

Sandra Hutter
Hrvatska energetska regulatorna agencija
shutter@hera.hr

Lahorko Wagmann
Hrvatska energetska regulatorna agencija
lwagmann@hera.hr

OSIGURAVANJE ISPUNJENJA PROPISANIH CILJEVA KVALITETE OPSKRBE ELEKTRIČNOM ENERGIJOM KROZ PLANIRANJE RAZVOJA MREŽE I NJEN POGON

SAŽETAK

Zelena tranzicija je dovela do promjena koje zahtijevaju ubrzani razvoj mreže. Pritom je, operator distribucijskog sustava prisiljen planirati i razvijati mrežu uz brojne neizvjesnosti. Stoga i metodologija planiranja razvoja mreže postaje sve više multikriterijska. Na temelju rezultata praćenja kvalitete napona i pouzdanosti napajanja utvrđuju se dijelovi mreže koje je potrebno uvrstiti u planove razvoja mreže. Zbog rastuće potrebe za fleksibilnošću omogućeno je uvođenje novih pomoćnih usluga. U pomoćne usluge koje mogu pružati korisnici mreže spadaju usluge regulacije napona i jalove snage, isporuka električne energije u otočnom pogonu i usluga crnog starta. Korištenjem pomoćnih usluga može se i poboljšati kvalitete opskrbe te time privremeno odgoditi potreba za izgradnjom i pojačanjem dijelova mreže.

Gljučne riječi: planiranje, kvaliteta opskrbe, pomoćne usluge, otpornost, mikromreže

ENSURING THE FULFILLMENT OF THE PRESCRIBED OBJECTIVES OF THE QUALITY OF THE ELECTRICITY SUPPLY THROUGH THE PLANNING OF THE DEVELOPMENT OF THE NETWORK AND ITS OPERATION

SUMMARY

The green transition has led to changes that require accelerated network development. In doing so, the distribution system operator is forced to plan and develop the network with numerous uncertainties. The network development planning methodology is becoming increasingly multi-criteria. Based on the results of monitoring voltage quality and power supply reliability, the parts of the network that need to be included in the network development plans are determined. Due to the growing need for flexibility in the electric power system, legal amendments enabled the introduction of new auxiliary services. Auxiliary services that network users can provide include voltage and reactive power regulation, island operation and black start. The use of auxiliary services can also improve the quality of supply and thereby temporarily postpone the need for construction and reinforcement of parts of the network.

Key words: planning, quality of supply, ancillary services, resilience, microgrids

1. UVOD

Posljednjih godina zelena tranzicija u državama članicama EU dovela je do ubrzanog porasta potrošnje, a ujedno i proizvodnje električne energije na distribucijskoj mreži. To je posljedica sve većeg korištenja električne energije, primjerice za grijanje i prijevoz, odnosno proizvodnje energije iz distribuiranih izvora ili većih obnovljivih izvora energije priključenih na distribucijsku mrežu. Ovakve promjene zahtijevaju ubrzani razvoj mreža. Operatori distribucijskog sustava su prisiljeni planirati i razvijati mrežu uz brojne neizvjesnosti i moguće promjene opterećenja i/ili profila potrošača te usporedno pratiti uvođenje novih tehnologija. [1]

2. MULTIKRITERIJSKI RAZVOJ MREŽE

Operator distribucijskog sustava (HEP ODS) je u Mrežnim pravilima [2] propisao opća načela planiranja razvoja mreže, te dao kriterije i metodologiju planiranja, kako bi osigurao pravodobnu modernizaciju i održavanje mreže. Razvoj mreže se planira u skladu sa zahtjevima korisnika mreže, koji mogu uvjetovati izgradnju ili pojačanje dijelova distribucijske i prijenosne mreže ili povećanje kapaciteta na sučelju prijenosne i distribucijske mreže.

Operator distribucijskog sustava također prati kvalitetu napona i pouzdanost napajanja, u skladu s odredbama Uvjeta kvalitete opskrbe električnom energijom, te između ostalog na temelju tih rezultata utvrđuje i kategorizira dijelove mreže, koji se uvrštavaju u planove razvoja mreže.

Općenito, razvoj mreže se planira na osnovi podataka o tehničkim parametrima mreže i njenoj starosti, opterećenju mreže i pojedinih jedinica mreže, naponskim prilikama u mreži, gubicima električne energije u mreži, utvrđenim nedostacima i ograničenjima u postojećoj mreži, broju i trajanju prekida u mreži, broju korisnika mreže zahvaćenih prekidom te neisporučenoj električnoj energiji, kvaliteti napona, značajkama potrošnje i proizvodnje postojećih i budućih korisnika mreže te prostornim planovima.

2.1. Desetogodišnji plan razvoja distribucijske mreže (2024. - 2033.)

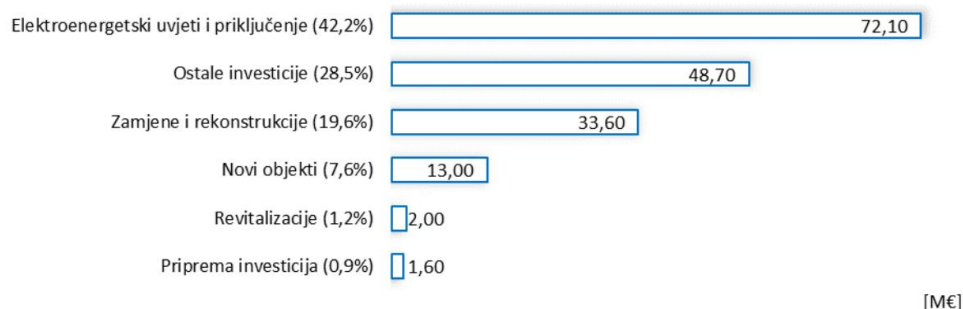
Zakonom o tržištu električne energije [3] propisano je da HEP ODS do kraja rujna tekuće godine podnosi Hrvatskoj energetske regulatornoj agenciji (HERA) na odobravanje prijedlog desetogodišnjeg plana razvoja distribucijske mreže.

U Desetogodišnjem planu razvoja distribucijske mreže 2024. - 2033., s detaljnom razradom za početno trogodišnje i jednogodišnje razdoblje planirana su ukupna ulaganja u razvoj distribucijske mreže u desetogodišnjem razdoblju od 2,42 milijarde eura. [4]

Od toga se na investicije uvjetovane priključenjem novih korisnika na mrežu i povećanjem priključne snage postojećih korisnika odnosi jedna milijarda eura.

Sve veći udio u investicijama HEP ODS-a imaju sufinancirana ulaganja, tj. ulaganja s vanjskim izvorima financiranja iz EU fondova, Nacionalnog plana oporavka i otpornosti (NPOO), Fonda solidarnosti i drugih izvora. Financiranjima iz NPOO u sklopu desetogodišnjeg plana HEP ODS-a obuhvaćena su tri velika projekta: Modernizacija i razvoj napredne mreže, Modernizacija mreže u Natura 2000 područjima i Podmorski kabeli u distribucijskoj mreži za napajanje otoka. Ukupna planirana ulaganja u razvoj distribucijske mreže kroz ta tri projekta u trogodišnjem razdoblju iznose 228,77 milijuna eura. [5]

U 2023. godini je ostvareni iznos investicija iznosio 171 milijuna eura u distribucijsku mrežu. Podjela investicija prema vrsti ulaganja (u nove objekte, zamjene i rekonstrukcije, revitalizacije, elektroenergetske uvjete i priključenja, za pripremu investicija i ostalo) je prikazana na slici 1. u nastavku teksta. [5]



Izvor: HEP ODS, obrada: HERA

Slika 1. Ostvarenje ulaganja u distribucijsku mrežu u 2023. godini po vrsti investicije [5]

3. SIGURNOSTI OPSKRBE

Planiranje razvoja mreže uključuje analizu sigurnosti opskrbe, kojom se određuju nužna minimalna ulaganja za normalni pogon mreže, uvažavajući očekivanu promjenu opterećenja u planskom razdoblju, analizu raspoloživosti mreže prema kriteriju (n-1), analizu pouzdanosti napajanja korisnika mreže te analizu ekonomske opravdanosti ulaganja u mrežu.

Priključna snaga svih elektrana na teritoriju Republike Hrvatske na kraju 2023. godine iznosila je 6.244 MW odnosno 5.402 MW (87 %) na prijenosnoj i 842 MW (13 %) na distribucijskoj razini. Pritom treba istaknuti da je priključna snaga distribuiranih izvora bila veća za 244 MW (41 %) u odnosu na 2022. godinu. Proizvodna postrojenja na distribucijskoj mreži su energijom predanom u mrežu (1.768 GWh) pokrila 9,7% ukupne potrošnje električne energije u hrvatskom EES-u. [5]

Odražavanje **stabilnih naponskih prilika i parametara kvalitete napona**, kao jedan od ciljeva koje je potrebno ostvariti prilikom planiranja mreže, morat će dobivati sve više na važnosti, te će se pri planiranju ovim ciljevima morati na neki način pridijeliti veći težinski faktori.

Analiza naponskih prilika i kvalitete napona je vezana uz predviđanje opterećenja i proizvodnje na mreži koja su izrazito promjenjiva, povezana s brojnim nesigurnostima i promjenama uvjeta (promjena karakteristika/profila tereta korisnika mreže, pojava aktivnih kupaca, brojni inverterski spojeni uređaji, promjena smjera tokova energije, itd.). Uspješno planiranje će zahtijevati sve veći stupanj automatizacije, odnosno predviđanje dijelova mreže za pojačanje i rekonstrukciju (npr. zamjena pojedinih jedinica većima) ili za pojačanje dijelova mreže dodatnom izgradnjom dijelova mreže (npr. izgradnja novog strujnog izvoda sa svrhom prebacivanja dijela korisnika mreže ili interpolacija transformatorskih stanica).

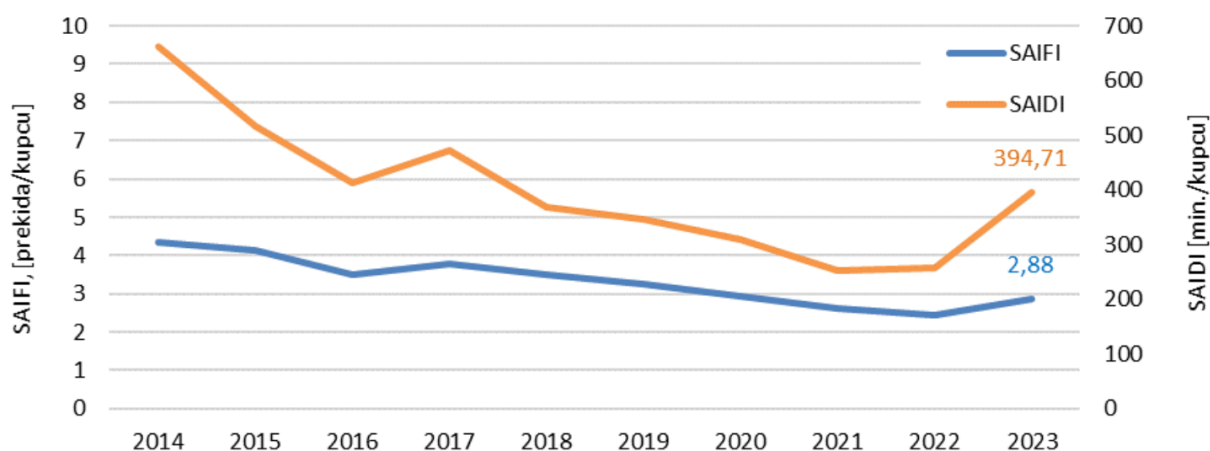
Također, prilikom analize mreža morat će se uzimati u obzir uvođenje fleksibilnosti odnosno odziva potrošnje. Korištenjem pomoćnih usluga može se i poboljšati kvalitete opskrbe te time privremeno odgoditi potreba za izgradnjom i pojačanjem dijelova mreže.

4. KVALITETA NAPONA

Loša kvaliteta napona u mreži (propadi napona, kratkotrajni prekidi, prenaponi i tranzijenti) može dovesti do visokih troškova bilo zbog oštećenja opreme u mreži ili gubitka radnih sati i proizvodnje. Kvaliteta napona mjeri se u pogledu usklađenosti izmjerenih značajki napona na mjestu preuzimanja i/ili predaje električne energije s vrijednostima navedenim u hrvatskoj normi HRN EN 50160. Regulatorna agencija ima važnu ulogu u praćenju i nadzoru kvalitete napona, osiguravanju održavanja razine općih i pojedinačnih pokazatelja kvalitete opskrbe električnom energijom, te rješavanju žalbi i prigovora korisnika mreže na kvalitetu opskrbe električnom energijom.

Pokazatelji pouzdanosti napajanja koji se sustavno prate u distribucijskoj mreži su pokazatelj prosječnog godišnjeg broja prekida po kupcu (SAIFI) i pokazatelj prosječnog ukupnog godišnjeg trajanja

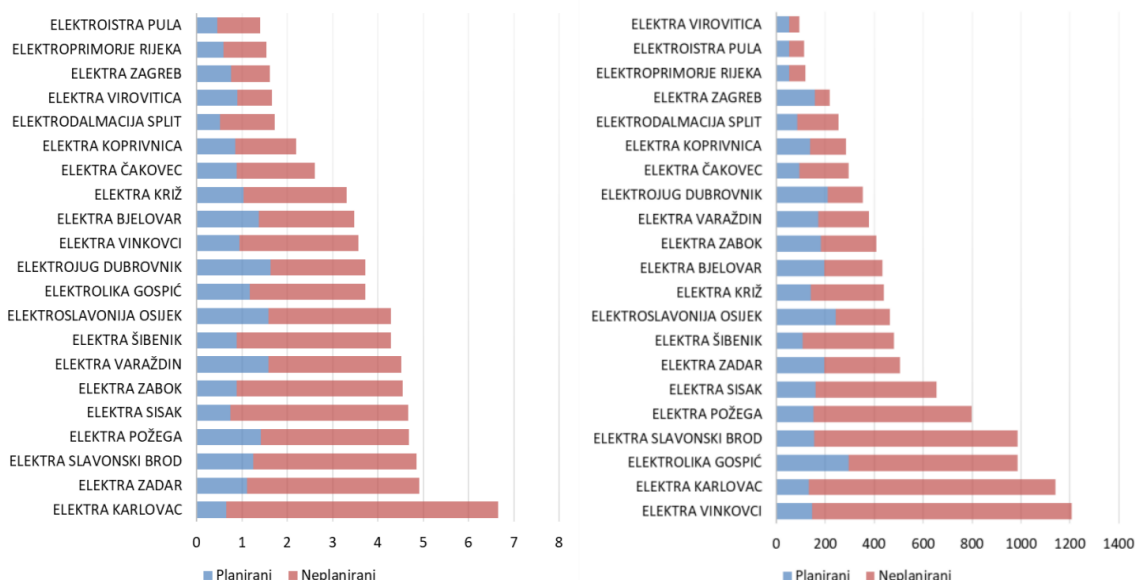
prekida po kupcu (SAIDI). U 2023. godini u mreži HEP ODS-a SAIFI je iznosio 2,9 prekida napajanja po kupcu, od čega se 31 % odnosi na planirane prekide. SAIDI je iznosio 395 minuta po kupcu, od čega se 35 % odnosi na planirane prekide napajanja. Pokazatelji SAIFI i SAIDI u 2023. godini ukazuju na pogoršanje pouzdanosti napajanja u mreži HEP ODS-a. [5]



Izvor: HEP ODS, obrada: HERA

Slika 2. Pokazatelji pouzdanosti [5]

HEP ODS je unaprijedio postojeći sustav praćenja prekida napajanja, međutim, kako bi se pokazatelji SAIDI i SAIFI znatnije poboljšali, u pojedinim distribucijskim područjima potrebno je uvesti dodatni program mjera za poboljšanje pouzdanosti napajanja. Programi uvođenja naprednih mreža i automatizacije mreže trebali bi utjecati na poboljšanje navedenih pokazatelja.



Prosječni godišnji broj prekida napajanja po kupcu – SAIFI

Prosječno godišnje trajanje prekida napajanja po kupcu u minutama – SAIDI

Izvor: HEP ODS, obrada: HERA

Slika 3. Pokazatelji pouzdanosti napajanja u mreži HEP ODS-a po distribucijskim područjima u 2023. godini [5]

Na slici 3. prikazani su pokazatelji pouzdanosti napajanja u mreži HEP ODS-a po distribucijskim područjima u 2023. godini. Jasno je vidljivo da postoje značajne razlike između distribucijskih područja. Najbolji pokazatelji SAIFI i SAIDI su u distribucijskim područjima koji obuhvaćaju veće gradove pa stoga

imaju i pretežito kablirane mreže. Neka distribucijska područja zbog specifične konfiguracije mreže, kao što su dugi nadzemni vodovi, imaju tendenciju slabijeg učinka u pogledu kvalitete opskrbe već duži niz godina. Ulaganje u ova područja stoga treba pažljivo planirati uzimajući u obzir specifičnosti lokalne klime. Do velikog broja i dužeg trajanja prekida, odnosno do lošijih pokazatelja kvalitete, dolazi u pojedinim godinama uslijed posebno loših vremenskih uvjeta odnosno ekstremnih događaja poput potresa, poplava, požara, jakih vjetrova ili ledene kiše.

Na pouzdanost napajanja u HEP ODS-u pristiže mali broj pisanih prigovora, međutim to ne odražava stvarnu situaciju, pogotovo ukoliko se pokazatelji usporede sa drugim državama članicama EU.

U slučaju žalbi na kvalitetu napona HERA se uključuje kao drugostupanjsko tijelo, te traži podatke o vrst i uzrocima problema, dostupnim mjerenjima (može zatražiti i dodatna mjerenja), poduzetim radnjama, te mjerama kojima se pokušava razriješiti problem odnosno dugoročno spriječiti njegovo ponavljanje ili otkloniti pojavu uzroka istog. HERA nastoji identificirati područja u kojima su potrebna poboljšanja kvalitete opskrbe, na primjer područja u kojima je potrebna sanacija loših naponskih prilika i područja koja je potrebna uključiti u trogodišnje planove za sanaciju mreže.

Korisnik mreže može jedanput u kalendarskoj godini podnijeti pisani zahtjev HEP ODS-u, za dostavu izvješća o kvaliteti napona na mjestu preuzimanja i/ili predaje električne energije. [6] HEP ODS, u roku od 30 dana, treba provesti mjerenja te izraditi i otpremiti izvješće korisniku mreže o kvaliteti napona na mjestu preuzimanja i/ili predaje električne energije. Tijekom 2023. godine HEP ODS je zaprimio ukupno 66 pisanih prigovora na kvalitetu napona u distribucijskoj mreži. HEP ODS-u je podneseno ukupno 153 zahtjeva za mjerenje kvalitete napona od čega su 6 bila opravdana, odnosno riješena u korist podnositelja prigovora. [5]

5. UVOĐENJE FLEKSIBILNOSTI

5.1. Pomoćne usluge

S obzirom na rastuće potrebe za fleksibilnošću na razinama distribucije i prijenosa, prilagodbom regulatornog okvira i izmjenama Mrežnih pravila distribucijske mreže omogućeno je uvođenje novih pomoćnih usluga. [3]

U pomoćne usluge koje će korisnici mreže moći pružati operatoru distribucijskog sustava spadaju usluge:

- regulacije napona jalovom snagom,
- regulacije napona djelatnom snagom,
- crni start postrojenja korisnika mreže,
- otočni pogon dijela distribucijske mreže.

Korisnik distribucijske mreže moći će pružati pomoćne usluge operatoru distribucijskog sustava izravno ili putem agregatora, bilo da upravljaju potrošnjom ili proizvodnjom.

Kod uključivanja postrojenja korisnika mreže u planove za uspostavljanje pogona kod crnog starta ili otočnog pogona potrebna je u prvom redu dobra suradnja između operatora distribucijskog i prijenosnog sustava prilikom pružanja usluge. Obnovljivi izvori energije, koji će nuditi pomoćne usluge, morat će biti uključeni u sustave upravljanja i nadzora mreže, te imati mogućnosti regulacije kako bi mogli doprinijeti održavanju frekvencije.

Da bi uvođenje pomoćnih usluga bilo uspješno, digitalizacija sustava nadzora poprima sve veću važnost, kako bi se mogli zaprimati podaci po svim naponskim razinama od VN/SN stanica i po dubini mreže i kako bi se postigla što bolja osmotrivost distribuiranih proizvođača.

U slučaju djelomičnog ili potpunog raspada elektroenergetskog sustava, dakle u slučaju kada prijenosna mreža ili veza sa prijenosnom mrežom nisu dostupne formiranje dijelova distribucijskog sustava u otočnom pogonu, odnosno mikromreža koje mogu nastaviti raditi u izoliranom pogonu, mogu ublažiti posljedice prekida napajanja. S obzirom da bi pokretanje cjelokupne elektroenergetske mreže odjednom bilo vrlo teško, moguće je formirati mikromreže, koje bar lokalno omogućuju održavanje neke kritične infrastrukture i omogućuju dijelovima u otočnom ili izoliranom pogonu izbjegavanje najgorih

posljedica nestanka napajanja i opskrbe. Naročito distribuirani obnovljivi izvori (i spremnici energije) mogu pomoći u formiranju mikromreža zbog njihovog decentraliziranog karaktera, tako da se napajati mogu i pojedini dijelovi naselja ili čak samo jedna kuća. Ukoliko distribuirani izvori imaju mogućnost regulacije frekvencije, otočni pogon dijela mreže se može ostvariti puno brže nego što bi to inače bilo moguće.

Otočni pogon je prema definiciji neovisan pogon cijele mreže ili dijela mreže izdvojene, odnosno izdvojenog pogona, zbog isklopa iz međusobno povezanog sustava s najmanje jednim proizvodnim modulom ili jednim istosmjernim visokonaponskim sustavom (ISVN) koji predaje snagu toj mreži i regulira frekvenciju i napon. Stanje neplaniranog otočnog pogona je potrebno i dalje izbjegavati zbog sigurnosnih razloga.

5.2. Skladišta

Baterijski spremnici koji se instaliraju uz distribuirane izvore energije (npr. male solarne elektrane) mogu se koristiti za rješavanje problema, koji se javljaju zbog povišenja napona najčešće u periodima kada je u mreži tokom ljeta smanjenja potrošnja i povećana potrošnja zbog viših razina insolacije. Problemi s povišenim naponima se često javljaju u ruralnim mrežama koji uzrokuju i isključenje postrojenja, najčešće solarnih sustava, kod aktivnih kupaca, što onda postaje i predmet žalbi i prigovora. Iako su instalirane snage distribuiranih izvora pretežno solarnih sustava na krovovima relativno male (od nekoliko do 20 kW), često nije moguće regulirati napon u mreži, npr. prebacivanjem preklopke transformatora, zbog preniskog napona na krajevima dugačkih strujnih izvoda koji se napajaju iz iste trafostanice. Ovakva rješenja s baterijskim spremnicima energije instaliranim kod korisnika mreže mogu se koristiti kao zamjena za pojačanje mreže na toj lokaciji. [7]

Skladišta energije mogu se koristiti za upravljanje potrošnjom i omogućavaju pomicanje vršnog opterećenja. I u ovom slučaju investicije u mrežu mogu biti odgođene jer se potrebni dodatni raspoloživi kapaciteti. [7]

U trenutku kada će doći do masovnijeg korištenja električnih vozila (obično se to smatra trenutak kada ukupna prodaja pređe 5%, [8]) i potrebe za priključenjem punionica mogu se očekivati problemi s raspoloživim kapacitetima i posljedično lošom kvalitetom napona u trenucima (istodobnog) punjenja pogonskih baterija vozila, pogotovo u „slabijim mrežama“.

Skladišta energije danas zadovoljavaju različite potrebe za industrijsku i komercijalnu primjenu, te zadovoljavaju potrebe arbitraže dnevnih dijagrama opterećenja s izraženim razlikama između vršnih i minimalnih opterećenja, omogućuju upravljanje potrošnjom i pomicanje vršnog opterećenja, služe kao rezervna napajanja, omogućuju trgovinu na spot tržištima i nuđenje pomoćnih usluga sustavu. [7]

Tehnološki razvoj uređaja omogućuje da se kao jedna od metoda upravljanja naponskim zagušenjem može primijeniti i **vremenski upravljiva regulacija napona na razini SN mreže**. To bi značilo promjenu podešenja regulatora, tj. snižavanje podešene vrijednosti, u vrijeme kada se očekuje velika proizvodnje solarnih elektrana, npr. od 10 do 15 sati. [9]

6. POVEĆANJE OTPORNOSTI MREŽE I UVOĐENJE MIKROMREŽA

Svjedočimo da su klimatske promijene dovele do porasta učestalosti ekstremnih vremenskih nepogoda koje su povezane s dugotrajnim prekidima u opskrbi električnom energijom. Stoga je jedan od aspekata koji zahtijeva posebnu pozornost otpornost i brzi oporavak distribucijske mreže nakon kvarova uzrokovanih ekstremnim vremenskim uvjetima ili „višom silom“. To se može postići uzimanjem u obzir procjenu rizika od takvih događaja prilikom planiranja.

Otpornost mreže je sposobnost sustava da prevlada smetnje i postigne brzi oporavak nakon događaja male vjerojatnosti koji imaju veliki utjecaj na sustav.

Otpornost mreže može se poboljšati na dva načina:

- 1) povećanjem otpornosti opreme na stres (infrastrukturna otpornost) ili
- 2) smanjenjem vremena oporavka mreže (pogonska otpornost). [10]

Kako bi se povećala otpornost mreže, svaki operator distribucijskog sustava trebao bi u najmanju ruku procjenjivati rizik od ekstremnih događaja prilikom izrade planova. Kao dio koncepta pametnih mreža prihvaćena je primjena mikromreža u svrhu povećanja otpornosti sustava u cijelosti.

Mikromreže su definirane kao skup međusobno povezanih tereta i distribuiranih izvora energije unutar jasno definirane električne granice koje djeluju kao jedinstveni upravljivi entitet u odnosu na mrežu. Mikromreža se može spajati na i odvajati od elektroenergetske mreže na srednjonaponskom ili niskonaponskom nivou, kako bi se omogućio paralelni rad s distribucijskom mrežom, ili samostalni otočni način rada. Daljnje mogućnosti su u povezivanju i sinkronizaciji nekoliko mikromreža, čime se dodatno povećava otpornost, te pouzdanost i stabilnost mreže. Operator distribucijskog sustava je obično odgovoran za pogon mikromreža, nadzire njihovo međusobno povezivanje i utvrđuje optimalnu razmjenu snage prikupljanjem i integriranjem bitnih informacija, a pritom mora raspolagati pouzdanim informatičkim sustavom za uspješnu razmjenu podataka, upravljanje i nadzor. Posebno pitanje predstavljaju postavke i razrada naprednih metoda zaštite i regulacije. [11]

Skladišta energije kao dio mikromreža mogu stabilizirati napon i frekvenciju i poboljšati kvalitetu električne energije, odnosno mogu pružiti brzi odziv pri promjeni frekvencije. Pri tom mogu pružiti potporu jalovoj snazi, poboljšati kvalitetu napona i osigurati normalan rad opreme.

7. ZAKLJUČAK

Sve veća proizvodnja energije iz distribuiranih izvora ili većih obnovljivih izvora energije priključenih na distribucijsku mrežu dovela je do brojnih promjena i specifičnih problema vezanih uz kvalitetu napona. Kao najčešći problemi zabilježena su lokalna povišenja napona u mreži ili flikeri zbog priključenja solarnih elektrana i reverzibilni tokovi snaga u mreži. Također sve je veći broj uređaja spojen preko invertera na mrežu što utječe na smanjenje rotacijske rezerve.

Potreba za rješavanjem navedenih problema dovodi i do izmjena u regulatornom okviru i tehničkih propisima, te do razvoja i primjene novih tehnologija i tehničkih rješenja. Mrežna pravila distribucijskog sustava prate izmjene relevantnih EU Uredbi i zakonskih propisa, te se tako uvodi i mogućnost nuđenja pomoćnih usluga i fleksibilnosti za sve korisnike mreže koji su za to osposobljeni.

Ubrzane promjene kao posljedica zelene tranzicije dovode i do promjena u planiranju mreža uz sve veću digitalizaciju i automatizaciju pogona. Konkretno, HEP ODS je zadnjih godina pokrenuo brojne programe od naprednih komunikacijskih tehnika do području upravljanja imovinom, vođenja pogona, dijagnostike, prikupljanja pogonskih i mjernih podataka kao korak prema pametnoj distribucijskoj elektroenergetskoj mreži.

8. LITERATURA

- [1] J. Mehmedalic, P. Kjaer Hansen, "Technical And Economic Grid Reinforcement Analysis For The Danish DSO Network", 27th International Conference on Electricity Distribution, Zbornik radova, Rim, Italija, lipanj 2023., 10499
- [2] HEP – Operator distribucijskog sustava d.o.o., Mrežna pravila distribucijskog sustava, Narodne novine, broj 74/18, 52/20.
- [3] Zakon o tržištu električne energije, Narodne novine, broj 111/21.
- [4] HEP – Operator distribucijskog sustava d.o.o., Desetogodišnji plan razvoja distribucijske mreže (2024. - 2033.), s detaljnom razradom za početno trogodišnje i jednogodišnje razdoblje, 2024.
- [5] Hrvatska energetska regulatorna agencija, Godišnje izvješće za 2023. godinu, lipanj 2024.
- [6] Hrvatska energetska regulatorna agencija, Pravilnik o uvjetima kvalitete opskrbe električnom energijom, Narodne novine, broj 84/22.
- [7] M. Žunec, S. Žutobradić, L. Wagmann, S. Hutter, „Spremnici električne energije i planiranje distribucijskog sustava“, 6. (12.) Savjetovanje HO CIRED, Zbornik radova, Opatija, Hrvatska, svibanj 2018., SO5-16.
- [8] T. Randall, „Electric Cars Pass the Tipping Point to Mass Adoption in 31 Countries“, <https://www.bloomberg.com/news/articles/2024-03-28/electric-cars-pass-adoption-tipping-point-in-31-countries>, Bloomberg, objavljeno 28 ožujka 2024. pristupljeno 10. ožujka 2025.

- [9] T. Sinjeri, M. Bolfek, G. Pakasin, „Poboljšanje kvalitete električne energije ugađanjem automatskog regulatora napona 35 kV razine“, 3.(9.) Savjetovanje HO CIRED, Zbornik radova, sveti Martin na Muri, Hrvatska, svibanj 2012., SO3-15.
- [10] E. Ghorbani, M.E Hajiabadi., Samadi, et al.:‘Providing a preventive maintenance strategy for enhancing distribution network resilience based on cost–benefit analysis“, Electrical Engineering, 2023, 1, 979-991.
- [11] M. Hamidieh, M. Ghassemi, „Microgrids and Resilience: A Review“, IEEE Access, vol. 10, listopad 2022, 106059-106080.