačni pokazatelji kvalitete napona**

Parametar		Osnovna veličina	Vrijeme usrednjavanja	Promatrano razdoblje	Granične vrijednosti
Frekvencija		Prosijek	10 sekundi	1 god.	±1%
					99,5 % vremena +4% / -6%
Kolebanja napona		Efekt. vrijednost	10 minuta	1 tjedan	99% vrijednosti <+10%
					99% vrijednosti > -10%
		Efekt. vrijednost	(1 minuta) 10 minuta	1 tjedan	100% vrijednosti ±15%
					(±10%)
					95% vrijednosti ±10%
Treperenje (Flicker)		Izračunata vrijednost	( Pst 10 min) Plt 120 min	1 tjedan	100% vrijednosti +10% / -15% Un
					Pst < 1.2
					Plt < 1
Viši harmonici		Efekt. vrijednost	10 minuta	1 tjedan	95% vrijednosti Plt < 1
THD		Efekt. vrijednost	10 minuta	1 tjedan	Tablica 3.4.
Signalni napon		Efekt. vrijednost	3 sekunde	1 dan	<8%
Nesimetričnost		Efekt. vrijednost	10 minuta	1 tjedan	< 9% Un za 0–1 kHz < 5% Un za 1–10 kHz
					< 2%

\*Stare vrijednosti označene su crvenom bojom, nove i dodane vrijednosti označene su zelenom bojom, a nepromijenjene vrijednosti nisu označene bojom.

**Tablica 3.4. Dopuštene vrijednosti napona viših harmonika**

Neparni harmonici				Parni harmonici	
Nisu višekratnici trećeg harmonika		Višekratnici trećeg harmonika			
Redni br. harmonika	Uh (%)	Redni br. harmonika	Uh (%)	Redni br. harmonika	Uh (%)
5	6,0 (3,0)	3	5,0 (3,0)	2	2,0 (1,5)
7	5,0 (2,5)	9	1,5	4	1
11	3,5 (2,5)	15	0,5	6...24	0,5 (0,3)
13	3,0 (2,0)	21	0,5		
17	2,0				
19	1,5				
23	1,5				
25	1,5 (1,0)				

\*Stare vrijednosti označene su crvenom bojom, nove i dodane vrijednosti označene su zelenom bojom, a nepromijenjene vrijednosti nisu označene bojom.

Ostale izmjene i dopune odnose se na zamjenu riječi sa drugim riječima, odnosno na dodavanje novih pravopisnih znakova. U određenim stavcima norma HRN EN mijenja se sa normom IEC.

## **4. BUDUĆA ULOGA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE**

Temeljni zakon elektroenergetskog sustava je da proizvedena električna energija svakog trenutka treba odgovarati potrošnji uvećanoj za gubitke. Potrošnja električne energije nije konstanta i mijenja se svakog trenutka. Tako se može reći da je vođenje elektroenergetskog sustava zapravo jedan veliki izazov, pogotovo kada se u elektroenergetski sustav počnu implementirati obnovljivi izvori energije.

### **4.1. Proizvodnja i potrošnja električne energije iz obnovljivih izvora**

Vrlo je važan stalan balans između proizvodnje i potrošnje jer na taj način osiguravamo stabilnost elektroenergetskog sustava, stoga je bitno dobro upravljati proizvodnjom i potrošnjom. Upravljanje proizvodnjom i potrošnjom električne energije iz obnovljivih izvora može se izvesti na razne načine. Neki od primjera su financijskih poticaji ili promjena ponašanja potrošača kroz obrazovanje. Glavni cilj je potaknuti potrošača da koristi manje energije tijekom vršnih opterećenja ili premjestiti vrijeme korištenja električne energije na vrijeme izvan vršnog opterećenja. Tako se kao primjer može navesti noć ili u pogledu tjednog dijagrama opterećenja dani vikenda.[6]

U današnje vrijeme dolazi do velikih promjena u strukturi i načinu vođenja elektroenergetskog sustava. Uzroci promjena u EES su slijedeći: globalno zatopljenje, težnja za smanjenje emisija stakleničkih plinova, porast cijena primarnih energenata i želja za energetsom neovisnošću. Takvi uzroci rezultiraju promjenama u sustavu, odnosno pojavljuju se obnovljivi izvori energije.[7]

Prema globalnoj razini ulaganja u obnovljive izvore energije, vidljivo je da razvijene zemlje, ali i zemlje u razvoju najviše novčanih sredstava ulažu u energiju Sunca i energiju vjetra.[8]

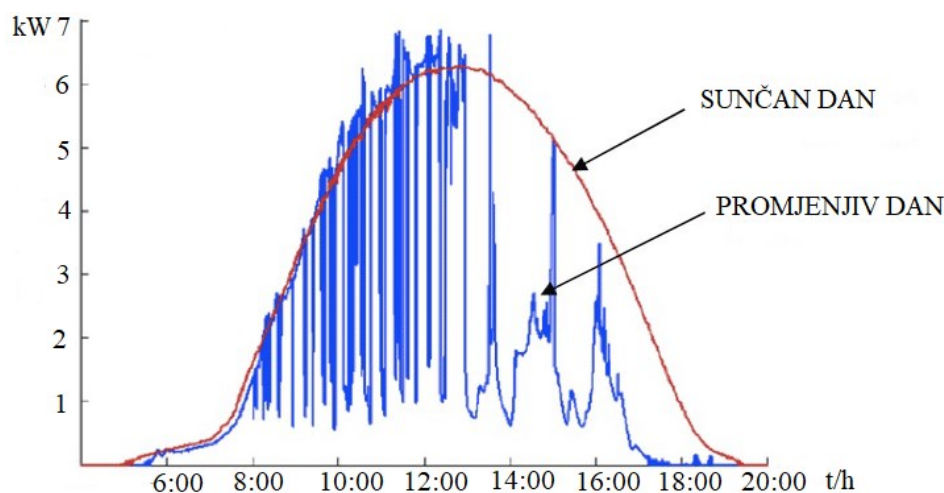
Dakle, radi se velika implementacija OIE u elektroenergetski sustav, a budući da se svi izuzev vjetro-parkova priključuju na distributivnu mrežu javlja se distribuirana proizvodnja. Distribuirana proizvodnja odnosno distribuirani izvor je vrsta elektrane koja je priključena na distribucijsku mrežu. Postoji razlika u terminima DI i OIE, jer DI može, a i ne mora biti OIE, ali zbog toga što su vrlo velikoj mjeri svi distribuirani izvori obnovljivi izvori energije to možemo smatrati identičnim.[9]

Obnovljivi izvori energije imaju velik potencijal u upravljanju sustavom, tako što će služiti kao pomoć operaterima distribucijske, pa i prijenosne mreže, u balansiranju proizvodnje i potrošnje.

Cilj je pohraniti električnu energiju kada je u izobilju i kada je jeftina. Posebno iz povremenih izvora energije kao što su obnovljivi izvori energije (iz vjetera , solarne energije) ili kada je potražnja mala, a kasnije se vraća u mrežu kada je potražnja velika, i cijene električne energije obično veće.[10].

## 4.2. Utjecaj obnovljivih izvora na distribucijsku mrežu

Priključenjem obnovljivih izvora energije na distribucijsku mrežu dolazi do promjene tokova snaga koja može mijenjati iznos i smjer više puta dnevno i na različitim mjestima, jer se takvi izvori energije oslanjaju na vanjske prilike u atmosferi, primjerice proizvodnja električne energije iz FN modula ovisi o dobu dana, naoblaci, zasjenjenosti drugim predmetima, itd. Obnovljivi izvori energije rade utjecaj na distribucijsku mrežu. Tako se može govoriti o isprekidanosti proizvodnje, promjeni karaktera distribucijske mreže, variranju napona i promjeni karaktera opterećenja i tokova snaga unutar mreže.[9]

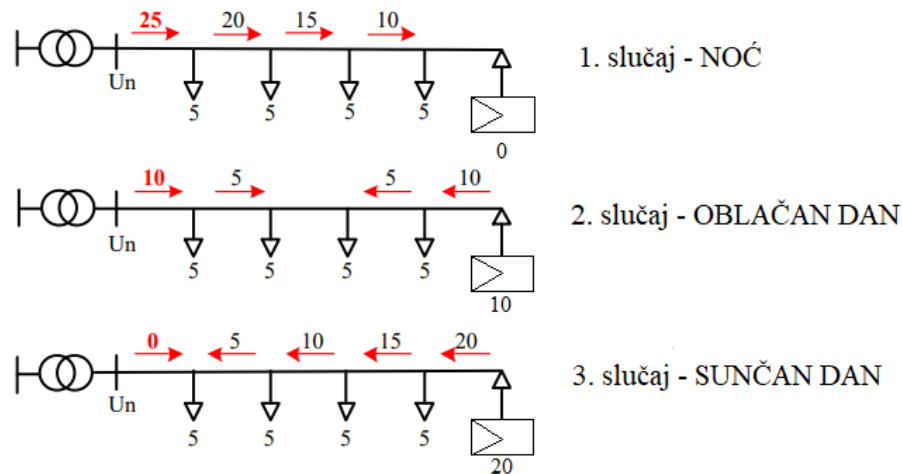


*Slika 4.1. Ovisnost proizvodnje električne energije iz FNE za različitih dana*

Sve je značajnije analizirati utjecaj tokova snaga u mreži. Tokovi snaga do pojave OIE u svrhu distribuirane proizvodnje bili su jednosmjerni, od više naponske razine prema manjoj, odnosno od generatora, preko prijenosa i distribucije do potrošača. Tako primjerice, posljednja dionica radijalnog voda, koja je bila projektirana i dimenzionirana za napajanje preostalog djela kupaca, postaje prva i najopterećenija dionica. Zbog toga može se javiti problem evakuacije električne



energije, odnosno javlja se „jaka“ elektrana na „slaboj“ mreži, koja utječe na naponske prilike u okolini i na regulaciju napona u dubini mreže.[9]



*Slika 4.2. Prikaz promjene tokova snaga u različitim slučajevima [20]*

### 4.3. Pomoćne usluge

Većina ljudi očekuje sigurnu i pouzdanu opskrbu električnom energijom. Međutim, ono što krajnji korisnik obično ne shvaća jest da su potrebne stalne operativne prilagodbe kako bi se to postiglo. Kako bi zajamčili visoku razinu kvalitete, pouzdanosti i sigurnosti prijenosa i distribucije električne energije, mrežni operateri moraju kontinuirano raditi na održavanju frekvencije, napona i opterećenja u dopuštenim granicama tolerancije. Te usluge, koje su neophodne za održavanje funkcionalne opskrbe električnom energijom, nazivaju se pomoćnim uslugama. Do danas su veliki dio ovih usluga prvenstveno obavljale konvencionalne elektrane, no u budućnosti će i obnovljivi izvori energije morati dati doprinos stabilnosti mreže.[10] „Pomoćne usluge sastoje se od: vođenja EES-a, održavanja frekvencije, održavanja napona i ponovne uspostave napajanja., [3]

U mrežnim pravilima distribucijskog sustava postoji posebno poglavlje koje se odnosi na pomoćne usluge. Pomoćne usluge koje korisnici mreže pružaju ODS-u su regulacija napona i jalove snage proizvodnjom ili potrošnjom jalove snage postrojenja i instalacije korisnika mreže, povećanje ili snižavanje snage opterećenja ili proizvodnje, te ostale usluge.

### 4.3.1. Q-U regulacija

Kako bi napon bio u okviru dozvoljenih vrijednosti nužno je kontrolirati snagu distribuiranih izvora električne energije. Ta kontrola, odnosno regulacija je vrlo važna za integraciju i uvećanje nivoa integracije poslije priključenja takvih izvora na distribucijsku mrežu. Neki od primjera regulacije su isključenje distribucijske proizvodnje u slučaju povećanog napona, ograničenje maksimalne injektirane snage, postavljanje proizvodnje prema zahtjevima potrošnje. Naponske prilike i tokovi jalovih snaga u mreži su jako povezani. Smanjenjem induktivne jalove snage povećava se napon u mreži, dok povećanjem induktivne jalove snage napon u mreži opada. Induktivna jalova snaga je potrebna sustavu za pravilan rad. Povišene razine napona najčešće se pojavljuju na mjestu priključka distribuirane proizvodnje. Napon na mjestu priključka generatora moguće je regulirati promjenom faktora snage generatora, to jest promjenom djelatne i jalove snage. Kada je faktor snage jednak 1, generator proizvodi isključivo djelatnu snagu. Pri predaji djelatne snage u mrežu događa se pad napona na vodu, pa je napon na kraju voda niži. Kada generator proizvodi djelatnu i jalovu induktivnu snagu, postaje poduzbuđen i na taj način se smanjuje napon na početku voda. U slučaju kada generator proizvodi djelatnu i jalovu kapacitivnu snagu, postaje naduzbuđen i na taj način povećava napon na početku voda. [11]

## 5. PROIZVODNI MODULI – NOVOST U MREŽNIM PRAVILIMA DISTRIBUCIJSKOG SUSTAVA

Kao što je već rečeno mrežna pravila je potrebno kontinuirano mijenjati, dopunjavati i unaprjeđivati, zbog negativnih utjecaja distributivne proizvodnje, kao što je ispad elektrane na distribucijskoj mreži što uzrokuje iznenadni propad napona u mreži i gubitak mogućnosti naponske regulacije. Stoga u najnovijem izdanju mrežnih pravila distribucijskog sustava možemo pronaći zahtjeve za proizvodne module priključene na distributivnu mrežu. Proizvodni moduli dijele se na tipove u odnosu prema maksimalnoj snazi, a postoje proizvodni moduli A, B, C i D tipa.

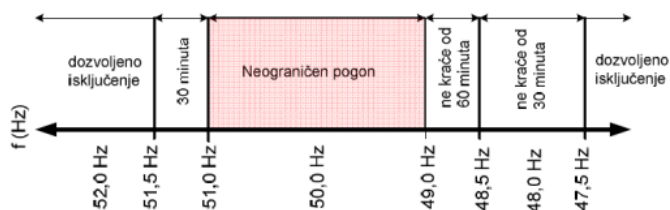
### 5.1. Proizvodni modul tipa A

Proizvodni modul tipa A treba biti spreman ostati priključen na mreži prilikom dugotrajnih odstupanja u frekvenciji, a vrijeme i iznos odstupanja prikazani su tablično

*Tablica 5.1. Zahtjevi za proizvodni modul tipa A*

VRIJEME	FREKVENCIJA
Najmanje 30 min	Od 47,5 do 48,5 Hz
Najmanje 60 min	Od 48,5 do 49 Hz
Neograničeno	Od 49 do 51 Hz
Najmanje 30 min	Od 51 do 51,5 Hz

Pri većim frekvencijskim odstupanjima proizvodni modul se može odspojiti od distribucijske mreže, prema slici 5.1.



*Slika 5.1. Vrijeme i frekvencija odstupanja za isključenje proizvodne jedinice [21]*

## 5.2. Proizvodni modul tipa B

Proizvodni modul B tipa treba biti opremljen sučeljem za daljansko upravljanje regulacijom djelatne snage. Ono mora biti sposobno mijenjati svoju izlaznu snagu od 1 do 2 % nazivne snage po sekundi, te treba imati sposobnost isporuke ili preuzimanja jalove snage sukladno članku 50. „Podrška održavanju napona jalovom snagom“.

Proizvodni modul ovakvog tipa nakon isklopa uzrokovanog mrežnim poremećajima može se ponovno priključiti na mrežu uz zahtjeve:

- Napon na priključnom mjestu mora biti u intervalu  $0,9 \leq U \leq 1,1$  p.u. (*per unit*) uz vrijeme promatranja od 60 sekundi
- Frekvencija sustava mora biti u intervalu  $49,9 \text{ Hz} \leq f \leq 50,1 \text{ Hz}$  uz vrijeme promatranja od 60 sekundi

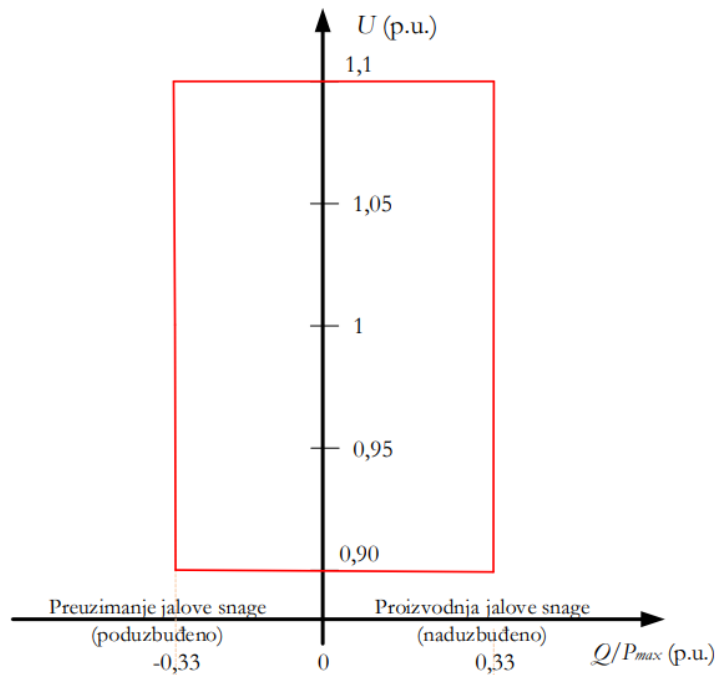
Kod ovakvog tipa modula dopušteno povećanje djelatne snage iznosi najviše 20% Pmax/min prilikom ponovnog priključenja.

## 5.3. Proizvodni modul tipa C

Proizvodni modul tipa C treba imati opciju namještanja postavne vrijednosti djelatne snage sukladno naputcima koje proizvođač primi od operatora distribucijskog sustava i mora biti sposoban za automatski isklop u slučaju pada napona ispod 80% nazivne vrijednosti, odnosno iznad 120% nazivne vrijednosti na mjestu priključenja.

## 5.4. Sinkroni proizvodni modul tipa B

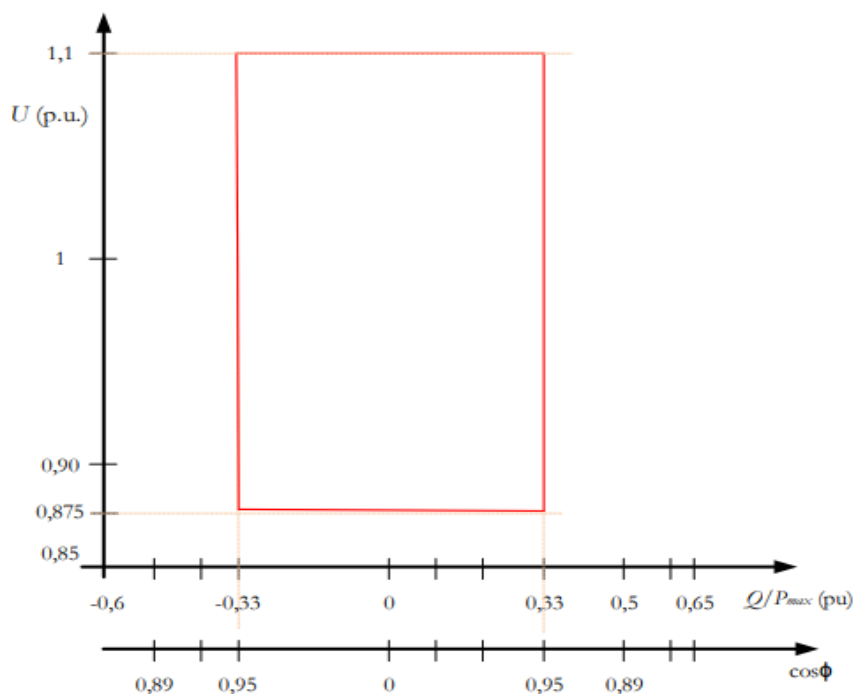
Sinkroni proizvodni modul tipa B treba obavljati rad s faktorom snage 0,95 i većim , u oba smjera, što je prikazano na slici 5.2.



*Slika 5.2. Zahtjevi za isporuku jalove snage sinkronog proizvodnog modula tipa B [22]*

### 5.5. Sinkroni proizvodni modul tipa C

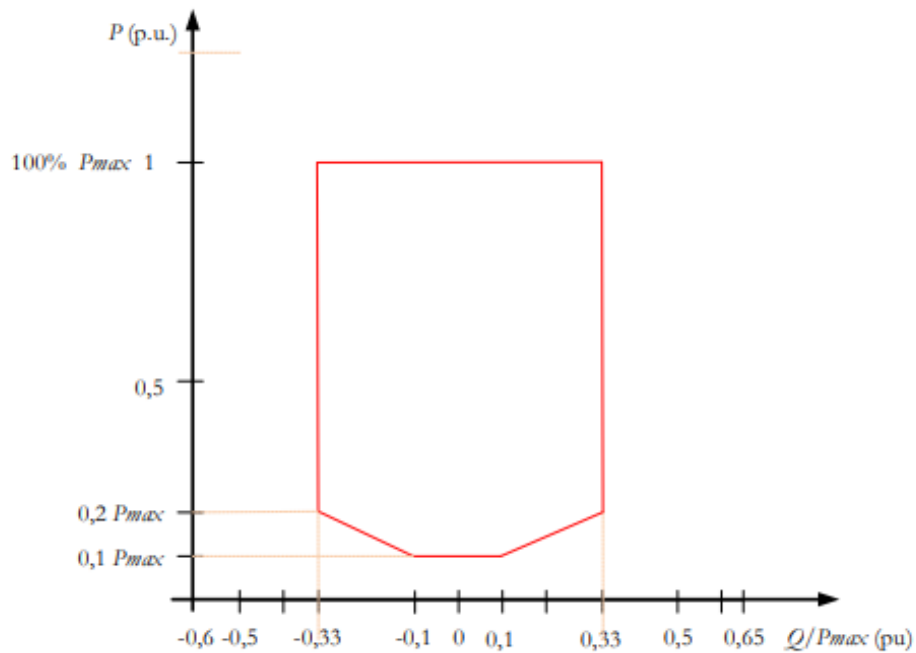
Sinkroni proizvodni modul tipa C ovisno o naponu na mjestu priključenja mora moći preuzeti ili isporučiti jalovu snagu, te treba biti spreman prelaziti na bilo koju radnu točku na svojoj karakteristici u određenom vremenskom trajanju pri punoj i smanjenoj izlaznoj snazi.



*Slika 5.3. Uvjeti isporuke jalove snage sinkronog proizvodnog modula tipa C [23]*

## 5.6. Modul elektroenergetskog parka tip C

Modul elektroenergetskog parka tipa C treba moći ostvariti 90% promjene izlazne jalove snage u vremenskom trajanju od 5 sekundi i stabilizirati se na vrijednosti određenoj nagibom unutar vremena od 30 sekundi uz dopušteno odstupanje jalove snage od 5% maksimalnog iznosa u stacionarnom stanju. Takav modul treba imati sposobnost proizvodnje jalove snage, kao što je prikazano na slici 5.4.



*Slika 5.4. Zahtjevi za isporuku jalove snage za modul elektroenergetskog parka tipa C [24]*

## 6. MREŽNA PRAVILA DISTRIBUCIJSKOG SUSTAVA U BUDUĆOSTI

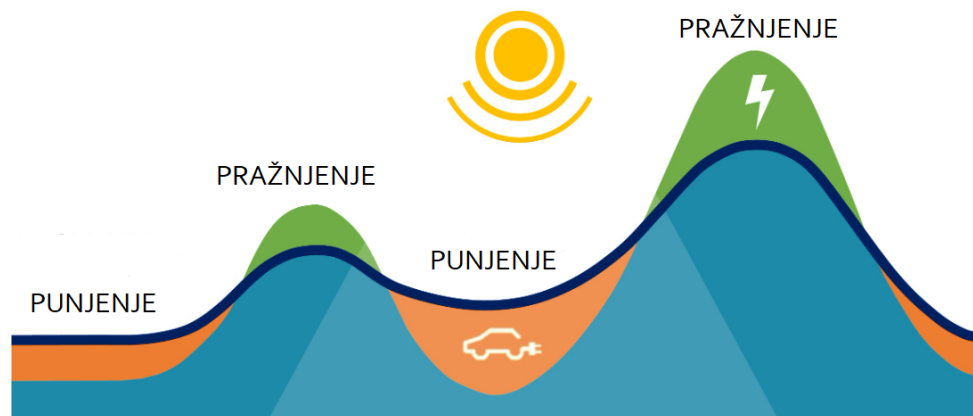
Distribucijska električna mreža iz dana u dan postaje sve neovisnija od prijenosne električne mreže. Pojavom obnovljivih izvora energije, ali i drugih tehnologija na razini distribucije dolazi do promjene dosadašnjeg funkcioniranja distribucijskog sustava. Sukladno time distribucijski sustav teži promjenama, pa tako i sama mrežna pravila distribucijskog sustava. Slijedeća generacija distributivne mreže biti će pametna mreža, koja će u suštini operatorima distribucijskog sustava davati punu preglednost i kontrolu nad svime što se nalazi u distribucijskom sustavu. Pametna distribucijska mreža morati će biti sposobna sama otkloniti problem, te biti otporna na kvarove u sustavu. Operator distribucijskog sustava, ali i svi sudionici morati će definirati i osmisliti nove načine međusobnog sudjelovanja u razmjeni energije u sustavu [12]. Kako bi se omogućilo ispravno funkcioniranje takvog sustava, veliku ulogu imati će informacijska i komunikacijska tehnologija u suradnji sa elektrotehnikom. Zbog toga sam u slijedeća dva potpoglavlja uveo dva pojma koja će zasigurno imati veliku ulogu u promjeni funkcioniranja distribucijskog sustava, odnosno mrežnih pravila distribucijskog sustava, a to je „vehicle to grid / grid to vehicle „ i povezivanje uređaja 5G mrežom.

### 6.1. V2G/G2V

Ova tehnologija mogla bi biti jedna od najrevolucionarnijih od otkrića obnovljivih izvora energije. Ona omogućava da električnu energiju koja je pohranjena u baterijama električnih i hibridnih automobila predajemo nazad u distribucijsku mrežu. To bi bilo najkorisnije kada potrošnja dosegne svoj vrhunac u trenucima vršnih opterećenja. Većinu vremena automobili zapravo provedu na parkingu i ne služe svrsi. Tako se zapravo iskorištava samo jedan dio električne energije pohranjene u bateriji automobila, to znači da bi se ostatak mogao upotrijebiti na mjestima gdje je električna energija potrebna, ali i za ublažavanje isprekidanosti proizvodnje iz obnovljivih izvora energije. „Vehicle to grid“ je zapravo „grid to vehicle“ jer automobil uzima električnu energiju iz distribucijske mreže za punjenje baterije. Kada je vlasnik voljan i kada je potražnja velika automobil se spaja na mrežu preko uređaja energetske elektronike, te tako omogućava tok energije u oba smjera. Naravno vlasnik bi mogao podesiti limit pražnjenja baterije da uvijek ima određenu količinu energije za vožnju automobila.[13]

Bez obzira na to puše li vjetar ili Sunce sja, elektroenergetski sustav mora biti u konstantnoj ravnoteži između proizvodnje i potrošnje. Zbog toga bi ova tehnologija mogla omogućavati

električnu energiju za vrijeme vršnih opterećenja, što je jeftinije od pokretanja neke elektrane koja ima zadaću pokrivanja takvih vršnih opterećenja. Zbog toga obnovljivi izvori energije zajedno sa V2G/G2V implementiranim u sustavu imaju svijetlu budućnost.[14] Naravno sve to je potrebno regulirati zakonima i pravilnicima kako bi se postigla uređenost takvoga sustava, što rezultira novim izdanjima mrežnih pravila distribucijskog sustava.



*Slika 6.1. Prikaz dnevnog dijagrama opterećenja sa primjenom V2G/G2V tehnologije [25]*

## 6.2. Povezivanje uređaja na 5G mrežu

Električna energija je proizvod koji se teško skladišti, pa je stoga ravnoteža između proizvodnje i potrošnje od vitalnog značaja. Obnovljivi izvori energije mogu dovesti do povećanog rizika od poremećaja u mreži zbog načina rada, to jest ovisnosti o atmosferskim prilikama, a kako broj OIE na distribucijskoj mreži raste, sve više će biti potrebno praviti dobru regulaciju. Stoga će 5G mreža omogućavati veći protok informacija i brže odgovore za prilagodbu ravnoteže između proizvodnje i potrošnje. [15]

Postoji niz primjera na koje će tehnologije koje je uvela 5G mobilnih mreža koristiti energetsom sektoru, pa tako možemo navesti neke: pametna brojila za dom, daljinsko praćenje lokacija na kojima su vjetroelektrane i solarne elektrane, energetska učinkovitost i smanjenje učinaka klimatskih promjena. Pametna brojila s uvođenjem 5G mreže će omogućiti češće slanje i primanje više vrsta podataka, što će davati jasnije informacije i potrošaču i pružatelju usluge. Primjerice, omogućit će pregled pojedinačnih uređaja u domu koji troše najviše električne energije i davati će informacije u koje doba dana se troši najviše energije, to jest kada je najveći trošak. [16]



## 7. ZAKLJUČAK

Distribucijska mreža kao dio elektroenergetskog sustava svakim danom postaje sve složenija i samoodrživija od ostatka elektroenergetske mreže. Najveći uzrok promjena je pojava sve više obnovljivih izvora energije koji su priključeni na distributivnu mrežu, te tako polako mijenjaju tradicionalan poredak u sustavu. Vrlo veliki napredak u energetskej elektronici omogućio je nastanak izmjena tradicionalnog poretka. Priključenjem takvih izvora na mjestu distribucije možemo govoriti o distribuiranoj proizvodnji koja unosi promjenu u funkcioniranje elektroenergetskog sustava. Zbog toga se sukladno promjenama tehničke prirode mijenjaju i mrežna pravila distribucijskog sustava. To je dokument čiji je donositelj nacionalni operator distribucijskog sustava, a tim dokumentom propisuju se načini vođenja, upravljanja i razvoja distribucijskog sustava kao i razni tehnički uvjeti. Mreža pravila se mijenjaju u pravilu svakih nekoliko godina, s ciljem ostvarivanja uređenosti sustava i pravilnog funkcioniranja, što rezultira kvalitetnom opskrbom i električnom energijom visoke kvalitete.

## 8. SAŽETAK

Cilj ovog završnog rada je usporediti Mrežnih pravila distribucijskog sustava iz 2018. godine sa Mrežnim pravilima distribucijskog sustava iz 2020. godine, te popisati promjene koje su se u međuvremenu dogodile. Poseban naglasak stavljen je na tendenciju rasta obnovljivih izvora energije u distribuciji, te na regulaciju napona i jalove snage pomoću takvih izvora. Zbog toga u najnovijem izdanju Mrežnih pravila distribucijskog sustava iz 2020. godine doneseni su zahtjevi za proizvodne module A, B, C i D tipa. Za svaki proizvodni modul određen je raspon frekvencije pri kojoj moraju ostati priključeni na mreži, te zahtjevi za isporuku jalove snage, pomoću koje se može regulirati napon u sustavu.

**Ključne riječi:** mrežna pravila distribucijskog sustava, regulacija napona, regulacija jalove snage

## ABSTRACT

The aim of this final work is to compare two editions of Distribution system grid rules, one from 2018. to Distribution system grid rules from 2020. , to list changes that have occurred in the meantime. Special emphasis was placed on the emergence of more and more renewable energy sources in distribution, and on voltage and reactive power regulation by such sources. Therefore, in the latest edition from 2020. of the distribution system network rules, requirements have been adopted for production modules of A, B, C and D types. For each power-generating module, a frequency range is defined where they have to remain connected to the grid, and reactive power delivery requirements, which can regulate the voltage in the system.

**Keywords:** distribution system grid rules, voltage regulation, reactive power regulation

## 9. LITERATURA

- [1] „Distribucija električne energije“, doc. dr. sc. Ranko Goić, dipl.ing. Damir Jakus, dipl.ing. Ivan Penović, dipl.ing.
- [2] Desetogodišnji (2021. – 2030.) plan razvoja distribucijske mreže HEP-ODS-a - [https://www.hep.hr/ods/UserDocsImages/dokumenti/Desetogodisnji%20plan/HEP\\_ODS\\_10g%20plan\\_2021\\_2030.pdf](https://www.hep.hr/ods/UserDocsImages/dokumenti/Desetogodisnji%20plan/HEP_ODS_10g%20plan_2021_2030.pdf), pristup stranici 25.05.2022.
- [3] HEP-ODS – [www.hep.hr](http://www.hep.hr), pristup stranici 25.05.2022.
- [4] Mrežna pravila distribucijskog sustava - [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018\\_08\\_74\\_1539.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018_08_74_1539.html), pristup stranici 27.05.2022.
- [5] Izmjene i dopune mrežnih pravila distribucijskog sustava - [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020\\_04\\_52\\_1053.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020_04_52_1053.html), pristup stranici 27.05.2022.
- [6] Innovation report DENA, Ancillary services 2018. - [https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2019/2018\\_Innovation\\_report\\_ancillary\\_services.pdf](https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2019/2018_Innovation_report_ancillary_services.pdf), pristup stranici 04.06.2022.
- [7] Razdjelne mreže i distribuirana proizvodnja – Tržište električne energije na distribucijskoj razini - [https://www.fer.unizg.hr/download/repository/07\\_Trziste\\_na\\_distribucijskoj\\_razini.pdf](https://www.fer.unizg.hr/download/repository/07_Trziste_na_distribucijskoj_razini.pdf)
- [8] Renewables 2021, Global status report - [https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2021\\_Full\\_Report.pdf](https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2021_Full_Report.pdf), pristup stranici 11.06.2022.
- [9] „Izazovi optimiziranja utjecaja obnovljivih izvora na distribucijsku mrežu“, mr.sc. Marina Čavlović, [https://www.ieee.hr/download/repository/Cavlovic\\_Izazovi\\_optimiranja\\_utjecaja\\_obnovljivih\\_i\\_zvora\\_na\\_distribucijsku\\_mrezu.pdf](https://www.ieee.hr/download/repository/Cavlovic_Izazovi_optimiranja_utjecaja_obnovljivih_i_zvora_na_distribucijsku_mrezu.pdf), pristup stranici 12.06.2022.
- [10] „2020 Grid Energy Storage Technology Cost and Performance Assessment“, Kendall Mongird, Vilayanur Viswanathan, Jan Alam, Charlie Vartanian, Vincent Sprenkle, Pacific Northwest National Laboratory - [Final - ESGC Cost Performance Report 12-11-2020.pdf \(pnnl.gov\)](https://www.pnnl.gov/files/media/document/Final_ESGC_Cost_Performance_Report_12-11-2020.pdf), pristup stranici 13.06.2022.
- [11] D. Karavidović: Aktivna distribucijska mreža kao izazov ustaljenim funkcijama vođenja, zaštite i automatizacije, HKIE 2016

- [12] Glover, J. Duncan, et al. Power System Analysis & Design. 6th ed., Cengage Learning, 2017 - [https://books.google.hr/books?hl=hr&lr=&id=XScJAAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=Glover,+J.+Duncan,+et+al.+Power+System+Analysis+%26+Design.+6th+ed.,+Cengage+Learning,+2017&ots=QFVSqKtVfQ&sig=4vjopguIbn7GjxIBS4nUD\\_aahC4&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.hr/books?hl=hr&lr=&id=XScJAAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=Glover,+J.+Duncan,+et+al.+Power+System+Analysis+%26+Design.+6th+ed.,+Cengage+Learning,+2017&ots=QFVSqKtVfQ&sig=4vjopguIbn7GjxIBS4nUD_aahC4&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false) , pristup stranici 16.06.2022.
- [13] Philip Valarino, V2G: Charging towards a greener future, 3.11.2019. CSO Magazine - <https://www.csomagazine.com/energy-management/v2g-charging-towards-greener-future> , pristup stranici 16.06.2022.
- [14] ABB - <https://new.abb.com/ev-charging/abb-s-vehicle-to-grid-technology>, pristup stranici 16.06.2022.
- [15] ERICSSON – <https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/white-papers/balance-smart-grids-with-5g-backup-for-utilities> , pristup stranici 17.06.2022.
- [16] Wenzel Elsa -, „5G use cases: Energy and utility sectors“, 30.01.2018. - <https://www.carritech.com/news/5g-use-cases-energy-utilities-sector/>, pristup stranici 17.06.2022.
- [17] Slika 2.1. - Položaj distribucije u elektroenergetskom sustavu, <https://www.semanticscholar.org/paper/How-do-legal-and-regulatory-frameworks-of-markets-Kallies/c7960374a9ea657fcb3da8f43239524140b491c6> , pristup stranici 23.05.2022.
- [18] Slika 2.4. – Ustroj HEP-ODS, [https://www.hep.hr/ods/UserDocsImages/dokumenti/Desetogodisnji%20plan/HEP\\_ODS\\_10g%20plan\\_2021\\_2030.pdf](https://www.hep.hr/ods/UserDocsImages/dokumenti/Desetogodisnji%20plan/HEP_ODS_10g%20plan_2021_2030.pdf) , pristup stranici 25.05.2022.
- [19] Slika 3.1. - Grafički prikaz radne i jalove energije ovisno o toku energije, [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020\\_04\\_52\\_1053.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020_04_52_1053.html) , pristup stranici 29.05.2022.
- [20] Slika 4.2. - Prikaz promjene tokova snaga u različitim slučajevima, [https://www.ieee.hr/download/repository/Cavlovic\\_Izazovi\\_optimiranja\\_utjecaja\\_obnovljivih\\_i\\_zvora\\_na\\_distribucijsku\\_mrezu.pdf](https://www.ieee.hr/download/repository/Cavlovic_Izazovi_optimiranja_utjecaja_obnovljivih_i_zvora_na_distribucijsku_mrezu.pdf), pristup stranici 02.06.2022.
- [21] Slika 5.1. - Vrijeme i frekvencija odstupanja za isključenje proizvodne jedinice, [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020\\_04\\_52\\_1053.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020_04_52_1053.html) ,pristup stranici 10.06.2022.

[22] Slika 5.2. - Zahtjevi za isporuku jalove snage sinkronog proizvodnog modula tipa B, [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020\\_04\\_52\\_1053.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020_04_52_1053.html), pristup stranici 11.06.2022.

[23] Slika 5.3. - Zahtjevi za isporuku jalove snage sinkronog proizvodnog modula tipa C, [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020\\_04\\_52\\_1053.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020_04_52_1053.html), pristup stranici 11.06.2022.

[24] Slika 5.4. - . Zahtjevi za isporuku jalove snage za modul elektroenergetskog parka tipa C, [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020\\_04\\_52\\_1053.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020_04_52_1053.html), pristup stranici 11.06.2022.

[25] Slika 6.1. - Prikaz dnevnog dijagrama opterećenja sa primjenom V2G/G2V tehnologije

## 10. ŽIVOTOPIS

Tomislav Horvat rođen je 30.08.1999. godine u Vinkovcima. Stanuje u Županji gdje je i pohađao „Osnovnu školu Ivana Kozarca.“ Nakon završenog osnovnoškolskog obrazovanja 2014.g. upisuje Tehničku školu u Županji, smjer elektrotehničar. Godine 2019. upisuje stručni studij elektrotehnike, smjer elektroenergetika na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku. Na drugoj godini studija od Fakulteta prima Nagradu za uspješnost u studiranju.