

Usporedba mrežnih pravila distribucijskog sustava Hrvatske i Velike Britanije

Klarić, Lovro

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Engineering / Sveučilište u Rijeci, Tehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:190:146892>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-11**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Engineering](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI

TEHNIČKI FAKULTET

Diplomski sveučilišni studij elektrotehnike

Diplomski rad

**USPOREDBA MREŽNIH PRAVILA DISTRIBUCIJSKOG
SUSTAVA HRVATSKE I VELIKE BRITANIJE**

Rijeka, rujan 2024.

Lovro Klarić

0069084476

SVEUČILIŠTE U RIJECI

TEHNIČKI FAKULTET

Diplomski sveučilišni studij elektrotehnike

Diplomski rad

**USPOREDBA MREŽNIH PRAVILA DISTRIBUCIJSKOG
SUSTAVA HRVATSKE I VELIKE BRITANIJE**

Mentor: dr. sc. Rene Prenc

Komentor: dr. sc. Vedran Kirinčić

Rijeka, rujan 2024.

Lovro Klarić

0069084476

Rijeka, 16.03.2024.

Zavod: Zavod za elektroenergetiku
Predmet: Zaštita i automatika električnih postrojenja

ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

Pristupnik: **Lovro Klarić (0069084476)**
Studij: Sveučilišni diplomski studij elektrotehnike (1300)
Modul: Elektroenergetika (1332)
Zadatak: **Usporedba mrežnih pravila distribucijskog sustava Hrvatske i Velike Britanije / Comparison of Distribution Grid Codes for Croatia and Great Britain**

Opis zadatka:

Usporedba mrežnih pravila distribucijskog sustava Hrvatske i Velike Britanije donosi uvid u razlike i sličnosti u regulatornim okvirima, pristupu, planiranju i pogonu mreže, te usklađenosti sa nacionalnim politikama poticanja obnovljivih izvora energije i elektrifikacije vozila. Dok Hrvatska često naglašava regionalnu koordinaciju i integraciju ali sa svega jednim vlasnikom i operaterom mreže, Velika Britanija se ističe liberaliziranim tržištem sa puno igrača i naprednim tehničkim standardima, te vrlo dinamičnom ulogom Regulatorne agencije za električno tržište i plin (OFGEM). Istražujući ove aspekte, moguće je sagledati kako različiti pristupi utječu na investicije, sigurnost opskrbe i sve veće obveze na kvalitetnu isporuku električne energije u obje zemlje.

Rad mora biti napisan prema Uputama za pisanja diplomskih / završnih radova koje su objavljene na mrežnim stranicama studija.

Zadatak uručen pristupniku: 20.03.2024.

Mentor:
izv. prof. dr. sc. Rene Prenc

Komentor:
izv. prof. dr. sc. Vedran Kirinčić

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:
prof. dr. sc. Dubravko Franković

SVEUČILIŠTE U RIJECI

TEHNIČKI FAKULTET

Diplomski sveučilišni studij elektrotehnike

IZJAVA

U skladu s člankom 10. Pravilnika o diplomskom radu i diplomskom ispitu na diplomskim sveučilišnim studijima Tehničkog fakulteta u Rijeci izjavljujem da sam samostalno izradio diplomski rad za rujan 2024. godine.

Rijeka, rujan 2024.

Lovro Klarić

0069084476

ZAHVALA

Zahvaljujem svojem mentoru dr. sc. Reneu Prencu te komentoru dr. sc. Vedranu Kirinčiću na podršci, pomoći pri pronalaženju teme diplomskog rada te korisnim savjetima i sugestijama tijekom njegova nastajanja i pisanja.

Posebno zahvaljujem svojoj obitelji koja me podupirala sve godine preddiplomskoga i diplomskog studija, prijateljima i zajednici mojih dragih salezijanaca u Rijeci.

Sadržaj

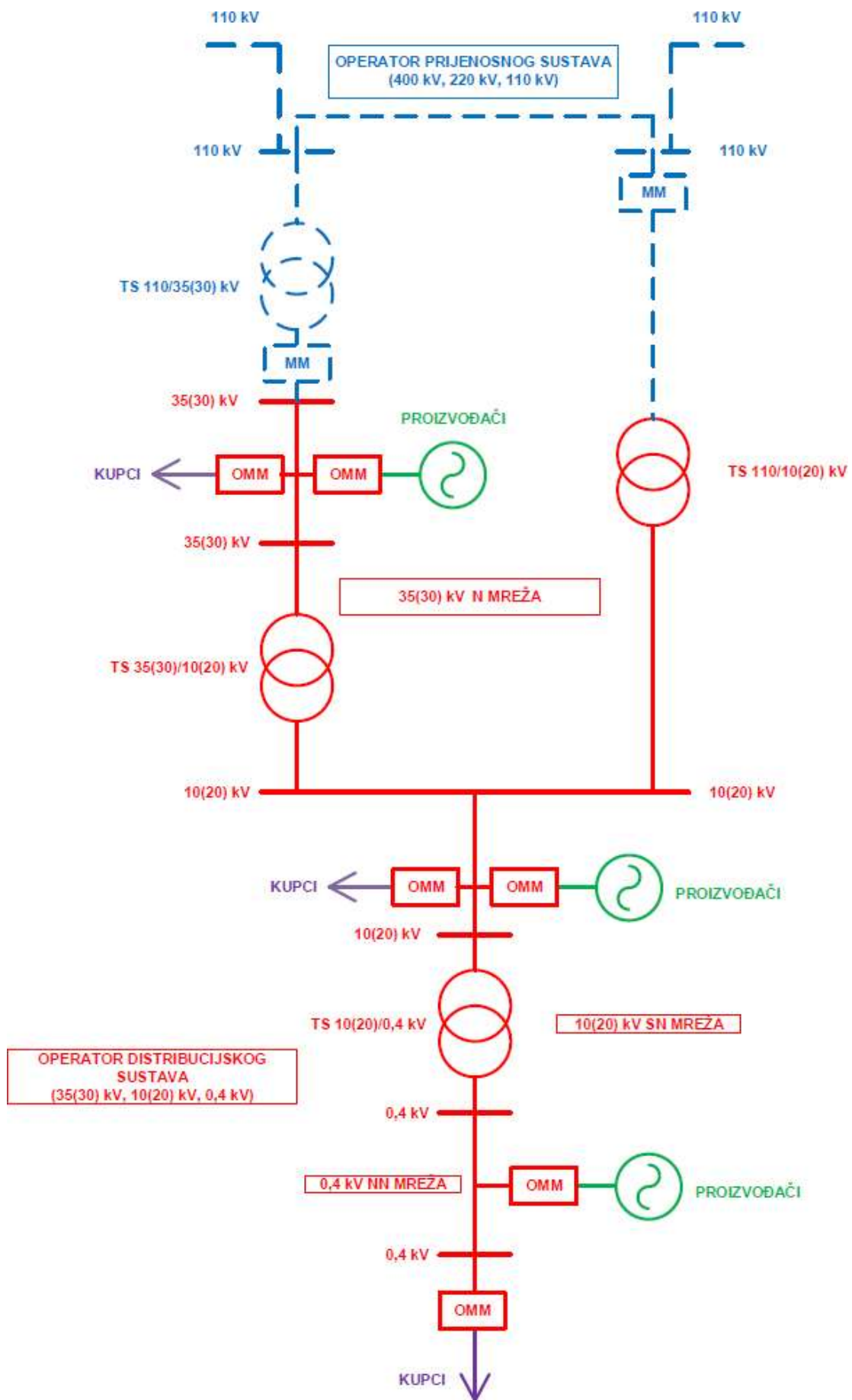
1. UVOD	1
2. PLANIRANJE I POGON DISTRIBUCIJSKE MREŽE	3
3. ELEKTRIČNA INFRASTRUKTURA. POGLED NA DVIJE RAZLIČITE ZEMLJE.....	7
4. MREŽNA PRAVILA.....	10
4.1. Mrežna pravila Republike Hrvatske	10
4.1.1. Tehnički uvjeti, zahtjevi, za priključenje postrojenja i instalacije korisnika mreže	13
4.1.2. Pokusni rad postrojenja	16
4.1.3. Izvanredni pogon i otočni pogon.....	17
4.2. Mrežna pravila Velike Britanije	19
4.2.1. Operateri distribucijskog sustava (ODS) u Velikoj Britaniji.	21
4.2.2. Razlika između DNO-a i DSO-a.....	23
4.2.3. Informacije i savjeti.....	23
4.2.4. Principi i standardi projekta za planiranje distribucije i povezivanje.	24
4.2.5. Standard opskrbe i tehničkih zahtjeva za distribucijske sustave.....	25
4.2.6. Opći zahtjev za spajanje na distribucijski sustav.	28
4.2.7. Zahtjevi za sposobnost obnove distribucijskoga sustava	30
4.2.8. Zahtjevi za integrirane generatore energije.....	31
4.2.9. Ključni podatci za integraciju generatorskih sustava.....	31
4.2.10. Tehnički standardi za generatore	32
4.2.11. Prijenos planiranih podataka u distribucijskom sustavu.....	34
4.2.12. Upravljanje potražnjom i tehnički zahtjevi.	35
4.2.13. RIIO	36
5. ZAKLJUČAK	38
6. LITERATURA.....	39
7. DODATCI.....	42
8. SAŽETAK I KLJUČNE RIJEČI.....	43
9. SUMMARY AND KEY WORDS	43

1. UVOD

Ključnu ulogu u održavanju razvoja i ekonomskoga rasta, u današnjem globaliziranom svijetu, imaju elektroenergetski sustavi. Kako bi osigurali učinkovitost i pouzdanost, distribucijski sustavi trebaju biti usklađeni s nizom operativnih i tehničkih standarda poznatih kao mrežna pravila. Mrežna pravila od suštinske su važnosti jer postavljaju temelj za planiranje, građenje, održavanje i upravljanje jedne distribucijske mreže.

Usporedba mrežnih pravila dviju zemalja nudi uvid u različite prakse i postupke koje se primjenjuju u elektroenergetskom sustavu. Republika Hrvatska, koja je članica Europske unije, i Velika Britanija, koja je nedavno napustila EU, posjeduju različite regulatorne okvire i politike koje formiraju njihove distribucijske sustave. Republika Hrvatska kao članica EU-a prati trendove i regulative EU-a koji su usmjereni na harmonizaciju elektroenergetskih tržišta i poticanju integracija obnovljivih izvora energije. Nakon *Brexita* Velika Britanija ima veću fleksibilnost u stvaranju i oblikovanju mrežnih pravila, što može uroditi inovativnim rješenjima i pristupima prilagođenima određenim nacionalnim potrebama.

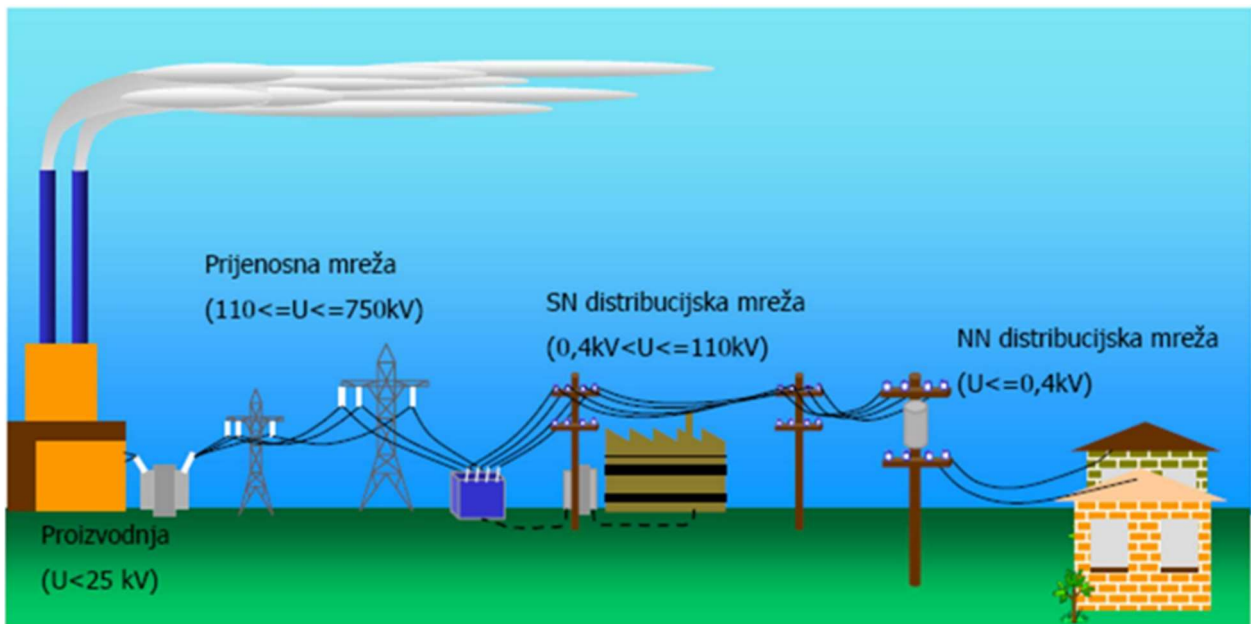
Ovaj rad temelji se na istraživanju i usporedbi mrežnih pravila distribucijskoga sustava Republike Hrvatske i Velike Britanije s posebnim naglaskom na planiranje razvoja mreže, pogona i načinu vođenja te upotrebi mreže. Daljnjom analizom različitih aspekata mrežnih pravila, od tehničkih specifikacija do operativnih procedura, cilj je identificirati prednosti i nedostatke svakoga sustava te potaknuti čitatelja na razmišljanje o mogućim potencijalnim poboljšanjima koja bi mogla biti korisna za oba distribucijska sustava planiranja i pogona distribucijskih mreža.



Slika 1. Pojednostavljeni prikaz distribucijske mreže [18]

2. PLANIRANJE I POGON DISTRIBUCIJSKE MREŽE

Bitan i ključan dio elektroenergetskoga sustava svakako su distribucijske mreže koje pridonose prijenosu (dostavi) električne energije od mjesta proizvodnje do potrošača. Kako bi planiranje distribucijskih mreža bilo jednostavnije, potrebno je razviti odgovarajuću strategiju i metodu za optimizaciju izgradnje i pojačanje mreže koja osigurava pouzdanu i kvalitetnu opskrbu električnom energijom uz pristupačne i minimalne troškove.



Slika 2. Struktura elektroenergetskoga sustava

Ovo poglavlje bazirat će se na sveopćem planiranju i pogonu distribucijskih mreža. Zašto je bitno planiranje distribucijskih mreža? Ono je ključno zbog osiguranja učinkovite i pouzdane opskrbe električnom energijom. Planiranje distribucijske mreže fokusira se na sljedeće.

A. Analiza potražnje

Sam naziv već puno toga otkriva pa se tako može reći da planiranje započinje analizom potražnje za električnom energijom u određenom području. Također, analizu potražnje moguće je podijeliti u manje skupine.

- Obveze operatora distribucijskoga sustava

Kao operator distribucijskoga sustava potrebno je ispunjavati sve zakonske obveze. Nužno je svim korisnicima mreže pristupati nepristrano, što podrazumijeva kupce i proizvođače. Nadalje, svim kupcima osigurati pouzdanu i sigurnu opskrbu električnom energijom te predviđati opterećenje kako bi pravodobno izgradili ili pojačali distribucijsku mrežu.

- Ciljevi planiranja razvoja distribucijske mreže

Potrebno je zadovoljiti potrošnju kupaca, dimenzioniranje komponenata mreže u različitim scenarijima za normalan pogon, osigurati odgovarajuću izolaciju za naponsku razinu opreme, sukladnost zakonima i regulativama, ostvariti jednostavnost za održavanje i pogon te zadovoljiti sve zahtjeve koje ostvaruju pouzdanost.

- Vremensko planiranje

Planiranje u kratkom periodu u kojemu bi se identificirale hitne aktivnosti (vremenski period do tri godine). Slijedi srednji dug period gdje se definiraju pravci razvoja mreže (vremenski period od tri do deset godina). Najdulji je period u kojemu se prepoznaju slabe točke te strateški usmjerava razvoj.

- Preporuke za buduće, dobro planiranje

Pokušati se fokusirati na planiranje, a ne na predviđanje. Važno je koristiti dobre dokumentirane metode planiranja, biti objektivan i definirati pojmove te koristiti više scenarija.

B. Topologija mreže

Topologija distribucijskih mreže kompleksan je proces koji uključuje različite segmente da bi se osigurala efikasnost i pouzdanost pri opskrbi korisnika. Ključne točke koje bi trebalo uzeti u obzir su sljedeće:

- Analizirati potrebe korisnika u smislu razumijevanja trenutnih i budućih korisnika.
- Optimizacija mreže koja obuhvaća odabir najbolje konfiguracije mreže, što podrazumijeva razmatranje različitih izvora napajanja, različitih tipova mreže i tehnologija.
- U pogledu ekonomske isplativosti, projektiranje treba biti opravdano s minimalnim troškovima izgradnje i održavanja, ali i pružiti dovoljnu fleksibilnost za buduće proširenje.
- Kada je riječ o pouzdanosti i sigurnosti, mreža mora biti kontinuirana na način da smanjuje rizik od prekida opskrbe i osigurava sigurnost korisnika i opreme.
- Kada su u pitanju regulatorni zahtjevi, projektiranje treba biti u skladu s lokalnim, nacionalnim i međunarodnim standardima i propisima.

C. Procjena kapaciteta

Ključan korak u planiranju i razvoju distribucijske mreže svakako je i procjena kapaciteta. Neki su od ključnih aspekata koje treba istaknuti sljedeći:

- Analiza trenutnoga stanja obuhvaća pregled trenutnoga kapaciteta mreže te identifikaciju koja se blizu ili već premašuju svoje granice.
- Prognoziranje buduće potražnje podrazumijeva analizu povijesnih podataka i trendova potrošnje kako bi se procijenile buduće potrebe kapaciteta.
- Modeliranje mreže uključuje simuliranje različitih scenarija potražnje i proizvodnje kako bi se procijenilo kako će mreža reagirati na promjene.
- Na osnovi analize donose se odluke o nadogradnjama ili izgradnji novih dijelova mreže da bi se osiguralo zadovoljenje budućih potreba.
- U procesu procjene kapaciteta mreže integrira se distribuirana proizvodnja, posebno iz obnovljivih izvora energije.
- Regulatorni okvir obuhvaća praćenje i prilagođavanje lokalnim i međunarodnim propisima koji mogu utjecati na kapacitet mreže.

D. Integracija obnovljivih izvora energije i električnih vozila

Integracija obnovljivih izvora energije i električnih vozila u distribucijske mreže ključna je za postizanje održive energetike. Evo nekoliko ključnih aspekata koje treba razmotriti.

- Potrebno je sagledati tehničke izazove kao što su intermitentnost proizvodnje, a to znači da su OIE-i, kao što su vjetar i sunce, varijabilni te mogu uzrokovati nestabilnosti u mreži. Regulacija napona bitan je aspekt koji treba uzeti u obzir prilikom integracije obnovljivih izvora energije, budući da njihovo uključivanje može imati velik utjecaj na stabilnost napona u mreži zahtijevajući primjenu naprednih tehnika regulacije.
- Tu su i tehnički utjecaji gdje regulatorni okvir obuhvaća zakone i propise koji imaju utjecaj na integraciju obnovljivih izvora energije, uključujući tarifne razrede i ugovore o otkupu energije.

- Optimizacija mreže podrazumijeva razvoj sofisticiranih tehnika za analizu i optimizaciju funkcionalnosti mreže koja se temelji na visokom udjelu obnovljivih izvora energije. Energetsko-ekonomski modeli igraju bitnu ulogu u kontekstu tržišta električne energije koje uključuju obnovljive izvore.
- Električna vozila mogu koristiti energiju iz obnovljivih izvora što smanjuje ovisnost o emisijama stakleničkih plinova i fosilnim gorivima.
- Baterije električnih vozila mogu poslužiti kao skladište energije. Kada su vozila priključena na mrežu, mogu pohraniti višak energije proizvedene iz obnovljivih izvora i vratiti je natrag u mrežu kada je potražnja veća.
- Korištenje pametnih punjača omogućuje optimizaciju vremena punjenja električnih vozila tako da se punjenje odvija kada je dostupnost obnovljive energije najveća, primjerice tijekom sunčanih dana za solarne panele.
- Integracija mikromreža koje kombiniraju obnovljive izvore energije i električna vozila može povećati otpornost i fleksibilnost distribucijske mreže. Mikromreže mogu raditi autonomno ili biti povezane s glavnom mrežom pružajući dodatnu sigurnost u slučaju prekida.
- Vlade i regulatori mogu igrati ključnu ulogu u poticanju integracije obnovljivih izvora energije i električnih vozila subvencijama, poreznim olakšicama i regulativama koje podržavaju održivu energetiku [13] [18].

3. ELEKTRIČNA INFRASTRUKTURA. POGLED NA DVIJE RAZLIČITE ZEMLJE

Pogon distribucijskih mreže osvrće se na sljedeće aspekte:

A. Nadzor i upravljanje

Pogon distribucijskih mreža obuhvaća kontinuirani nadzor i upravljanje mrežom kako bi se osigurala stabilna opskrba električnom energijom. U tu svrhu koristi se SCADA sustav (*Supervisory Control and Data Acquisition*) za praćenje stanja mreže i upravljanje radom opreme. Ukratko, SCADA sustav omogućava realan vremenski nadzor nad distribucijskom mrežom, daljinsko upravljanje opremom, bilježi upozorenja i alarme u slučaju kvara te doprinosi optimizaciji rada i analizi podataka. Proizvođači SCADA sustava su sljedeći: Siemens, Wonderware, ABB, GE te COPA-DATA.

B. Održavanje

U redovitom održavanju distribucijske mreže bitno je sprječavanje kvarova te osiguranje dugotrajne pouzdanosti. To uključuje rutinske inspekcije opreme, zamjenu komponenti, popravke te čišćenje i obrezivanje vegetacije oko vodova.

C. Rukovanje kvarovima

Da bi se spriječio kvar ili prekid u opskrbi, potrebna je brza i efikasna intervencija. Upravo zbog toga nastaju timovi distribucijskih operatera pripremljenih i osposobljenih za brzu reakciju i obnavljanje opskrbe te koji otklanjaju nastale kvarove.

D. Optimizacija performansi

Kontinuirana optimizacija performansi vrlo je bitna za poboljšanje učinkovitosti mreže te kako bi se smanjili gubici energije i osiguralo zadovoljstvo korisnika.

Ukratko, planiranje i pogon distribucijskih mreža složeni su procesi koji zahtijevaju pažljivo upravljanje i suradnju različitih dionika u energetske sektoru kako bi se omogućila stabilna i učinkovita opskrba električnom energijom.

Kada je riječ o Republici Hrvatskoj i Velikoj Britaniji, obje zemlje imaju svoje jedinstvene karakteristike, ali i sličnosti kada je u pitanju distribucija električne energije. Kako se u Hrvatskoj ističu određene tehnološke infrastrukture i geografski faktori koji utječu na distribuciju električne energije, tako i Velika Britanija može biti ponosna na svoje napredne energetske sustave i posebne regulatorne okvire.

Jedne od glavnih usporedbi koje se moraju uzeti u obzir su napon i frekvencija. U tablici 1. može se uočiti da su naponske i frekvencijske vrijednosti u niskonaponskim mrežama Republike Hrvatske i Velike Britanije jednake. Ovaj podatak sugerira da postoji usklađenost u specifikacijama i standardima električne energije između ovih dviju zemalja, što olakšava interoperabilnost i međunarodnu razmjenu električne energije.

Tablica 1. Napon i frekvencija u Republici Hrvatskoj i Velikoj Britaniji [14][22]

Država	Napon (jednofazni) (V)	Napon (trofazni) (V)	Frekvencija [Hz]
Hrvatska	230	400	50
Velika Britanija	230	400	50

Što se tiče tipske snage transformatora u Republici Hrvatskoj, snaga transformatora u distribucijskoj mreži može varirati, ali obično su to transformatori snage od 100 kVA do 1000 kVA, dok se u Velikoj Britaniji upotrebljavaju transformatori različitih snaga ovisno o potrebama lokalnih mreža. Tipska snaga može biti od 100 kVA do nekoliko megavata.

Topologija mreže opisuje raspored i veze između elemenata mreže, a za Hrvatsku i Veliku Britaniju definirano je sljedeće.

Republika Hrvatska ima operativnu mrežu s distribucijskim transformatorima koji se nalaze ili na stupovima ili u podzemnim postrojenjima (kijih je svega nekolicina). Također, bitno je pripomenuti kako je sama topologija distribucijske mreže u Hrvatskoj zamkasta u izgradnji te radijalna u pogonu. Velika Britanija ima prstenastu mrežu s većim brojem transformatorskih stanica koje su međusobno povezane.

Automatizacija i digitalizacija područja su gdje se u distribucijskoj mreži Republike Hrvatske sve više koriste digitalni senzori, pametna brojila i daljinsko upravljanje za bolje praćenje i upravljanje mrežom. Kod Velike Britanije primjećuje se napredak u automatizaciji i inteligentnom upravljanju distribucijskom mrežom kako bi bolje integrirala obnovljive izvore energije i poboljšala pouzdanost.

U Republici Hrvatskoj sve je popularnije u distribucijskoj mreži koristiti obnovljive izvore energije poput vjetroturbina, solarnih panela, energija vodotoka, biodizela itd., a kako bi se zadovoljio plan o što zelenijoj Europskoj uniji do 2050. godine. Također, Velika Britanija, kao samostalna država, ima značajan udio obnovljivih izvora energija u mreži, što uključuje vjetar, biomasu i solarnu energiju. U Velikoj Britaniji distribuirani izvori energije, uključujući vjetroelektrane, solarne panele i druge obnovljive izvore energije, bilježe značajan porast u posljednjim godinama. Prema najnovijim podacima ukupna instalirana snaga distribuiranih izvora u distribucijskoj mreži Velike Britanije iznosi oko 30 (GW) [1].

U Republici Hrvatskoj distribuirani izvori energije bilježe značajan rast, iako u manjoj količini u usporedbi s Velikom Britanijom. Prema izvorima iz Hrvatske energetske regulatorne agencije (HERA) ukupna instalirana snaga distribuiranih izvora u distribucijskoj mreži Hrvatske iznosi 1,5 (GW) [2].

4. MREŽNA PRAVILA

Ovo poglavlje usmjereno je detaljnom istraživanju teme koja obuhvaća mrežna pravila. U prvom segmentu razmatrat će se mrežna pravila primjenjivanja u Republici Hrvatskoj, nakon čega slijedi analiza pravila koja se primjenjuju u Velikoj Britaniji.

4.1. Mrežna pravila Hrvatske

Vrlo bitna procedura kod mrežnih pravila jest priključak korisnika na distribucijsku mrežu i integracija s drugim sustavima. Za taj se čin propisuju pravila da bi se osigurao normalan pogon mreže te se spriječio negativan povratni utjecaj na postojeće potrošače i mrežu.

Prava operatora distribucijske mreže jest ustanovljenje minimalnih tehničkih zahtjeva za instalaciju potrošača i postrojenja u svrhu održivosti sustava i paralelnoga pogona s mrežom. Postoje postupci za priključenje korisnika mreže na mrežu koji su definirani Pravilima o priključenju, Uredbom o priključenju te Mrežnim pravilima.

Operater svojom transparentnošću pruža jasno razumijevanje tehničkih uvjeta, postupke priključenja, zahtjeve i provjere ispunjavanja uvjeta za korisnike mreže. Isto tako, operater distribucijskoga sustava u cilju osiguranja funkcionalnosti sustava definira zahtjeve za parametre pojedinih mreža u uvjetima poremećenoga i normalnog pogona. Nadalje, provjerava mogućnost priključenja i određuje tehničko rješenje priključka. Na kraju se izrađuje Uputa za vođenje pogona o korištenju mreže za postrojenja koja to zahtijevaju.

Operater distribucijskoga sustava u Republici Hrvatskoj je HEP – Operater distribucijskog sustava d.o.o. (HEP ODS). HEP ODS podružnica je u potpunom vlasništvu Hrvatske elektroprivrede s dozvolom o obavljanju distribucije električne energije te kao energetska subjekt provodi propisanu distribuciju električne energije na cijelom teritoriju RH.

Mreža HEP ODS-a podijeljena je na 21 distribucijsko područje. Na teritoriju RH distribucijska mreža pokriva površinu od 56 594 (km²) te obuhvaća 21 županiju, 128 gradova i 428 općina [3].



Slika 3. Prikaz distribucijske mreže HEP ODS-a [3]

Prije nego što se detaljnije dotakne tematika tehničkih uvjeta i značajki bitno je spomenuti kategorizaciju korisnika mreže kroz nekoliko podjela. Osnovne kategorije korisnika mreže jesu one kojima se kategoriziraju kupci, proizvođači, kupci s osobnom proizvodnjom (uključujući one sa spremnicima električne energije) te kupci s osobnom proizvodnjom bez predaje u mrežu.

Korisnici mreže dijele se prema nazivnom naponu na mjestu preuzimanja ili isporuke na one s niskim naponom i priključnom snagom do uključivši 500 (kW) te na one sa srednjim naponom i priključnom snagom većom od 500 (kW).

Podjela korisnika mreže prema vrsti priključka na temelju broja faza podrazumijeva korisnike s jednofaznim priključkom i s trofaznim priključkom.

Proizvođači su razvrstani prema vrsti uređaja na mrežnom sučelju kao korisnici mreže s asinkronim generatorom, sinkronim generatorom i izmjenjivačem.

Priključnu snagu kupaca te priključne snage proizvođača s jednofaznim i trofaznim priključcima moguće je prikazati sljedećim tablicama.

Tablica 2. Priključne snage kupaca i proizvođača na jednofaznom priključku [14]

Jednofazni priključak	Kupac	Proizvođač
	11,5 (kW)	3,68 (kW)

Tablica 3. Priključne snage kupaca i proizvođača na trofaznom priključku [14]

Trofazni priključak	Kupac	Proizvođač
Grupa 1	≥ 20 (kW)	≥ 50 (kW)
Grupa 2	20 (kW) ≥ 50 (kW)	50 (kW) ≥ 100 (kW)
Grupa 3	50 (kW) ≥ 500 (kW)	100 (kW) ≥ 500 (kW)
Grupa 4	500 (kW) ≥ 10 (MW)	500 (kW) ≥ 5 (MW)
Grupa 5	10 (MW) ≥ 20 (MW)	5 (MW) ≥ 10 (MW)
Grupa 6	/	10 (MW) ≥ 20 (MW)

Važno je obratiti pozornost na tehničke uvjete i značajke priključenja.

Kriteriji za tehničko spajanje postavljaju standarde koje mrežni korisnici moraju ispuniti, a što se ocjenjuje tijekom procesa spajanja na mrežu. Ti tehnički uvjeti odnose se na nove građevine koje se namjeravaju spojiti na mrežu, ali i na već izgrađene objekte gdje se predviđaju radovi koji mogu utjecati na tehničke karakteristike bitne za povezivanje s mrežom.

Osnovne su tehničke značajke za priključak sljedeće:

- Operator distribucijskog sustava definira tehničke specifikacije neophodne za projektiranje postrojenja i instalacije korisnika, uključujući zaštitno i pogonsko uzemljenje, vrijednosti struje kratkog spoja, nazivni napon, frekvenciju, izolacijske razine te zaštitne mjere.
- Nazivna frekvencija i tolerancije u suglasju su s normom HRN EN 50160 i mrežnim pravilima prijenosnog sustava. (Oznaka HRN EN 50160 predstavlja naponsku karakteristiku električne energije iz javnih distribucijskih mreža.) [16].
- Nazivni napon i tolerancije definirane su normom HRN EN 50160 s vrijednostima od 110, 35, 30, 20, 10, i 0,4 (kV) [16].
- Za pogonsko i zaštitno uzemljenje važno je da operator distribucijskog sustava pruža informacije o uzemljenju neutralne točke i planiranim promjenama.
- Za struju kratkog spoja valja naglasiti da operator distribucijskog sustava pruža informacije o očekivanim strujama kratkog spoja, s projektiranim vrijednostima od 16 (kA) za sredjenaponsku mrežu i 25 (kA) za niskonaponsku mrežu. Isto tako, postoji mogućnost prilagodbe ovisno o stanju mreže.

- Operator distribucijskoga sustava (ODS) pruža informacije o izolacijskoj razini, koordinaciji izolacije i naponskoj razini.
- ODS pruža informacije o zaštiti od kvarova, zaštitnim uređajima i namještanjima potrebnim za dimenzioniranje zaštite.
- Priključak uključuje priključni vod i susretno postrojenje s funkcionalnom podjelom na mrežni dio i priključni dio.

Ključne su i bitne karakteristike jednoga susretnog postrojenja da treba uključivati izolacijski uređaj koji omogućava isključenje i uzemljenje za korisnike srednjega i niskog napona.

Zaštitne funkcije izolacijskoga uređaja ukazuju na to da u slučajevima kada korisnik mreže proizvodi, izolacijski uređaj treba pružiti dodatnu zaštitnu funkciju. Zaštitna je funkcija obavezna za postrojenja proizvođača s instaliranom snagom većom od 50 kVA ili za kupce s vlastitom proizvodnjom i sličnom instaliranom snagom gdje je doprinos snazi kratkoga spoja značajan.

4.1.1. Tehnički uvjeti, zahtjevi za priključenje postrojenja i instalacije korisnika mreže

ODS mora osigurati da svi tehnički uvjeti kao što su dopuštena snaga, metode uzemljenja, pouzdanost i kvaliteta napona budu ispunjeni na svim mjestima priključenja kako bi se izbjegao negativan utjecaj na mrežu.

U elektroenergetskoj suglasnosti operator distribucijskoga sustava određuje ključne podatke korisnika mreže, uključujući koordinaciju izolacije, raspon struje kratkog spoja, priključnu snagu, uzemljenje, uvjete paralelnog rada, mjerenje, faktor snage i daljinsko upravljanje.

Korisnici s priključnom snagom od 10 (MW) ili više, obično se priključuju na prijenosnu mrežu, osim ako ti postupci priključenja na distribucijsku mrežu nisu opravdani. Utječe li priključenje na kriterij (n-1) u TS 110/35(30) (kV), potrebno je odrediti tehničko rješenje formiranja uvjeta u prijenosnoj mreži. Ukratko, kriterij (n-1) predstavlja kriterij tehničke sigurnosti koji se primjenjuje u projektiranju, planiranju i vođenju elektroenergetskih sustava. Kriterij osigurava da elektroenergetska mreža ostane stabilna i operativna čak i ako dođe do neočekivana ispada ili otkaza bilo kojeg pojedinog elementa poput voda ili transformatora [18].

Za planiranje razvoja mreže tehnička rješenja moraju biti u skladu s metodologijom planiranja razvoja mreže. Za utvrđivanje optimalnog tehničkog rješenja priključenja, mreža se razrađuje kao radijalna, osim ako korisnik ne zahtijeva veći stupanj pouzdanosti. I u ovakvom slučaju priključenje može utjecati na kriterij (n-1), tada se ugrađuju jači transformatori ili rekonstruira mreža za osiguranje ispunjenja kriterija.

Korisnici mreže moraju projektirati svoje postrojenje i instalacije u skladu s Mrežnim pravilima, tehničkim standardima i smjernicama osiguravajući ispunjenje uvjeta kao što su uzemljenje, izdržljivost na struje kratkog spoja, minimalni povratni učinak na mrežu, zaštita od kvarova, faktor snage i izolacijska razina.

Izolacija treba biti usklađena s naponskom razinom mreže, s posebnim zahtjevima za opremu od 10 (kV) koja treba zadovoljavati izolacijsku razinu mreže od 20 (kV). Osim ako nije drugačije dogovoreno, faktor snage mora biti između 0,95 induktivno i 1.

Postrojenja i instalacije moraju biti projektirane tako da ne uzrokuju nepotrebne promjene napona kod isključenja i uključenja instalacije i postrojenja potrošača mreže, naponsko titranje, više harmonike u naponu i struji, ometanje širenja prenapona ili sustava upravljanja.

Postrojenja i instalacije trebaju biti projektirane da izdrže smetnje iz mreže, uključujući prekide napajanja. Razina povratnoga utjecaja mora biti u skladu s normama HRN EN 61000-2-X i HRN EN 61000-3-X, uzimajući u obzir kumulativni utjecaj više uređaja. (Standardi HRN EN 61000-2-X i HRN EN 61000-3-X dio su serije IEC 61000 standarda koji se bave elektromagnetskom kompatibilnošću električnih i elektroničkih uređaja.) [17].

Indikativne su razine treperenja i harmoničkoga izobličenja napona u mreži ograničene, s proporcionalnim graničnim vrijednostima za svakoga korisnika. Nesimetričnost napona također je ograničena s ciljem očuvanja stabilnosti mreže.

Korisnici su odgovorni za usklađivanje svojih postrojenja s dopuštenim granicama utjecaja na mrežu, što uključuje mjerenje i dokazivanje sukladnosti s normama i pravilima o priključenju.

Operator distribucijskoga sustava može odobriti priključenje za manje snage ili uređaje s minimalnim smetnjama ako omjer snage kratkoga spoja i priključne snage zadovoljava sljedeći uvjet (4.1) (4.2):

$$\frac{S_k}{S_p} \geq 1000 \text{ za srednji napon (4.1)}$$

$$\frac{S_k}{S_p} \geq 100 \text{ za niski napon (4.2)}$$

S_k – snaga k.s. na mjestu priključivanja

S_p – snaga priključenja

Za korisničke instalacije maksimalne dopuštene vrijednosti jakosti titranja napona su 0,8 za kratkotrajne promjene i 0,5 za dugotrajne promjene. Ove se vrijednosti primjenjuju na 95 % intervala mjerenja tijekom tjedna.

Granična nesimetričnost napona za korisničke je instalacije 0,7 % nazivnoga napona, mjereno preko 95 % desetominutnih intervala.

Postrojenja i instalacije ne smiju ometati prijenos signala ni rad napredne mjerne infrastrukture, sukladno normi HRN EN 50065-1. (HRN EN 50065-1 – predstavlja hrvatski standard koji se bavi signalima na niskonaponskim električnim sustavima pokrivajući frekvenciju od 3 (kHz) do 148,5 (kHz).) [10].

Nadalje se predstavljaju pravila i tehničke regulative kada kupac mreže ima svoj izvor napajanja instalacija i postrojenja. Kada korisnik mreže implementira vlastiti izvor napajanja, distribucijski operator daje upute i definicije tehničkim uvjetima za početak njegova rada. Korisnik mora osigurati te je i odgovoran za implementaciju zaštite koja sprječava povratni napon i neželjeni paralelni rad s mrežom. Metode prevencije i tehnički detalji paralelnoga rada moraju biti uključeni u projektну dokumentaciju.

Prilikom puštanja u pogon korisnik je dužan dostaviti dokaze o ispravnosti sistema za blokadu paralelnoga rada, a u slučaju štete i kvara korisnik snosi odgovornost. Dopusšten je kratkotrajni paralelni rad pod određenim uvjetima, uz prethodno dopuštenje operatora, a to je automatska sinkronizacija te odvajanje od mreže. Procesu trebaju biti usklađeni s mrežnim pravilima i tehničkim standardima.

4.1.2. Pokusni rad postrojenja

Pokusni rad obuhvaća seriju nadziranih i kontroliranih testova koji dokazuju da postrojenje korisnika može sigurno raditi paralelno s mrežom. Testovi su predviđeni elektroenergetskom suglasnošću i pravilima priključenja. Korisnik mreže mora razviti i uskladiti plan testiranja s operatorom distribucijskoga sustava. Voditelj ispitivanja, nakon ispitivanja, izrađuje izvješće koje uključuje rezultate i, ako je potrebno, mjere za ispravljanje nedostataka. Korisnik snosi troškove testiranja i odgovoran je za bilo kakvu štetu nastalu tijekom pokusnoga rada. Nakon pokusa i testova voditelj ispitivanja potvrđuje spremnost postrojenja za stalan i nesmetan paralelni rad s mrežom.

Postoje i dodatni uvjeti za proizvođače. Proizvođači moraju ispuniti specifične uvjete priključenja uz opće i tehničke standarde. Ovi uvjeti primjenjuju se i na proizvođače koji ne predaju energiju u mrežu.

Priključenje ne smije povećati struju kratkoga spoja iznad dopuštenih i propisanih granica. Povratni utjecaj određuje se prema instaliranoj snazi koja može biti veća od priključne snage.

Tablica 4. Ograničenja za niskonaponsku i srednjenaponsku mrežu [14]

	Vodovi	Sabirnice
NN mreža	do 100 (kW)	do 500 (kW)
SN mreža	do 10 (MW)	do 20 (MW)

Analiza se provodi za priključne snage u rasponu od 5 (MW) do 10 (MW) gdje ukupna snaga proizvođača odgovara ili premašuje snagu najmanjega transformatora. Postrojenja moraju imati glavni prekidač ako sadrže više proizvodnih jedinica, spremnika energije ili kompenzaciju jalove energije. Za elektrane s izoliranim pogonom glavni prekidač služi kao točka odvajanja i omogućuje sinkronizaciju s mrežom.

Upravljanje jalovom snagom. Proizvođači koji su povezani na mrežu moraju aktivno doprinosti održavanju napona s mogućnošću rada u rasponu faktora snage od 0,9 induktivno od 0,9 kapacitivno. Mikroelektrane i veće jedinice moraju regulirati napon korištenjem jalove snage u skladu s relevantnim normama. Operator mora odobriti svaku promjenu u regulaciji napona.

Proizvođači su dužni obavijestiti operatora o bilo kakvim promjenama ili poremećajima koji utječu na paralelni pogon. Zaštita mora osigurati odvajanje postrojenja od mreže u slučaju pomaka s obzirom na uvjete.

Automatska sinkronizacija s mrežom je obavezna te s precizno definiranim uvjetima napona, frekvencije i faznoga kuta.

- Napon: razlika napona mora biti manja od ± 10 % nazivnoga napona.
- Frekvencija: razlika frekvencije mora biti manja od $\pm 0,5$ (HZ) (vjetroturbine $\pm 0,1$ Hz).
- Fazni kut: razlika faznoga kuta mora biti manja od ± 10 stupnjeva.

4.1.3. Izvanredni pogon i otočni pogon.

U izvanrednim uvjetima elektrane mogu raditi u otočnom pogonu ako su svi propisani uvjeti zadovoljeni. Obveze i prava definiraju se ugovorima o pomoćnim uslugama i korištenju mreže. Postrojenja moraju biti opremljena i oskrbljena za kontrolu promjene snage unutar 10 % po minuti. Zaštita od asinkronoga uklopa ili otočnog pogona mora biti brza i efikasna s obavezom odvajanja postrojenja od mreže u propisanom roku.

Zaštita postrojenja mora biti kompatibilna s mrežnim pravilima. Dopuštene vrijednosti treperenja napona iznose 0,46, dok su harmonici ograničeni propisanim razinama. Proizvođači isto tako snose troškove ugradnje uređaja za odvajanje. Postrojenja moraju omogućiti razmjenu ključnih operativnih podataka preko sučelja s jasno definiranim pravilima o povjerljivosti i transparentnosti informacija.

Operator distribucijskoga sustava vrši sustavno planiranje kako bi se osiguralo efikasnije održavanje i moderniziranje mreže. U planiranje se uvrštava suradnja s operatorom i korisnicima prijenosnoga sustava te se razmatra potreba za pojačanjem kapaciteta.

Ciljevi planiranja su sljedeći:

- Osigurati pouzdanu opskrbu električnom energijom uz održavanje kvalitete usluge.
- Razvoj distribucijske mreže treba uskladiti s prijenosnom mrežom te zahtjevima i potrebama potrošača.
- Efikasno iskoristiti prostor i koordinirati gradnju infrastrukturnih projekata.

Načela i metodologija planiranja:

- tehnička sigurnost i sposobnost mreže da kontrolira preuzimanjem i isporukom mreže
- ekonomičniji razvoj mreže, uzimajući u obzir zahtjeve i opterećenja za priključenje
- smanjivanje gubitaka u mreži uporabom naprednih tehničkih rješenja
- prilagodljivost i fleksibilnost mreže za budući razvoj i automatizaciju
- zaštita okoliša i prirode kao integralni dio planiranja.

U izvanrednim slučajevima i događanjima kao što su prirodne katastrofe (vjetar, snijeg, posolica, led itd.) ili vandalizam, planiranje može uključiti tehnička rješenja koja su kratkoročno skuplja, ali neophodna za dugoročnu stabilnost mreže. Valja uzeti u obzir opterećenje, pouzdanost i planiranje. U procesu razvoja mreže jedinice mreže moraju raditi unutar svojih nazivnih strujnih kapaciteta kako bi se spriječilo preopterećenje sukladno mrežnim standardima. Kriteriji pouzdanosti i kvalitete napona, definirani u standardima kvalitete, ključni su za praćenje razvitka mreže. Planski razvitak mreže izrađuje se na osnovi detaljnih studija i analiza, a s ciljem osiguranja pouzdane i efikasne distribucije električne energije. Planovi su sljedeći i uključuju:

- vremensku i financijsku izvedivost
- mjere energetske učinkovitosti i upravljanje potrošnjom
- provedbu naprednih mrežnih rješenja
- revitalizaciju već postojećih mrežnih jedinica.

Planiranje razvoja mreže zasniva se na analizama koje osiguravaju sigurnost opskrbe i ekonomsku opravdanost ulaganja što uključuje:

- analizu raspoloživosti mreže prema kriteriju (n-1)
- procjenu minimalnih ulaganja potrebnih za održavanje mreže
- vrednovanje pouzdanosti napajanja korisnika
- ocjenjivanje troškova ulaganja u odnosu na gubitke i troškove neisporučene energije.

Korisnici mreže pružaju podatke o svojim potrebama i planovima razvoja što omogućuje izradu detaljnih studija razvoja mreže [13] [14] [15] [18].

4.2. Mrežna pravila Velike Britanije

Planiranje distribucijskoga sustava

Pravila za planiranje distribucije postavlja tehničke smjernice koje operator distribucijske mreže i korisnici moraju slijediti. Te su smjernice ključne i bitne za razvoj distribucijskoga sustava i moraju se uskladiti s utjecajem na nacionalni prijenosni sustav.

Kriterij i postupci su sljedeći:

- Operator distribucijske mreže mora primijeniti pravila u razvoju i planiranju mreže.
- Korisnici moraju u obzir uzeti kod prilikom razvoja svojih sustava koji utječu na distribucijsku mrežu.

Pojačanje ili proširenje mreže može biti potrebno zbog razvoja na korisničkom sustavu, novih točaka povezivanja, stabilnost sustava, povezivanje novih korisnika te kumulativnih efekata navedenih razloga.

Za radove na mreži mogu se uključivati intervencije na točki gdje se povezuje korisnički sustav s operaterovim distribucijskim sustavom. Isto tako, na prijenosnim i distribucijskim linijama ili objektima povezanim s točkom povezivanja te na dijelovima distribucijskoga sustava udaljenima od točke povezivanja.

Vrijeme koje je potrebno za razvoj distribucijskoga sustava ovisi o složenosti potrebnih radova, zakonskim odobrenjima i održavanju sigurnosti i kvalitete opskrbe.

Neki od podataka za planiranje:

- standardni podatci - osnovni podatci potrebni za procjenu utjecaja korisničkoga razvoja na distribucijski sustav
- detaljni podatci - dodatni podatci koje operator distribucijske mreže može zatražiti za dublju analizu
- procijenjeni podatci - privremene procjene koje korisnik pruža kada su točni podatci nedostupni
- pretpostavljeni podatci - pretpostavke koje operator distribucijske mreže koristi u nedostatku korisničkih podataka.

Distribucijska licenca propisuje rokove za razmjenu informacija između operatora distribucijske mreže i korisnika osiguravajući transparentnost i efikasnost u procesu planiranja.

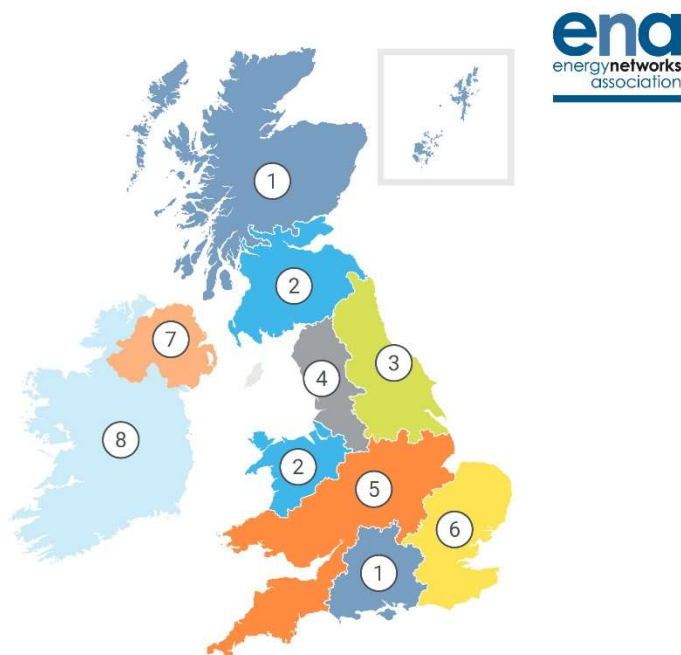
Pravila za planiranje distribucije i povezivanje kod korisnika obuhvaća četiri ključne faze:

- Faza izvodljivosti: korisnik razmatra razvoj i operator distribucijske mreže (ODM, engl. DSO) pruža smjernice. Ako su potrebni dodatni podatci, ODM može zatražiti detaljne ili standardne planirane podatke za procjenu izvodljivosti.
- Preliminarna faza: korisnik podnosi zahtjev za povezivanje, a ODM traži potrebne podatke za procjenu povezivanja i troškova.
- Faza obaveznog projekta: sporazum o povezivanju je uspostavljen na temelju dostavljenih podataka.
- Registrirana faza: povezivanje je fizički uspostavljeno, a korisnik treba osigurati stvarne podatke umjesto procijenjenih i pretpostavljenih vrijednosti.

4.2.1. Operatori distribucijskoga sustava (ODS) u Velikoj Britaniji

Velika Britanija ima nekoliko glavnih operatera distribucijskoga sustava (ODS) koji su odgovorni za upravljanje i održavanje distribucijske mreže.

Electricity distribution



© ENA 2021

Slika 4. Prikaz operatera distribucijskoga sustava (ODS) Velike Britanije [6]

Neki od glavnih ODS-ova uključuju:

1. *Scottish and Southern Electricity Networks* – pokriva sjevernu Škotsku i južnu Englesku.
2. *SP Energy Networks* – pokriva Merseyside, Cheshire, sjeverni Wales, Sjeverni Shropshire, središnju i južnu Škotsku.
3. *Northern Powergrid* – pokriva sjeverno od Northumberlanda, južno od Humbera i sjevernog Lincolnshirea te od istočne obale do Pennina. Govoreći o širem području, obuhvaća sjeveroistočni i središnji dio Engleske.
4. *Electricity North West* – pokriva različite zajednice između Lake Districta i grada Manchestera te svih gradova i sela između. Sveobuhvatno, to je područje sjeverozapadne Engleske.
5. *National Grid* – opslužuje krajnje korisnike u istočnom i zapadnom Midlandsu, jugozapadu Engleske i Walesu.
6. *UK Power Networks* – uključuje London, jugoistočnu i istočnu Englesku.

7. *Northern Ireland Electricity Networks* – pokriva Sjevernu Irsku.
8. *ESB Networks* – pokriva ostatak Irske.

Industrijsko je tijelo koje predstavlja sve kompanije, koje upravljaju električnim vodovima, plinskim cijevima i energetske sustavom u Ujedinjenom Kraljevstvu i Irskoj, ENA (Energy Networks Association). Ona pomaže svojim članovima u ispunjavanju izazova održivoga, sigurnog i pouzdanog isporučivanja električne energije i plina zajednicama širom Irske i UK-a. Osim toga, strateški je fokus za energetske sektor, tehničku stručnost i savjete u politici [4].

4.2.2. Razlika između DNO-a i DSO-a.

DNO (Distribution Network Operator) – predstavlja operatora distribucijske mreže koji je odgovoran za upravljanje i održavanje fizičke infrastrukture distribucijske mreže. To je tradicionalni oblik operatora distribucijske mreže. Njegova je glavna uloga osigurati pouzdanu isporuku električne energije do krajnjih korisnika. Također, odgovoran je za priključivanje novih korisnika i izvora energije na mrežu.

DSO (Distribution System Operator) – evolucija je DNO-a koja uključuje dodatne odgovornosti vezane uz optimizaciju i upravljanje distribucijskoga sustava. DSO-ovi upotrebljavaju napredne tehnologije i sustave za praćenje, balansiranje te kontrolu ponude i potražnje energije u stvarnom vremenu. Imaju značajnu ulogu u integraciji distribuiranih izvora energije te u poticanju energetske fleksibilnosti i učinkovitosti.

Korištenje koncepta DSO-a u Velikoj Britaniji započinje s razvojem pametnih mreža i povećanjem udjela obnovljivih izvora energije. Prelazak s DNO-a na DSO postao je neophodan kako bi se učinkovito upravljalo složenijim i dinamičnijim elektroenergetskim sustavom. Transformacija je započela sredinom 2010-ih godina pri čemu je Ofgem (Office of Gas and Electricity Markets) imao ključnu ulogu u regulaciji i poticanju ovoga prijelaza [5].

4.2.3. Informacije i savjeti

ODM pruža informacije i savjete korisnicima na zahtjev tijekom procesa povezivanja ili u drugim situacijama.

Pravila se primjenjuju na sve postojeće i nove veze uzimajući u obzir da se tehnički standardi ne primjenjuju retroaktivno osim u slučajevima značajnih promjena uvjeta. Ova su pravila ključna za održavanje efikasne mreže te ih se moraju pridržavati svi korisnici i povezači na distribucijski sustav.

Razine srednjega napona u distribucijskoj mreži Velike Britanije obično se kreću između 1 (kV) i 45 (kV) [6].

Pravila za planiranje distribucije i povezivanje imaju sljedeće glavne ciljevi:

- osigurati ekonomično i pouzdano planiranje, projektiranje i izgradnju distribucijskoga sustava
- omogućiti pristup distribucijskom sustavu te definirati standard kvalitete usluge
- postaviti tehničke standarde za integraciju na ulaznim i izlaznim točkama sustava
- standardizirati razmjenu informacija o planiranju sustava
- informirati korisnike o opcijama povezivanja i kompatibilnosti njihovih sustava s distribucijskim sustavom.

Definiranje zahtjeva za planiranje, projektiranje i povezivanje distribucijskih sustava u vlasništvu ODM-a primjenjuje se na korisnike koji koriste ili planiraju koristiti distribucijski sustav uključujući:

- proizvođače električne energije
- dobavljače energije
- potrošače, uključujući one bez direktnoga mjerenja potrošnje
- ostale distributere povezane s distribucijskim sustavom
- operatore mjernih uređaja povezanih s distribucijskim sustavom.

4.2.4. Principi i standardi projekta za planiranje distribucije i povezivanje

- Kriteriji planiranja usklađeni su s pravnim zahtjevima, uvjetima licence za distribuciju i drugim obvezama.
- Zaduženje je razvijati i održavati efikasan, siguran i koordiniran sustav opskrbe, koji je ekonomičan, električnom energijom.
- Definirani su trenutni principi i standardi koji se primjenjuju u projektu distribucijskoga sustava i korisničkih povezivanja.
- Podržane su inovacije u projektiranju uz poštovanje zahtjeva za performanse sustava.
- Tehnički projektni kriteriji detaljno su opisani i mogu biti podložni reviziji.

Standard opskrbe

- Sigurnost: Planiranje i razvoj distribucijskih sustava provodi se prema standardu sigurnosti i opskrbe, kao što je navedeno u relevantnim inženjerskim preporukama ili ekvivalentnim standardima. Npr. tvrtka *Scottish Hydro Electric Power Distribution Ltd.* modificirala je inženjersku preporuku P2/6 – *Sigurnost opskrbe* koja je prihvaćena od strane nadležnoga tijela.
- Frekvencija i napon: Projektiranje sustava podržava standardnu radnu frekvenciju od 50 (Hz) i napon u skladu s odgovarajućim regulativama, s tolerancijom od 49,5 do 50,5 (Hz).

4.2.5. Standard opskrbe i tehničkih zahtjeva za distribucijske sustave

Bitno je istaknuti da u iznimnim okolnostima frekvencija sustava može varirati između 47 (Hz) i 52 (Hz). Projektiranje opreme ne uzima u obzir kontinuiran rad izvan ovoga raspona.

Proširenja ili povezivanja s distribucijskim sustavom moraju očuvati stabilnost napona, a informacije o regulaciji napona dostupne su na zahtjev.

Za poremećaj napona i harmonijskih distorzija treba naglasiti sljedeće:

- Tijekom kvarova i prebacivanja kruga napon može privremeno pasti ili porasti, ovisno o metodi uzemljenja sustava.
- Postoje pravila koja sadrže smjernice o varijacijama napona, a koje treba uzeti u obzir prilikom odabire opreme. To je standard koji definira karakteristike napona, a njih javne električne mreže moraju zadovoljavati na terminalima korisnika.

Tehnički zahtjevi:

- Oscilacije napona i harmonijska distorzija moraju biti u skladu s određenim inženjerskim preporukama i standardima.
- Fazna neravnoteža i opskrba za pogon moraju zadovoljavati specifične tehničke zahtjeve.
- Promjene napona uzrokovane korisničkom opremom ili potražnjom ne smiju premašiti ± 3 % od nominalne vrijednosti.

Prilagodba na promjene napona rezultira time da u rijetkim slučajevima, kao što su prebacivanja nakon kvara održavanja, može doći do brzih promjena napona. Projektiranje bi trebalo tolerirati pad napona od $\pm 10\%$ uzimajući u obzir da ekstremni slučajevi mogu rezultirati većim padom.

Valja imati na umu automatsko ponovno uklapanje i zaštitu. Naime, korisnici koji se povezuju na distribucijski sustav trebaju biti svjesni postojanja automatskoga ponovnog uklapanja i sekvencijskoga prebacivanja. ODM pruža detalje o ovim značajkama za pravilno projektiranje korisničkih sustava. Zaštitni dogovori mogu rezultirati odvajanjem jedne ili dvije faze u trofaznoj opskrbi u slučaju kvarova.

Za projektne principe postavljeni su principi za korisnike s jednofaznom ili trofaznom opskrbom zaštićenim osiguračem ili drugim uređajem ocijenjenim na 100 (A) ili manje. Instalacije koje se pridržavaju BS 7671 smatraju se usklađenima s Pravilom za distribuciju u pogledu projektiranja i sigurnosti. (BS 7671 Zahtjevi za električne instalacije, poznati kao i IET Pravilnik o ožičenju, nacionalni je standard u Ujedinjenom Kraljevstvu za električne instalacije i sigurnost električnih sustava ožičenja. Standard obuhvaća projektiranje, odabir, postavljanje i provjeru električnih instalacija.) [11].

Tehničke karakteristike i zahtjevi

- Vodiči o karakteristikama kratkoga spoja i zaštitnom višestrukome uzemljenju dostupni su u inženjerskim publikacijama industrije.
- ODM-ovi zahtjevi za informacijama detaljno su opisani u odgovarajućem dijelu Pravila.

Pravila se sastoji od vodiča o karakteristikama kratkoga spoja niskonaponskog sustava i povezanih opskrba koji se pruža u inženjerskim publikacijama industrije opskrbe električnom energijom (ESI – *Engineering Standards Instructions* ili *Upute za inženjerske standarde*. To je skup smjernica ili standarda koji se koriste u industriji električne energije za projektiranje i održavanje distribucijskih mreža.).

Ključni principi projektiranja i specifikacija za distribucijsku opremu uključuju opće zahtjeve. Oni podrazumijevaju da projektiranje i proizvodnja distribucijske opreme, uključujući nadzemne vodove i podzemne kabele, moraju biti usklađeni s važećim zakonima i standardima CENELEC, IEC, kao i europskim i britanskim normama. Nadalje, Specifikacije trebaju osigurati performanse u skladu s tehničkim specifikacijama industrije električne energije, uključujući ESI standarde i inženjerske preporuke [24].

Projektne smjernice:

- Oprema mora biti kompatibilna radnoj frekvenciji, naponu i kratkospojnoj ocjeni distribucijskoga sustava.
- Povezivanje na sustave s naponom od 22 (kV) ili više podliježe posebnim zahtjevima.
- Korištenje kabela, nadzemnih vodova, transformatora i druge opreme mora biti unutar toplinskih ocjena navedenih u relevantnim standardima.

Bitna stavka kod projektnih smjernica i zahtjeva za spajanje na distribucijski sustav su uzemljenje, regulacija i kontrola napona, zaštita, signalizacija te izjave o mreži.

Uzemljenje:

- Projektiranje uzemljenja mora biti u skladu s ESQCR-om i relevantnim standardima [23]. (ESQCR - *Electricity Safety, Quality and Continuity Regulations* su propisi o sigurnosti, kvaliteti i kontinuitetu električne energije. Ovi propisi uspostavljeni su u Ujedinjenom Kraljevstvu i obuhvaćaju širok spektar zahtjeva koji se odnose na sigurnost električnih mreža, kvalitetu isporuke električne energije i pouzdanost.)
- Metoda uzemljenja određuje se prema ODM-u, a oprema mora ispuniti napon nametnut metodom uzemljenja.
- Korisnici trebaju poduzeti mjere kako bi ograničili cirkulirajuće struje povezane s neutralnim točkama.

Regulacija i kontrola napona govori o tome da proširenja ili povezivanja ne smiju negativno utjecati na kontrolu napona ODM-a. Informacije o regulaciji napona dostupne su na zahtjev.

Zaštita:

- Zaštitni uređaji moraju biti u skladu s ESQCR-om.
- Sustavi zaštite trebaju biti dogovoreni između ODM-a i korisnika s mogućnošću povremenoga pregleda.
- Rezervna zaštita mora biti osigurana za prekid izvršenja sklopke na visokonaponskom sustavu.
- Korisnici ne smiju ograničavati ulaz struje kvara ako bi to moglo uzrokovati preopterećenje operatorove opreme.

Signalizacija:

Oprema za signalizaciju mora biti u skladu sa standardom BSEN50065. (BS EN 50065 odnosi se na standard koji se upotrebljava za signalizaciju na NN električnim instalacijama u frekvencijskom rasponu od 3 (kHz) do 148,5 (kHz).) [10]

Izjave o mreži:

ODM priprema izjave o kapacitetu, tokovima energije i opterećenju na zahtjev korisnika. Izjava o dugoročnom razvoju, koja obuhvaća buduće godine, priprema se na zahtjev regulatornog tijela.

4.2.6. Opći zahtjev za spajanje na distribucijski sustav

Pravila za planiranje distribucije i povezivanje (DPC5) osiguravaju jednake zahtjeve za povezivanje za sve korisnike distribucijskoga sustava. Zahtjevi za razmjenu podataka primjenjuju se na sve korisničke razvoje koji utječu na distribucijski sustav [22].

Tehnička priprema pojašnjava kako DPC5 detaljno opisuje potrebne informacije korisnika za tehničku pripremu novih isporuka ili povećanje opterećenja. Informacije generatora i korisnika povezanih na visoki napon regulirane su posebnim dokumentima (DPC7 – dio većega skupa pravila ili smjernica koje definiraju tehničke specifikacije i sigurnosne zahtjeve za povezivanje generatora; EREC G99 – specifičan za Ujedinjeno Kraljevstvo i pokriva zahtjeve za povezivanje opreme za proizvodnju energije paralelno s javnim distribucijskim mrežama. Predstavlja pravni zahtjev za određene generatore koji se povezuju na ili nakon 27. travnja 2019. godine) [22].

Za povezivanje na distribucijski sustav iznad niskonaponske razine potrebno je dostaviti standardne planirane podatke koji obuhvaćaju lokaciju i datum povezivanja, sheme glavnih postrojenja, karakteristike opreme, kao i procjene maksimalne snage, reaktivne snage, faze neuravnoteženosti, harmonijskoga sadržaja promjena potražnji te planove upravljanja opterećenjem i profilima vrhunске potražnje. Za uspješno povezivanje s distribucijskim sustavom korisnici su dužni pružiti detaljne informacije o svojim opterećenjima, uključujući vrstu i način upravljanja opterećenjem kao i maksimalna opterećenja po fazi tijekom vrhunaca potražnje, zajedno s polusatnim profilima za aktivnu i reaktivnu snagu.

Točke isporuke električne energije dogovaraju se između korisnika i distribucijskoga operatora gdje se za niskonaponske isporuke obično koriste izlazni terminali opreme distribucijskoga operatora, dok se visokonaponske isporuke definiraju posebnim dogovorom. Vlasništvo i odgovornost za postrojenja i opremu regulirani su ugovorom koji također određuje pravila za izgradnju, puštanje u pogon i održavanje. Za generatore koji rade u sinkronizaciji s distribucijskim sustavom i visokonaponske isporuke distribucijski operater izrađuje raspored odgovornosti i operativne dijagrame koji jasno određuju granice vlasništva. Planiranje distribucije i Pravila povezivanja DPC6 specificiraju tehničke aranžmane potrebne na granici vlasništva između distribucijskoga sustava ODM-a i sustava korisnika. Primjenjuju se na svim razinama napona, ali isključuju korisnike povezane na niskom naponu, bez generacije i zaštićene osiguračima ili drugim uređajima s nazivnom strujom od 100 (A) ili manje. Pri povezivanju opreme na distribucijski sustav važno je osigurati da nazivna struja kratkoga spoja te opreme nije niža od predviđene razine kvara sustava [22].

Također, neophodna je razmjena informacija o mogućem unosu snage kvara i omjerima reaktancije i otpora $\frac{X}{R}$ kako bi se osigurala usklađenost i sigurnost u radu sustava.

Zahtjevi za komunikacijsku i telemetrijsku opremu u distribucijskom sustavu

Korisnici su odgovorni za instalaciju i održavanje komunikacijske opreme koja je najvažnija za kontrolu distribucijskoga sustava, a sve u skladu s odredbama ugovora o povezivanju. Izvođači obnove trebaju osiguravati da njihova telemetrijska i komunikacijska oprema ima pouzdano napajanje koje može izdržati najmanje 72 sata u slučaju isključenja te da je zaštićena od kibernetičkih prijetnji. Za uspostavljanje komunikacije s distribucijskim operaterom korisnici moraju rabiti odobrene uređaje koji omogućuju glasovnu komunikaciju i prijenos ključnih telemetrijskih podataka poput napona, struje, frekvencije te aktivne i reaktivne snage. U slučajevima gdje je to dogovoreno distribucijski će operater instalirati telekontrolna postrojenja za

upravljanje prekidačima unutar korisničkoga sustava, dok korisnici omogućavaju sučelje za kontrolu. Praćenje performansi sustava je obavezno, a korisnici su odgovorni za pružanje potrebnih signala. Za generatore koji su pušteni u rad nakon 27. travnja 2019. potrebno je osigurati dodatnu opremu za praćenje u skladu s inženjerskom preporukom G99. (Inženjerska preporuka G99 odnosi se na skup zahtjeva za povezivanje opreme za proizvodnju energije paralelno s javnim distribucijskim mrežama.) [19] [22]

4.2.7. Zahtjevi za sposobnost obnove distribucijskoga sustava

Dvije su osnovne strategije oporavka iz obustave ili djelomične obustave putem LJRP-a i putem DRZP-a. (LJRP – *Local Joint Restoration Plans* planovi su za obnovu lokalne mreže u slučajnu značajnoga prekida napajanja električnom energijom. Ti se planovi razvijaju u suradnji s pružateljima usluga Black Start, vlasnikom prijenosa i relevantnim vlasnicima distribucije. DZRP – *Disaster Recovery Zone Plan* sličan je plan za oporavak u slučaju katastrofe. Ovi su planovi ključni za osiguranje da kritična infrastruktura može nastaviti s radom ili se brzo oporaviti nakon potpunoga ili djelomičnog prekida rada [26].)

Generatori moraju obavijestiti distribucijskoga operatera o svojoj sposobnosti samostalnoga pokretanja bez vanjskoga napajanja što je ključno za procese oporavka. Izvođači obnove dužni su osigurati otporne izvore napajanja koji podržavaju autonomni rad njihove opreme do 72 sata nakon isključenja te implementirati mjere kibernetičke sigurnosti u skladu s nacionalnim propisima. Koordinacija između distribucijskoga operatera, izvođača obnove i nacionalnoga operatera elektroenergetskog sustava neophodna je tijekom obnove, kao i sposobnost izvođača obnove da neovisno upravljaju frekvencijom svojih modula za proizvodnju energije, posebno u izoliranom modu rada.

4.2.8. Zahtjevi za integrirane generatore energije

Integrirani generatori energije moraju biti u skladu s DPC7 i bitnim dijelovima distribucijskoga pravila, bez obzira na datum povezivanja. DPC7 primjenjuje se na sve generatore, uključivši one s vlastitom proizvodnjom i autorizirane distributere koji su operativni ili sposobni za rad u paraleli s distribucijskim sustavom [22]. Generatori s ugovorima sklopljenima prije 17. svibnja 2018. nisu obavezni pridržavati se G99, dok novi i izmijenjeni moduli moraju udovoljavati G98 ili G99 u skladu s regulativama [19]. Integrirani generatori aktivirani prije 27. travnja 2019. moraju slijediti G59/3-4 i imati izolacijski uređaj [25]. Pristup izolacijskom uređaju mora biti omogućen, a ručna sinkronizacija dopuštena uz dogovor. Informacije o elektranama, modulima za proizvodnju energije i prijenosnim sustavima neophodne su za procjenu utjecaja na distribucijski sustav, a dodatne informacije mogu biti zatražene za detaljnu procjenu. (G98 – inženjerska je preporuka koja je dio distribucijskoga operativnog koda. Ovaj kod ugovorna je obaveza između operatora mreže i korisnika. Ako se korisnik povezuje s jednofaznim ili višefaznim generatorima na jednom mjestu s do 16 (A) (3,68 (kW)) po fazi, mora ispuniti obrazac za obavijest G98. Što se tiče G59/3-4, to je također inženjerska preporuka koja se odnosi na zahtjeve za povezivanje proizvodnih postrojenja na distribucijske sustave licenciranih distribucijskih operatora. Dio je širega skupa smjernica koje osiguravaju da su svi novi instalirani sustavi usklađeni s trenutnim standardima i praksama za sigurno i učinkovito povezivanje na distribucijsku mrežu [19] [22].)

4.2.9. Ključni podatci za integraciju generatorskih sustava

Prije povezivanja na distribucijski sustav integrirani generatori moraju distribucijskom operateru dostaviti informacije o lokaciji i električnim karakteristikama postrojenja, uključujući točku povezivanja i napon. Važni su i sustavni dijagrami koji prikazuju električnu strukturu, uključujući raspored razvodnih šipki, faza, uzemljenja, prekidačkih uređaja i radnih napona. Što se tiče sučelja i sinkronizacije, generatori trebaju opisati metode sinkronizacije, povezivanja s uzemljenjem i isključivanja te osigurati pretpostavke za održavanje sigurnosti u slučaju odspajanja uzemljenog neutralnog mjesta. Na kraju, integrirani generatori moraju pružiti određene planerske podatke koji se odnose na srednje snage NGESO-a, sukladno zahtjevima Grid koda. (NGESO – *National Grid Electricity System Operator* operator je sustava za električnu energiju u Velikoj Britaniji. Uloga je osigurati da se potražnja za električnom energijom u svakom trenutku podudara s opskrbom čime se osigurava pouzdanost i stabilnost električne mreže. Dok *Grid Code* ili mrežna pravila predstavljaju tehničku specifikaciju koja definira parametre, a koje postrojenje povezano s

javnim električnom mrežom mora ispuniti kako bi se omogućilo sigurno, pouzdano i ekonomično funkcioniranje električnoga sustava [12].)

4.2.10. Tehnički standardi za generatore

Tehnički zahtjevi za generatore predstavljaju module za proizvodnju energije koji su projektirani za stalnu operaciju te moraju ispuniti tehničke zahtjeve specificirane od strane ODM-a. Moduli moraju održavati registriranu snagu unutar frekvencijskoga raspona od 49,5 do 50,5 (Hz) i biti neosjetljivi na promjene napona unutar dopuštenoga raspona [6] [22].

Generatori su obavezni ažurirati ODM sa svim dogovorenim postavkama za kontrolu napona ili faktora snage. Također, generatori moraju instalirati sve potrebne zaštitne mehanizme koji omogućuju isključivanje generatora pri abnormalnostima u frekvenciji ili naponu, kao i automatsko isključivanje ili aktiviranje alarma u slučaju kvara na zaštitnoj opremi. Zaštita mora osigurati detekciju promjene i nedostatne napetosti, frekvencije te gubitka mreže, a zaštita mreže dopuštena je samo uz odobrenje NGESO-a.

Generatori energije uključeni su u dugotrajnu paralelnu operaciju i moraju se pridržavati zaštitnih postavki specificiranih u EREC G59 (EREC G59 inženjerska je preporuka koje je bila dio standarda za povezivanje generatora na distribucijsku mrežu u Velikoj Britaniji.). Zaštita od odstupanja frekvencije obavezna je za generatore srednje snage između 5 i 50 (MW), a koji su bili u funkciji prije 1. kolovoza 2010. s postavkama od 47,5 (Hz) za podfrekvenciju i 51,5 (Hz) za nadfrekvenciju te s vremenom reakcije od 0,5 (s) [25].

Što se tiče otpornosti na kvarove i neuravnoteženosti faza, generatori moraju biti konstruirani da izdrže posljedice bliskih trofaznih kvarova i neuravnoteženosti faza bez isključivanja, a u skladu sa zaštitnim protokolima distribucijskoga operatera. Za stabilnost sustava očekuje se da generatori ostanu povezani i funkcionalni tijekom svih vjerojatnih kvarova u normalnim operativnim uvjetima, uključujući one koji podrazumijevaju pojedinačne linije, transformatore ili odjeljke sabirnice. Generatori koji postanu nestabilni pod uvjetima kvara moraju se automatski isključiti kako bi se izbjegla šteta na opremi i poremećaji u sustavu. Ako generatori rade neovisno o distribucijskom sustavu operatera distribucijske mreže, moraju imati vlastiti neovisan sustav uzemljenja.

Prije službenoga puštanja u pogon generatori moraju biti testirani u skladu s ugovorom o priključenju. ODM odobrava plan testiranja i obično nadzire testove za generatore povezane na visoki napon, dok za one na niskom naponu to nije uobičajeno.

Za srednje energetske postaje (odnosi se na transformatorske stanice ili postrojenja srednje snage) koje nisu dio ugovora o sustavnom upravljanju primjenjuju se tehnički zahtjevi *Grid Codea*. Generatori su dužni dostaviti relevantne podatke NGESO-u, uz obavezu dostave kopije ODM-u. Tehnički projekti i parametri srednjih energetskih postaja moraju biti usklađeni s uvjetima priključenja *Grid Codea*. Izjava o usklađenosti dostavlja se ODM-u prije početka rada postaje te se svaka promjena koja može utjecati na usklađenost mora prijaviti. U slučaju potrebe za stabilizatorom elektroenergetskoga sustava, na zahtjev NGESO-a, operator distribucijske mreže zahtijevat će njegovu instalaciju.

4.2.11. Prijenos planiranih podataka u distribucijskom sustavu

Ovo poglavlje detaljno razrađuje protokol razmjene informacija između distribucijskoga operatera i korisnika visokonaponske mreže, uključujući generatore i distributere. To je ključno za efikasno i ekonomično razvijanje distribucijskoga sustava u skladu s licencom. Operator distribucijske mreže ima dužnost informirati korisnike o promjenama koje mogu utjecati na njihove sustave, uz poštivanje povjerljivosti i vremenskih ograničenja objave. Za kompenzacijska postrojenja korisnici trebaju pružiti ODM-u informacije o kapacitetima, radnim opsezima i točkama priključenja na distribucijski sustav. U specifičnim situacijama korisnici trebaju dostaviti podatke o sumiranoj susceptanciji mreže na standardnoj frekvenciji, uključujući reaktore integrirane u kabelski sustav.

Korisnici koji djeluju u sinkronizaciji s operatorom distribucijske mreže distribucijskim sustavom dužni su razmjenjivati informacije o međusobnoj impedanciji, uključujući ekvivalentne pojedinačne impedancije svojih sustava. Također, potrebno je osigurati podatke o kapacitetu prijenosa potražnje između različitih točaka opskrbe, kao i o udjelu potražnje koji se tipično opskrbljuje iz svake od njih, zajedno s uređajima za prijenos tijekom planiranih ili izvanrednih prekida. Za procjenu utjecaja tranzijentnih prekomjernih napona razmjenjuju se detalji vezani za granicu vlasništva između korisnika i operatora distribucijskih mreža, uključujući fizičke i električne rasporede te zaštitne specifikacije.

U kontekstu uspostave zone obnove distribucije poduzetnici za obnovu dužni su dostavljati relevantne informacije ODM-u, uključujući godišnje izvještaje u 20. tjednu svake godine. Poduzetnici moraju dostaviti podatke o blok kapacitetu opterećenja u grafičkom ili tabličnom formatu prikazujući procjene od 0 (MW) do maksimalnoga kapaciteta opreme s vremenskim intervalima između svakoga koraka. Procjene bloka kapaciteta opterećenja trebaju se izvršiti uzimajući u obzir varijacije frekvencije od 47,5 (Hz) do 52,0 (Hz), pretpostavljajući početnu frekvenciju od 50 (Hz) ili drugi dogovoreni raspon frekvencije [6][22].

4.2.12. Upravljanje potražnjom i tehnički zahtjevi

Ovo poglavlje o mrežnim pravilima bavi se uslugama upravljanja potražnjom gdje pružatelji tih usluga i korisnici koji djeluju u toj ulozi moraju osigurati da njihove jedinice potražnje zadovoljavaju određene tehničke zahtjeve. U to se ubraja naponski raspon u kojem jedinice potražnje moraju raditi unutar naponskoga raspona od 0,90 (pu) do 1,10 (pu) nominalnog napona. Što se tiče frekvencijskoga raspona, jedinice potražnje moraju ostati spojene i raditi normalno unutar ovoga raspona od 47 (Hz) do 52 (Hz), s određenim zahtjevima za trajanje rada pri različitim frekvencijama. Kao i mogućnost modulacije potražnje ili reaktivne snage prema operatorovim uputama. Komunikacijski protokoli između ODM-a i pružatelja usluga trenutno nisu standardizirani, ali ODM pruža smjernice o korištenju postojećih protokola [6] [22].

4.2.13. RIIO

Dodatne zanimljivosti vezane uz distribuciju električne energije na području Velike Britanije mogu se pronaći u okvirima RIIO-a. Velika Britanija treba pametnije preuređenje mreže kako bi omogućila sigurne i održive energetske zalihe za potrošače. RIIO je okvir koji koristi regulator industrije, *Ofgem* (Office of Gas and Electricity Markets), kako bi osigurao da pojedine mrežne kopanije, poput SP Energy Networks, koje pružaju sigurnu i pouzdanu uslugu te vrijednost za novac maksimiziraju performanse, djeluju učinkovito, inoviraju i osiguravaju otpornost svojih mreža za sadašnje i buduće korisnike. Ofgemov projekt *Discovery* identificirao je 200 milijardi funti ulaganja u sljedećih deset godina kako bi se osigurale održive energetske zalihe i održali troškovi što nižima za potrošače. Od toga iznosa 32 milijarde funti potrebno je uložiti u mrežu, što predstavlja povećanje od preko 75 % u vrijednosti britanskih energetskih mreža. Ulaganje nije samo zamjena staroga za novo. Elektroenergetske mreže trebaju se rekonfigurirati kako bi upravljale protokom energije iz manjih obnovljivih postrojenja.

RIIO je akronim za:

- *Revenue* - postavljanje granica na prihode koje mrežne kompanije mogu ostvariti
- *Incentives* - mehanizmi koji koristi *Ofgem* za poticanje poboljšanja u područjima koja su važna korisnicima
- *Innovation* - inovacije koje omogućuju sigurnu, pouzdanu i održivu mrežu uz isporuku vrijednosti za novac
- *Outputs* - rezultati koje korisnici cijene, poput sigurnosti, zaštite okoliša, zadovoljstva korisnika, društvenih obveza, povezanosti, pouzdanosti i dostupnosti.

Ključni ciljevi RIIO okvira

1. RIIO okvir potiče mrežne kompanije da povećaju efikasnost svojih operacija kako bi smanjile troškove za potrošače motivirajući ih pritom da pronađu inovativna rješenja za poboljšanje performansi mreže.
2. RIIO potiče ulaganja u nove tehnologije i metode koje mogu poboljšati pouzdanost i održivost mreže pri čemu su inovacije ključne za integraciju obnovljivih izvora energije i razvoj pametnih mreža.
3. Postavlja jasne ciljeve i standarde kvalitete koje mrežne kompanije moraju ispuniti, a pritom kompanije koje premaše očekivanja mogu biti nagrađene, dok one koje ne ispune ciljeve mogu biti kažnjene.

4. RIIO osigurava da potrošači dobiju vrijednost za novac transparentnim i korektnim cijenama. Potrošači su u središtu poslovnih planova mrežnih kompanija, što znači da se njihove potrebe i očekivanja uzimaju u obzir pri donošenju odluka.

Struktura RIIO poslovnih planova

RIIO – ED2 odnosi se na distribucijske mreže električne energije s ciljem osiguravanja sigurne i pouzdane isporuke električne energije uz podršku integracije obnovljivih izvora energije. Planski proces djeluje od 2023. i trebao bi trajati do 2028. godine.

RIIO – T2 (2021-2026) odnosi se na prijenosne mreže električne energije i plina s fokusom na modernizaciju infrastrukture i podršku za prijelaz na niskougljičnu energiju.

RIIO – GD2 (2021-2026) odnosi se na distribucijske mreže plina s ciljem osiguranja sigurne i efikasnije isporuke plina uz podršku smanjenja emisija stakleničkih plinova.

Praćenje i implementacija

Ofgem prati performanse mrežnih kompanija godišnjim izvještajima i analizama. Kompanije su dužne dostavljati detaljne podatke o svojim operacijama, investicijama i postignutim rezultatima. Na temelju tih podataka *Ofgem* može prilagoditi regulatorne mjere kako bi se osiguralo da ciljevi RIIO okvira bude ispunjeni.

RIIO okvir presudan je za transformaciju energetske mreže u Velikoj Britaniji omogućujući prijelaz na održivije i efikasnije energetske sustave. Poticanjem inovacija te povećanjem zaštite i efikasnosti potrošača RIIO osigurava da mrežne kompanije budu spremne za buduće prilike i izazove u energetske sektoru. Stoga nagrađuje inovativne kompanije koje učinkovito upravljaju mrežama postavljanjem dugoročnih kontrola cijena i poticajima za širenje pametnih mreža [7] [21].

5. ZAKLJUČAK

Analiza mrežnih pravila elektroenergetskih sustava Republike Hrvatske i Velike Britanije otkriva različite pristupe u regulaciji i upravljanju energijom.

Republika Hrvatska, kao članica Europske unije, primjenjuje mrežna pravila koja su usklađena s europskim direktivama i uredbama te teži sigurnosti opskrbe, pouzdanosti sustava i integraciji tržišta električne energije. S druge strane, nakon *Brexita*, Velika Britanija ima veću autonomiju u kreiranju svojih mrežnih pravila što joj omogućuje fleksibilnije upravljanje svojim elektroenergetskim sustavom, ali i postavlja izazove u pogledu usklađivanja s europskim standardima.

Pravila u Republici Hrvatskoj naglašavaju tehničke uvjete za priključenje, sigurnosti preuzimanja električne energije, pristup i korištenje prijenosne mreže, kao i obveze korisnika. U Velikoj Britaniji fokus je na liberalizaciji tržišta, poticanju konkurencije i inovacija te na prilagodbi pravila kako bi se omogućio razvoj novih tehnologija poput obnovljivih izvora energija i pametnih mreža.

Ova usporedba pokazuje kako povijesni, politički i ekonomski faktori oblikuju mrežna pravila i kako su ona ključna za ostvarivanje energetske politike zemlje. Također, ističe važnost međunarodne suradnje i razmjene najboljih praksi da bi se osigurala sigurnost, pouzdanost i održivost elektroenergetskih sustava u budućnosti.

6. LITERATURA

- [1] »Ofgem,« 2024.. [Mrežno]. Dostupno: <https://www.ofgem.gov.uk/energy-data-and-research/energy-data-publications>.
- [2] »HEP-Pristup_mrezi,« 2024.. [Mrežno].
Dostupno:
https://www.hep.hr/ods/UserDocsImages/dokumenti/Pristup_mrezi/Pravila_o_prikljucenj_u_na_distribucijsku_mrezu%202023_2.pdf.
- [3] »HEP-Godišnji izvještaj,« 2017.. [Mrežno].
Dostupno:https://www.hep.hr/ods/UserDocsImages/publikacije/GI_sigurnost/HEP_ODS_GI_sigurnost_opskrbe_2017.pdf.
- [4] »Ena, energy network association,« 2024.. [Mrežno]. Dostupno: https://www.ena-eng.org/ena-docs/D0C3XTRACT/EREC_G59_7_190822120848.pdf.
- [5] »ABC geografija,« 2022.. [Mrežno]. Dostupno: <https://abcgeografija.com teme/nazivi-uk/>.
- [6] »DCODE,« 2024.. [Mrežno]. Dostupno: <https://dcode.org.uk/>.
- [7] »Ofgem_RIIO,« 2024.. [Mrežno].
Dostupno:<https://www.ofgem.gov.uk/sites/default/files/docs/2010/10/re-wiringbritainfs.pdf>.
- [8] »Application guide to the European Standard EN 50160 on "voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems",« [Mrežno]. Dostupno: <https://irp.cdn-website.com/1f390461/files/uploaded/GuideToEN50160.pdf>.
- [9] »Electricity north west,« 2024. [Mrežno]. Dostupno: <https://www.enwl.co.uk/get-connected/apply-for-a-new-connection/generation-and-storage/g99/>.

- [10] »EN EUROPEAN STANDARDS,« 2024. [Mrežno]. Dostupno: <https://www.en-standard.eu/bs-en-50065-1-2011-signalling-on-low-voltage-electrical-installations-in-the-frequency-range-3-khz-to-148-5-khz-general-requirements-frequency-bands-and-electromagnetic-disturbances/>.
- [11] »esi:Electrical Safety Inspections,« 2023. [Mrežno].
Dostupno: <https://esielectrical.co.uk/understanding-bs-7671-electrical-installations/>.
- [12] »ESO,« 2024. [Mrežno]. Dostupno: <https://www.nationalgrideso.com/>.
- [13] »HEP,« Metodologija i kriterij planiranja razvoja distribucijske mreže, [Mrežno].
Dostupno: https://www.hep.hr/ods/UserDocsImages/dokumenti/Planovi_razvoja/Kriteriji_metodologija_planiranja.pdf.
- [14] »HEP, Operator distribucijskog sustava,« 2024. [Mrežno].
Dostupno: <https://www.hep.hr/ods/mreznopravila-distribucijskog-sustava/662>.
- [15] »HERA_izvjesce,« 2022.. [Mrežno].
Dostupno: https://www.hera.hr/hr/docs/HERA_izvjesce_2022.pdf.
- [16] »Hrvatski normativni dokument; HRN EN 50065-1:2003,« [Mrežno]. Dostupno: <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+50065-1%3A2003>.
- [17] »Hrvatski normativni dokument; HRN EN IEC 61000-3-2:2019,« [Mrežno]. Dostupno: <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+IEC+61000-3-2%3A2019>.
- [18] »Narodne novine, Mrežna pravila distribucijskog sustava,« 2024.. [Mrežno]. Dostupno: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018_08_74_1539.html.
- [19] »Renew-Able solutions,« 2024. [Mrežno]. Dostupno: <https://www.renew-able.co.uk/what-is-g98-g99-g100-all-explained-here/>.
- [20] »SP Energy Networks,« [Mrežno].
Dostupno: https://www.spenergynetworks.co.uk/pages/overview_of_riio.aspx.
- [21] »SP Energy Networks_RIIO,« 2024.. [Mrežno].
Dostupno: https://www.spenergynetworks.co.uk/pages/overview_of_riio.aspx.

- [22] »The Distribution Code of licensed distribution network operation of Great Britain,« 04 March 2024. [Mrežno]. Dostupno: <https://dcode.org.uk/>.
- [23] »legislation.gov.uk,« The Electricity Safety, Quality and Continuity Regulations 2002, [Mrežno]. Dostupno: <https://www.legislation.gov.uk/uksi/2002/2665/contents/made>. [Pokušaj pristupa 2024.].
- [24] »ARTC,« Signalling: Procedures, [Mrežno].
Dostupno: https://extranet.artc.com.au/eng_signal_procedure.html. [Pokušaj pristupa 2024.].
- [25] »ena, energy networks association,« [Mrežno].
Dostupno:<https://www.nationalgrid.com/sites/default/files/documents/GC0079%20Annex%203%20Option%201%20G59%20%20proposals%20170731.pdf>.
- [26] »STCP 06-1 Issue 005 Black Start,« [Mrežno].
Dostupno: <https://www.nationalgrid.com/sites/default/files/documents/8589935635-STCP%2006-1%20Black%20Start.pdf>. [Pokušaj pristupa 2024.].

7. DODATCI

Popis slika

Slika 1. Pojednostavljeni prikaz distribucijske mreže [18].....	2
Slika 2. Struktura elektroenergetskoga sustava.....	3
Slika 3. Prikaz distribucijske mreže HEP ODS-a [3].....	11
Slika 4. Prikaz operatera distribucijskoga sustava (ODS) Velike Britanije [6]	21

Popis tablica

Tablica 1. Napon i frekvencija u Republici Hrvatskoj i Velikoj Britaniji [14][22]	8
Tablica 2. Priključne snage kupaca i proizvođača na jednofaznom priključku [14].....	12
Tablica 3. Priključne snage kupaca i proizvođača na trofaznom priključku [14]	12
Tablica 4. Ograničenja za niskonaponsku i srednjenaponsku mrežu [14]	16

8. SAŽETAK I KLJUČNE RIJEČI

Ovim radom uspoređena su mrežna pravila Republike Hrvatske i Velike Britanije. Rad se dotiče planiranja i pogona mreže, tehničkih značajki, pravila, specifikacija te uvjeta distribucijskoga mrežnog sustava. Sličnosti između distribucijskoga sustava Republike Hrvatske i Velike Britanije utemeljene su na standardnim vrijednostima napona i frekvencije, standardima za kvalitetu energije, sigurnosnim standardima, zaštiti okoliša, integraciji pametnih mreža te podršci inovacija. Predstavljena su prava i obveze operatera koja su definirana zakonodavstvom i regulativom u obje zemlje, a s naglaskom na sigurnost opskrbe i integraciju obnovljivih izvora energije.

Ključne riječi: mrežna pravila, distribucijski sustav, tehničke značajke, prava operatera.

9. SUMMARY AND KEY WORDS

This paper compares the network regulations of the Republic of Croatia and the United Kingdom. The paper addresses network planning and operation, technical characteristics, rules, specifications, and conditions of the distribution network system. The similarities between the distribution systems of the Republic of Croatia and the United Kingdom are based on standard voltage and frequency values, energy quality standards, safety standards, environmental protection, smart grid integration, and support for innovation. The rights and obligations of operators, defined by legislation and regulation in both countries, are presented with an emphasis on supply security and the integration of renewable energy sources.

Keywords: Network regulations, Distribution system, Technical characteristics, Operator rights.