

ARHITEKTURA I VOĐENJE MIKROMREŽA KONCEPTI I PRIMJENJIVOST U HRVATSKOJ

Prof.dr.sc. Davor Škrlec
Sveučilište u Zagrebu
Fakultet elektrotehnike i računarstva

Sažetak: *Deregulacija energetskega sektora je omogućila povećanje broja priključenih proizvodnih jedinica u distribucijskim mrežama što zahtjeva nove načine njihovog planiranja, izgradnje i vođenja. Definirane na paradigmi aktivnih razdjelnih mreža, mikromreže su dio niskonaponske distribucijske mreže koji se sastoji od povezanih upravljivih distribuiranih resursa - sve vrste distribuirane proizvodnje uključujući obnovljive izvore energije, upravljiva trošila i spremnike energije. U pravilu je mikromreža preko jednog priključnog čvorišta, najčešće transformatorske stanice x/0,4 kV, priključena na javnu sredjonaponsku distribucijsku mrežu. Zbog toga, mikromreža za javnu distribucijsku mrežu predstavlja jedinstvenu upravljivu potrošnju i proizvodnju uz moguću autonomiju pogona. Određivanje optimalne veličine, vrste i lokacije mikromreža u distribucijskim mrežama ima značaj za korisnika mikromreže i operatora distribucijskog sustava. Za potonjeg, mikromreže su važne zbog predviđanja opterećenja i planiranja investicijskih ulaganja u pojačanje i izgradnju distribucijske mreže. Za korisnike mikromreže, upravljanje proizvodnjom i dobavom električne energije, uz druge mjere energetske efikasnosti, predstavlja poslovni izazov. Potpuna integracija mikromreža zahtjeva određivanje uvjeta priključivanja na javnu distribucijsku mrežu, razmjenu podataka, komunikacija i sustava vođenja, kao i određivanje zakonodavnog okvira, te odnosa između poslovnih subjekata. U radu će naglasak biti na koncepte struktura mikromreža i razvoj novih DMS funkcija prema Tehnologijskoj platformi SmartGrids i rezultatima Okvirnih istraživačkih i demonstracijskih programa EU, te njihovu primjenjivost u distribucijskim mrežama u Hrvatskoj.*

Ključne riječi: *mikromreža, aktivna distribucijska mreža, distribuirana proizvodnja, obnovljivi izvori, upravljiva trošila, spremnici energije, vođenje pogona mikromreže*

1. UVOD

U Hrvatskoj je još uvijek zastupljen centralizirani način proizvodnje električne energije u velikim elektranama koje su priključene na prienosnu mrežu, najčešće na naponsku razinu 110 kV. Distribucijska mreža je prema novim definicijama struke pasivnog karaktera, bez priključenih izvora i karakterističnog pogona s jednosmjernim tokom energije iz nadređene prienosne mreže. U slučaju poremećaja u elektroenergetskom sustavu koji zahtijevaju smanjenje potrošnje kako bi se održala stabilnost frekvencije, osim u specijalnim slučajevima, ne postoji kategorizacija korisnika mreže – kupaca odnosno potrošača te većina njih ostaje bez napajanja električnom energijom u kraćem ili dužem vremenskom periodu.

Potrošači koji zbog svojih potreba zahtijevaju veću raspoloživost odnosno neprekidnost napajanja najčešće koriste neke od konfiguracija sustava pričuvnog napajanja. Ovisno o karakteristikama potrošnje i zahtjevima za trajanje autonomnog rada, te konfiguracije se sastoje od sustava za neprekidno napajanje (eng. UPS) koji kao spremnike energije imaju akumulatorske baterije ili u modernijim i skupljim sustavima kinetičke zamašnjake (eng. flywheel). Za ostvarivanje duže autonomije rada ili opskrbe većeg broj trošila takvim sustavima se pridružuju dizel-agregati ili neke druge tehnologije koje koriste neki oblik obnovljive energije (fotonaponski sustavi, mikro vjetroagregati, gorivni članci, itd.). Neki gospodarski subjekti (npr. hoteli, bolnice, itd.) nadogradnjom s procesno-informacijskim sustavom takve sustave za pričuveno napajanje koriste za nadzor vršnog opterećenja. Osim što su takvi sustavi redovno priključeni na naponskoj razini 0,4 kV u osnovnim principima zapravo dijele filozofiju mikromreža.

Termin mikromreža se u literaturi sve češće pronalazi u kontekstu distribuirane proizvodnje električne energije. Općenito se pod tim pojmom podrazumijeva skup trošila, proizvodnih jedinica i spremnika energije koji su međusobno povezani u lokalnoj mreži koja je preko zajedničkog priključnog čvorišta spojena na javnu distribucijsku mrežu i ima mogućnost autonomnog odnosno otočnog rada.

Trend priključivanja distribuirane proizvodnje na sredjonaponsku i niskonaponsku mrežu postaje sve izraženiji i u Hrvatskoj, pa se u skoroj budućnosti može očekivati i pojavljivanje mikromreža kao što je trenutačno stanje i trend u EU. Kako se priključivanjem izvora distribucijska mreža transformira iz pasivne u aktivnu mrežnu strukturu, preuzimanje energije iz prijenosne mreže se može značajno smanjiti ili se u slučaju viška proizvodnje, energija iz distribucijske mreže isporučuje u prijenosnu mrežu.

Mikromreže u načinu vođenja, nažalost dijele sudbinu cjelokupne distribuirane proizvodnje, te se u prijelaznim stanjima odspoje s distribucijske mreže, jer otočni način rada još uvijek nije dozvoljen u većini država. Mogućnosti distribuirane proizvodnje i mikromreža u potpori mreži i davanju pomoćnih usluga sustavu su sigurno velike i s porastom udjela u ukupnoj proizvodnji električne energije će u budućnosti imati sve veću važnost.

2. DISTRIBUIRANA PROIZVODNJA I KONCEPT MIKROMREŽA

2.1. Distribuirana proizvodnja i aktivna distribucijska mreža

Iako su poznate prednosti tradicionalne centralizirane proizvodnje električne energije, a prema [1] potrošnja električne energije u svijetu do 2050. godine će se utrostručiti, sigurnost napajanja elektroenergetskih sustava diljem svijeta izložena je mnogim utjecajima od kojih se mogu, kao važniji, izdvojiti dostupnost i upotrebljivost osnovnih energenata današnjice – fosilnih goriva, niska energetska efikasnost i zaštita okoliša. Dodatni utjecaj ima i razvojna energetska politika Europe koja na liberaliziranom tržištu promovira razvoj proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora, uz dodatno smanjenje emisije stakleničkih plinova od strane elektroenergetskog sustava. Danas se, iz obnovljivih izvora u svijetu, dobiva oko 1% energije, a pretpostavlja se da će se taj broj udvostručavati svake tri godine [1]. Do 2020. godine Europska unija planira oko 20% električne energije dobivati iz obnovljivih izvora energije [2, 4].

Osnovne zajedničke karakteristike distribuirane proizvodnje koje se mogu univerzalno primijeniti za svaku državu su:

1. Izgradnja distribuirane proizvodnje nije centralizirano planirana od operatora distribucijskog sustava
2. Ne postoji centralizirano vođenje distribuirane proizvodnje
3. Snaga distribuirane proizvodnje je manja od 50 MW

4. Proizvodne jedinice su uvijek priključene na distribucijsku mrežu od naponske razine 0,4 kV do čvorišta 110 kV.

Sljedeće tehničke, ekonomske i po okoliš prepoznate koristi uzrokuju kontinuirani razvoj i porast priključaka distribuirane proizvodnje:

1. Porast potrošnje električne energije, zatvaranje zastarjelih velikih elektrana na fosilna goriva te zbog zaštite okoliša otežani uvjeti za izgradnju novih velikih elektrana na fosilna goriva, ali i nuklearnih elektrana, uzrok su povećanog interesa u mnogim državama za alternativnim rješenjima kao što su distribuirana proizvodnja i obnovljivi izvori energije.
2. Kontinuirani pritisak za smanjenje emisije CO₂ i stakleničkih plinova koji je rezultirao strogim propisima o zaštiti okoliša u mnogim zemljama favorizira distribuiranu proizvodnju koja je razvojem tehnologije smanjila negativni utjecaj na okoliš.
3. Distribuirana proizvodnja postavlja bolji okvir za primjenu kogeneracije (eng. CHP) i trigeneracije jer se otpadna toplina može iskoristiti za industrijsku/komercijalnu/kućnu primjenu. To značajno povećava energetska efikasnost male elektrane i smanjuje toplinsko zagađenje okoliša.
4. Distribuirana proizvodnja je karakterizirana proizvodnim jedinicama manje snage, modularnog tipa, koje su prostorno raspršene i redovito smještene blizu mjesta potrošnje. Takvim pristupom se smanjuju gubici u prijenosu i transformaciji električne energije. Ako su pored toga i kogeneracijska postrojenja, tehnička i ekonomska opravdanost je još više izražena, jer se ne moraju graditi dugi i skupi toplovođi i smanjuju se gubici toplinske energije u transportu, odnosno smanjuje se toplinsko zagađenje okoliša.
5. Mogućnost povezivanja malih distribuiranih izvora u mikromrežu, te dodavanje upravljivih trošila i spremnika energije uz primjenu informacijsko-komunikacijske tehnologije omogućava fleksibilnost vođenja mikromreže i distribucijskog sustava.
6. Paralelni rad s mrežom ili otočni rad mikromreže pomaže u unaprijeđenju kvalitete opskrbe električnom energijom i raspoloživosti opskrbe. U okruženju liberaliziranog tržišta električnom energijom distribuirana proizvodnja ima povoljnih prilika za masovniju integraciju u distribucijsku mrežu i ostvarivanja dobrih financijskih rezultata.

Priključivanjem distribuirane proizvodnje mijenjaju se tokovi snage unutar distribucijske mreže koja iz jednosmjernog prijenosa postaje dvosmjerni prijenos električne energije i na taj način transformira pasivnu distribucijsku mrežu u aktivnu distribucijsku mrežu. Za uspješno provođenje te tranzicije, zemlje u razvoju se više moraju fokusirati na izgradnju i razvoj nove infrastrukture, dok razvijene zemlje više imaju tehničke i ekonomske izazove za transformaciju distribucijske mreže.

Dosadašnja strategija priključivanja distribuirane proizvodnje bez mogućnosti njezinog nadzora, poznata pod nazivom „fit-and-forget“ se nakon većeg broja ostvarenih priključaka pokazala kao problematična za vođenje distribucijske mreže. Promjena koju je potrebno napraviti pretpostavlja razvoj novog sustava za vođenje distribucijske mreže, koji bi postojeći sustav daljinskog vođenja mreže proširio funkcijama upravljanja svim distribuiranim resursima što podrazumijeva proizvodne jedinice, upravljiva trošila i spremnike energije, ali i mikromreže kao neovisne dijelove unutar distribucijske mreže. Iako postoje znanja i tehnologije kojima se postavljeni zahtjevi mogu realizirati kako bi se primijenila fleksibilna i inteligentna kontrola i vođenje potrebna su dodatna istraživanja u područjima:

- a. Aktivne kontrole šireg područja mreže (eng. wide area active control)
- b. Adaptivne zaštite i vođenja

- c. Naprednih uređaja za upravljanje u mreži
- d. Simulacija u realnom vremenu
- e. Naprednih senzora i mjerenja
- f. Distribuiranih komunikacijskih tehnologija
- g. Inteligentnih metoda
- h. Novog dizajna prijenosne i distribucijske mreže

2.2. Koncept i strukture mikromreža

U osnovi je mikromreža primjer aktivne distribucijske mreže u smanjenoj veličini. Osnovni opis je već prikazan u prethodnim poglavljima, međutim s pogonskog gledišta svi distribuirani resursi moraju biti opremljeni sa sučeljem i kontrolama energetske elektronike (eng. PEI – power electronic interface) kako bi se ostvarila fleksibilnost pogona kao jedne jedinstvene cjeline, održala zahtijevana kvaliteta električne energije i zahtijevana proizvodnja snage. Upravo takav pristup vođenja mikromreže omogućava da je u sustavu vođenja distribucijske mreže prepoznatljiva kao jedan upravljivi resurs koji može u određenim granicama zadovoljiti zahtjeve raspoloživosti i sigurnosti opskrbe energijom lokalnog dijela mreže.

Ključne razlike između mikromreže i konvencionalne elektrane su sljedeće:

1. Izvori u mikromreži su znatno manje snage od generatora u konvencionalnoj elektrani.
2. Energija koja se proizvede na razini distribucijskog napona 0,4 kV se bez transformacije predaje u distribucijsku mrežu 0,4 kV. Tek se višak proizvodnje ovisno o tehničkom rješenju priključka mikromreže treba transformirati na distribucijsku višu naponsku razinu 10(20) kV.
3. Izvori u mikromreži su instalirani uz lokaciju potrošnje električne i/ili toplinske energije. Zbog toga je isporučena električna energija uvijek zadovoljavajućeg iznosa napona i frekvencije bez gubitaka u prijenosu i transformaciji električne energije, i toplinskog zagađenja okoliša.

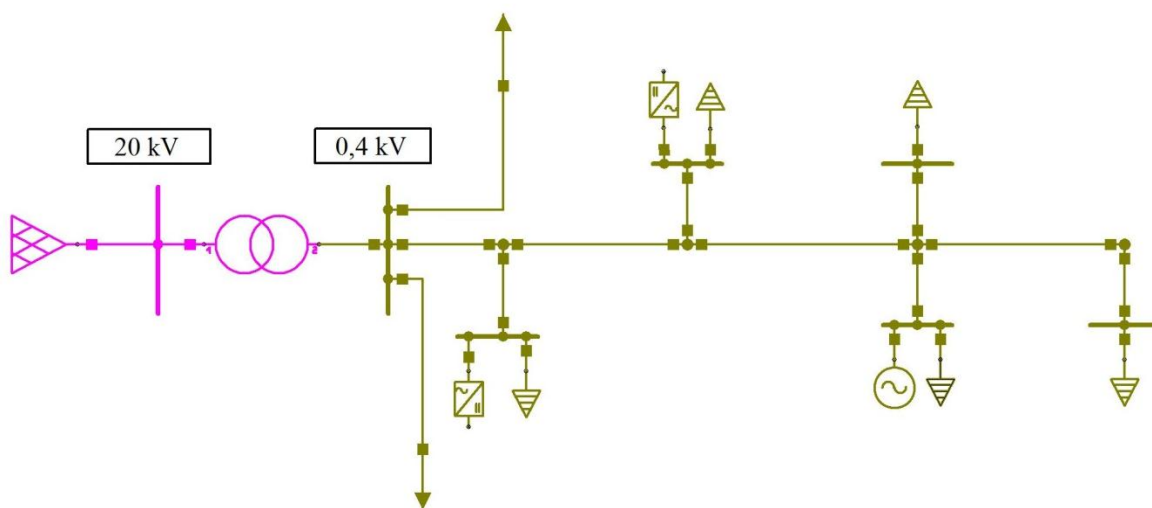
Ovisno o lokaciji u distribucijskoj mreži, načinu priključka, vlasništva i svrsi razlikuju se u praksi tri strukture mikromreža:

1. Distribucijska mikromreža
2. Poslovno-industrijska mikromreža
3. Autonomna mikromreža

Distribucijska mikromreža je struktura koju čini izdvojeni distribucijski vod na kojem su priključeni distribuirani izvori i trošila. Za ovu strukturu je karakteristično da se može pojaviti na naponskoj razini 0,4 kV i na naponskoj razini 10 (20) kV. Dok se primjena na naponskoj razini 0,4 kV može smatrati klasičnim primjerom mikromreže, kod naponske razine 10(20) kV može doći do identificiranja s drugim načinom realizacije aktivne distribucijske mreže – virtualnom elektranom [4]. Struktura mikromreže na 10(20) kV se ipak ne može postaviti u kategoriju virtualne elektrane, jer je za taj oblik aktivnog vođenja distribucijske mreže glavna karakteristika veća prostorna raspršenost distribuiranih izvora i njihova veća pojedinačna snaga. Kako je mikromreža realizirana na infrastrukturi javne distribucijske mreže vlasništvo je operatora distribucijskog sustava koji je ujedno nadležan i za njezino vođenje.

Distribuirani izvori u distribucijskoj mikromreži nisu u vlasništvu operatora distribucijskog sustava i koji nije nadležan za njihovo planiranje, ali je nadležan za njihovo upravljanje. Karakteristični izvori u ovoj strukturi mikromreže su male i mikro hidroelektrane, vjetroagregati, fotonaponski sustavi, elektrane na biomasu, deponijski plin i biogoriva (biodizel, bioplina, etanol). Kako su distribuirani izvori priključeni unutar distribucijske mreže u blizini lokacija potrošnje električne energije, mogu uspješno pratiti povećanje

potražnje povećanjem proizvodnje električne energije i na taj način smanjivanjem zagušenja utjecati na povoljniji rad nadređene distribucijske ili prijenosne mreže. Regulacijom proizvodnje jalove energije distribucijska mikromreža može ponuditi pomoćne usluge sustavu održavanjem povoljnih naponskih prilika u mreži što kao posljedicu ima održavanje zahtijevane kvalitete električne energije – napona. U pogonu se ova struktura mreže može odvojiti od ostatka distribucijske mreže i raditi u otočnom načinu rada za unaprijed definirani i koordinirani vremenski period. U tom vremenskom periodu se može osigurati napajanje svih ili dijela trošila ovisno o instaliranoj snazi distribuiranih izvora i upravljivih trošila. Struktura je primjenjiva i na urbana i na ruralna područja. Primjeri pilot projekata distribucijske mikromreže u EU dostupni su na [8], dok je primjena u Hrvatskoj teorijski moguća u svim vodovima distribucijske mreže bez značajnijih ulaganja u infrastrukturu mrežu, ali je potrebna nadogradnja sustava vođenja kako bi dostigli željenu funkciju vođenja aktivne distribucijske mreže.



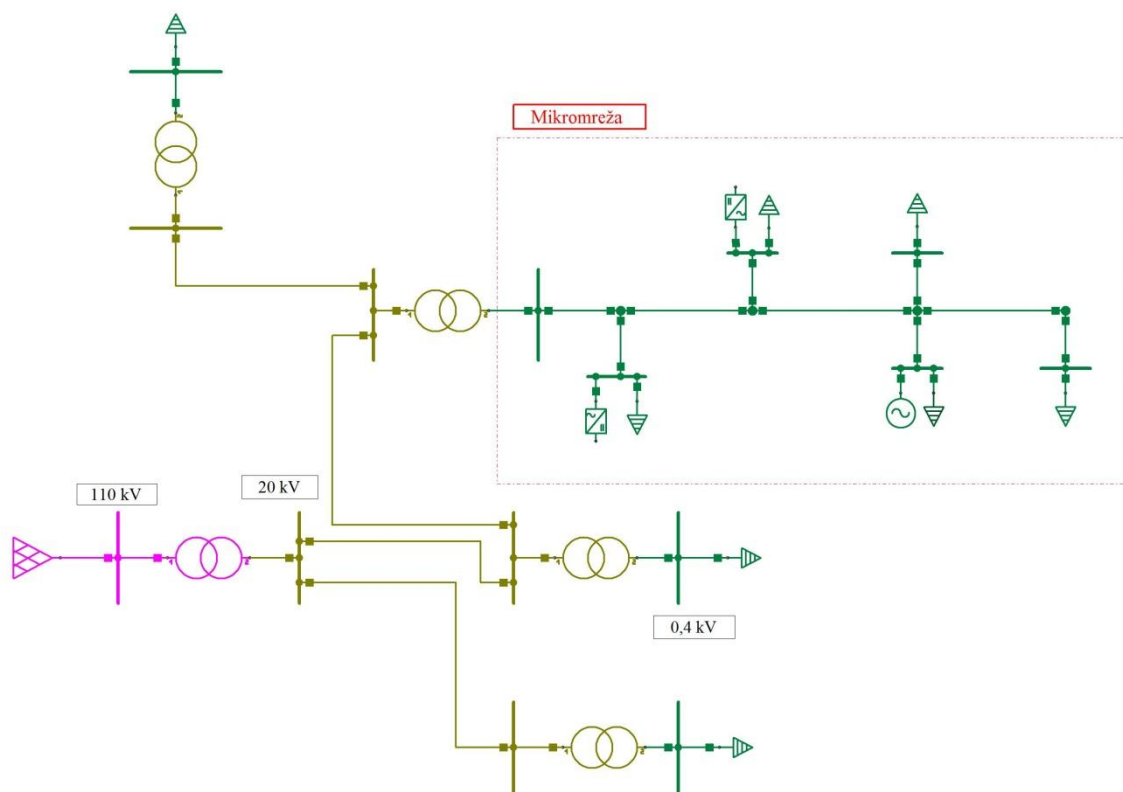
Slika 1. Primjer distribucijske mikromreže na naponskoj razini 0,4 kV

Poslovno-industrijska struktura mikromreže očekivano je najčešća struktura mikromreže i isključivo se pojavljuje na naponskoj razini 0,4 kV. Poslovni i industrijski korisnici mreže definiraju se kao važni ili osjetljivi potrošači koji zahtijevaju visoku raspoloživost i kvalitetu električne energije. Tipični primjeri su računalni centri i sveučilišni kampusi, trgovački centri, industrijski objekti, poslovne, poduzetničke i bescarinske zone, a posebnu potkategoriju čine stambena naselja ili stambene zone u urbanim ili ruralnim područjima. U ovakvoj strukturi mikromreže najprihvatljiviji su distribuirani izvori koji koriste obnovljive izvore energije (npr. fotonaponski sustavi, mini vjetroagregati) i mogu se integrirati u arhitekturu poslovnih ili stambenih objekata, te kogeneracija (npr. mikroturbine, Stirlingovi strojevi, itd.) čime se povećava energetska efikasnost i smanjuju gubici električne i toplinske energije.

U vođenju poslovno-industrijske strukture mikromreže veliki značaj imaju upravljiva trošila i spremnici energije koji se mogu razvrstati u grupe, ovisno o snazi i važnosti.

Poslovno-industrijska mikromreža može raditi u otočnom načinu rada u slučajevima kvara ili održavanja u sredjonaponskoj distribucijskoj mreži na koju je priključena, periodima narušene kvalitete u sredjonaponskoj mreži ili visoke cijene električne energije na tržištu. Mogućnost optimiranja rada distribuiranih izvora unutar mikromreže predstavlja poslovni izazov za vlasnike distribuiranih izvora i vlasnika mikromreže, ovisno o promjenama cijene električne energije na tržištu i proizvodne cijene iz

distribuiranih izvora unutar mikromreže. U [9] je opisana moguća primjena ove strukture mikromreže u Hrvatskoj na dva primjera – Sveučilišni kampus u Rijeci na Trsatu i industrijskoj zoni Kukuljanovo.



Slika 2. Primjer poslovno-industrijske mikromreže na naponskoj razini 0,4 kV

Autonomna mikromreža je struktura uobičajena za opskrbu energijom korisnika u udaljenim područjima gdje nije izgrađena elektroenergetska mreža ili postoje prepreke za ulaganja u njezino pojačanje kako bi se zadovoljile povremene ili sezonske potrebe za povećanom potražnjom odnosno povećala raspoloživost. U zemljama u razvoju ovom strukturom se rješava elektrifikacija udaljenih ruralnih naselja i otoka. Osnovna karakteristika autonomne mikromreže je da izvori energije moraju u potpunosti pokriti sve zahtjeve za potrošnjom, kako električne tako i toplinske energije. Uobičajeno rješenje je postojanje centraliziranog upravljačkog sustava koji kontrolira napon i frekvenciju u mreži, te uravnotežuje proizvodnju i potrošnju. Okosnicu za proizvodnju električne energije čini jedan ili više izvora koji koristi fosilna goriva (nafta, plin) ili raspoloživa biogoriva (biodizel, bioplina) – najčešće su to motori s unutarnjim izgaranjem (dizel ili plin) s uparenim sinkronim generatorom, te ovisno o geografskim karakteristikama udaljenih područja te raspoloživim obnovljivim izvorima energije, ostale prikladne tehnologije. Radi ostvarenja kontinuiranosti napajanja nužno je korištenje i spremnika energije. Metode koje se koriste za ostvarenje stabilnosti sustava autonomne mikromreže temelje se na korištenju izvora energije različitih vrsta i veličina, korištenju optimalno dimenzioniranih spremnika energije te definiranju trošila prema prioritetima, sve uz napredni sustav upravljanja [5]. U Hrvatskoj postoje lokacije gdje bi se ova struktura mikromreže mogla primijeniti (npr. udaljeni planinarski domovi, povremena naseljenost na otocima), ali će vjerojatno biti rijetko zastupljene.

3. KONFIGURACIJA I VOĐENJE MIKROMREŽE

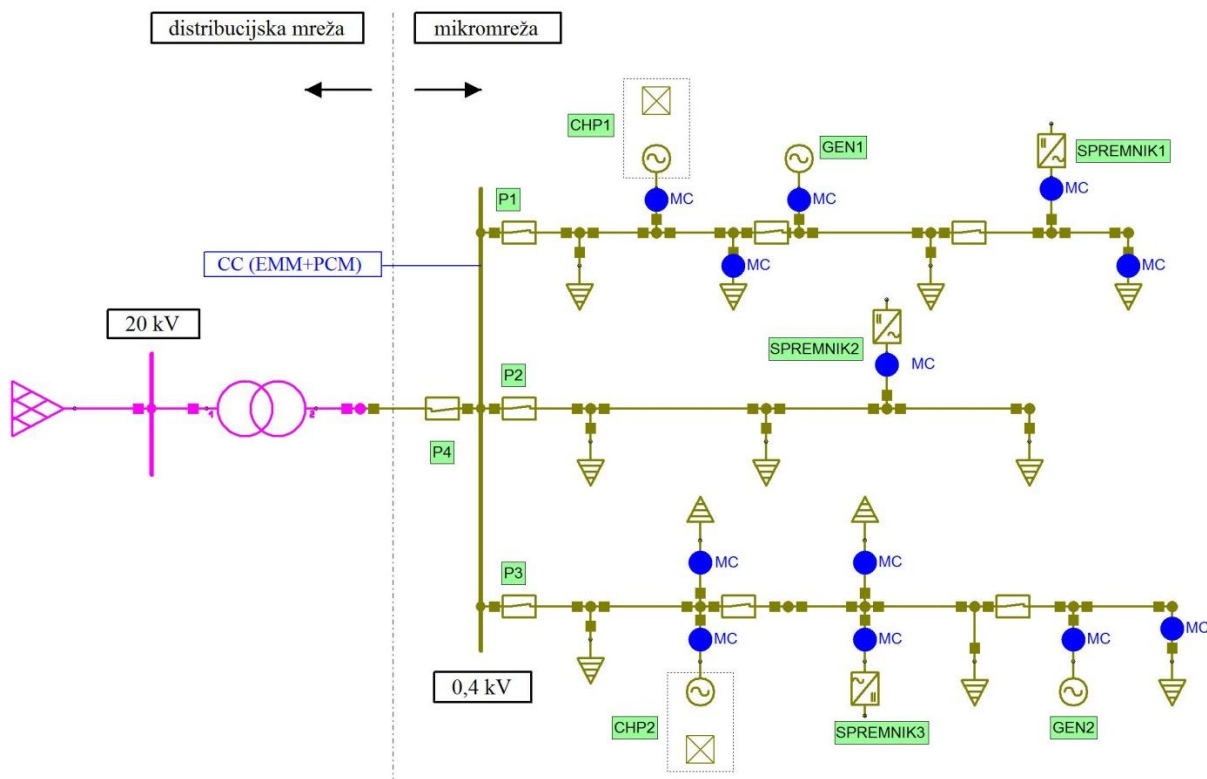
3.1. Tipska konfiguracija mikromreže

Mikromreže su još uvijek u razvojnoj fazi i izgrađeni pilot projekti [8,13] ukazuju da se zbog specifičnosti distribucijskih mreža u državama EU vrlo teško može definirati/propisati tipska ili generička konfiguracija mikromreže. U [10] je predložena jedna takva tipska konfiguracija koja na prihvatljiv način prikazuje moguću konfiguraciju poslovno-industrijske mreže i načine njezinog vođenja pa se u ovom radu koristi prilagođen model za Hrvatske prilike.

Tipična konfiguracija mikromreže prema tom modelu sadrži električna i toplinska trošila, distribuirane mikro izvore i spremnike energije te je prikazana na slici 3.

Pretpostavka je da su kod prostornog smještaja, proizvodnja i potrošnja električne, a pogotovo toplinske energije međusobno blizu kako bi se realizirala pretpostavljena prednost mikromreža glede smanjivanja gubitaka u prijenosu električne i toplinske energije.

Za sve distribuirane izvore i spremnike energije pretpostavljeno je da imaju ugrađene napredne elektroničke uređaje – PEI, koji omogućuju funkcije mjerenja, upravljanja i zaštite za vrijeme paralelnog i otočnog načina rada. Dio trošila u mreži ima ugrađene elektroničke uređaje koji omogućavaju promjenu snage (kontinuirano ili diskretno). Svi ti uređaji trebaju pomoći da se pogonska stanja mikromreže mogu mijenjati bez primjetnih pojava kod korisnika mreže.



Slika 3. Tipična konfiguracija mikromreže

Razmatrana konfiguracija mikromreže sastoji se od tri radjalna voda (A, B i C). Na vodu A i C priključeni su distribuirani mikro izvori – za proizvodnju električne energije i kombiniranu proizvodnju električne i toplinske energije – CHP, odnosno kogeneracija. Na sva tri voda priključeni su spremnici energije. Distribuirani mikro izvori, spremnici energije i upravljiva trošila imaju mogućnost upravljanja pomoću ugrađenih kontrolera. Na vod A i C dio priključenih trošila je u kategoriji važnih i zahtjeva neprekidnost napajanja, dok su na vod B priključena samo trošila koja su u kategoriji nevažnih.

Mikromreža je na sredjonaponsku distribucijsku mrežu priključena preko zajedničke sabirnice odnosno prekidača P4 kao zajedničkog priključnog čvorišta (PCC) na niskonaponsku stranu distribucijskog transformatora 10(20)/0,4 kV. Na početku svakog voda nalazi se prekidač za odvajanje. Pretpostavka je da je prostorni raspored mikro izvora priključenih na vodove A i C takav da se smanjuju gubici električne energije u vodu, da je duž cijelog voda zadovoljavajući naponski profil i da je optimalna iskorištenost toplinske energije.

3.2. Princip vođenja tipske konfiguracije mikromreže

Prema opisu poslovno-industrijske mreže u poglavlju 2.2, predviđena su dva pogonska stanja: paralelni rad i otočni rad mikromreže.

U paralelnom radu s mrežom moguće je predvidjeti scenarije da će sva tri voda ili najmanje jedan ostati u pogonu i da je pri tom moguća dvosmjerna razmjena energije između distribucijske mreže i mikromreže. Takav pogon mreže uz izvore priključene duž radjalnih vodova zahtjeva kompleksne algoritme upravljanja kako bi se zadržao željeni profil napona na svim radjalnim vodovima i kontrolirali tokovi snaga unutar mikromreže.

Ako se u distribucijskoj mreži dogodi poremećaj mikromreža prelazi u otočni način rada kako bi se zadržalo napajanje njezinih trošila. Pri tom se može razmatrati nekoliko scenarija ovisno o trenutnoj potrošnji, mogućoj proizvodnji i zahtjevima za neprekidnost napajanja važnih trošila. Prema najjednostavnijem scenariju, isklapanjem prekidača P4 cijela mikromreža se odvaja od distribucijske mreže, te se centralnom kontroleru prepušta održavanje stabilnosti rada mikromreže u otočnom radu uz uvjet napajanja svih trošila u vodovima A, B i C.

Ako je moguća proizvodnja i zalihe u spremnicima energije manja od trenutne potrošnje mora se primijeniti stroži scenarij u kojem se isklapaju prekidači P1 i P3 te se izolira proizvodnja i potrošnja u vodovima A i C gdje se nalaze kritična trošila, dok se nevažna trošila u vodu B ostavljaju priključena na zajedničke sabirnice. Ovisno o vrsti poremećaja koji se dogodio u distribucijskoj mreži, spremnik energije u vodu B se može zadržati u funkciji potpori trošilima za vrijeme prolaska kroz stanje kvara, ili se zbog prorade zaštite isključuje, te trošila u vodu B sigurno ostaju bez napajanja.

Za funkciju optimalnog vođenja mikromreže zadužen je centralni kontroler mikromreže (CC) koji je fizički smješten u prostoru distribucijske transformatorske stanice ili se nalazi poput razvoda javne rasvjete u posebnom ormariću s vanjske strane zida transformatorske stanice. Smještaj je uvjetovan vlasništvom i dozvolama ulaska u unutarnji prostor transformatorske stanice.

U paralelnom radu s mrežom centralni kontroler mikromreže (CC) ima sljedeće funkcije:

1. Nadzor rada mikromreže prikupljanjem informacija od kontrolera koji su pridruženi mikro izvorima, upravljivim trošilima i spremnicima energije.
2. Na temelju prikupljenih podataka provodi estimaciju stanja i procjenu sigurnosti, ekonomični angažman mikro izvora, proizvodnju radne i jalove snage i upravlja trošilima.
3. Osigurava razmjenu energije s distribucijskom mrežom prema prethodno ugovorenim obvezama.

U otočnom radu centralni kontroler mikromreže (CC) ima sljedeće funkcije:

1. Upravlja proizvodnjom radne i jalove snage u mikro izvorima kako bi se održala stabilnost napona i frekvencije u mikromreži.

2. Primjenjuje strategije upravljanja trošilima i spremnicima energije za balansiranje proizvodnje i napona.
3. Pokreće „crni“ start mikro izvora kako bi se osigurao kontinuitet usluge napajanja trošila i povećala raspoloživost mikromreže.
4. Sinkronizacija mikromreže iz otočnog u paralelni rad s distribucijskom mrežom nakon restauracije distribucijske mreže bez ugrožavanja stabilnosti obje mreže.

Sve funkcije vođenja i zaštite mikromreže centralni kontroler provodi pomoću mikrokontrolera koji su pridruženi uz svaki mikro izvor, upravljiva trošila i spremnike energije. Glavna svrha njegovog rada je da održava napon i frekvenciju na priključnom mjestu trošila prema (P-f) karakteristici i provodi kontrolu napona, te da osigura optimalnu raspodjelu energije u mikromreži. Koordinacijom rada mikrokontrolera obavlja koordinaciju zaštite, te definira postavne vrijednosti napona i razmjene snage za sve mikrokontrolere. Komunikacija između centralnog kontrolera i mikrokontrolera realizira se posebnim komunikacijskim vezama za koje se koristi najnovija tehnologija koja omogućava siguran i brz prijenos podataka. Rad centralnog kontrolera je potpuno automatiziran uz mogućnost ručne intervencije od strane operatera. Konfiguracija centralnog kontrolera je modularna tako da se može po potrebi nadograđivati, a minimalna konfiguracija se sastoji od dva modula: energetskeg modula (EMM – eng. Energy Management Module) i modula za koordinaciju zaštite (PCM – eng. Protection Co-ordination Module).

Energetski modul (EMM) postavlja za svaki mikrokontroler vrijednosti radne i jalove snage, napona i frekvencije, optimira rad cjelokupne mikromreže i svakog pojedinog mikro izvora kako bi se minimizirali gubici i postigla što veća efikasnost.

Modul za koordinaciju zaštite mora osigurati ispravnu zaštitu mikromreže za scenarije kvarova unutar mikromreže, kvarova u distribucijskoj mreži koji mogu utjecati na mikromrežu i potpunog gubitka distribucijske mreže (LOG – eng. Loss of Grid). Uz primjenu inteligentnih i adaptivnih metoda ovaj modul mora osigurati promjene dozvoljenih struja kratkog spoja kod promjene pogonskog stanja mikromreže iz paralelnog u otočni način rada, te selektivnom zaštitom sekcioniranjem unutar mikromreže osigurati napajanje važnih trošila.

ZAKLJUČAK:

Mikromreže su jedan od alternativnih načina opskrbe električnom energijom na razini distribucijske mreže integriranjem mikro i mini izvora u niskonaponske i sredjonaponske distribucijske mreže. One omogućavaju istovremenu proizvodnju električne i toplinske energije koja se može isporučivati lokalnim potrošačima te se na taj način smanjuju gubici u prijenosu i distribuciji električne energije i smanjuje toplinsko zagađenje okoliša. Zbog inteligentnih kontrolera integracija distribuiranih resursa u mikromreži je povoljnija za stabilnost i sigurnost distribucijske mreže od tradicionalnog pristupa priključivanja pojedinačnih distribuiranih izvora po principu „fit-and-forget“. Mogućnost paralelnog i otočnog rada mikromreža značajno povećava raspoloživost napajanja potrošača u mikromrežama što ih čini posebno atraktivnima za primjenu u poslovno-industrijskim i stambenim zonama.

Zbog sljedećih prednosti je razvoj mikromreža interesantan i obećavajući za elektroindustriju:

1. Posljedice na zaštitu okoliša – manji utjecaj na okolinu od velikih elektrana, smanjena emisija CO₂ i stakleničkih plinova, ali i povećanje svijesti potrošača o utjecaju proizvodnje električne energije na okoliš.
2. Posljedice na pogonska stanja i investicije – povoljni utjecaj na naponske prilike, smanjenja zagušenja u nadređenoj mreži, smanjenje gubitaka u prijenosu cca. 3%, smanjenje ili odgađanje investicije u pojačanje ili izgradnju mreže.

3. Kvaliteta električne energije – decentralizirana opskrba koja bolje pristaje zahtjevima potražnje, smanjenje utjecaja ispada većih elektrana, povećana raspoloživost.
4. Smanjenje troškova – bolje iskorištenje goriva u slučaju kogeneracija.
5. Tržište električnom energijom – mogućnost pružanja pomoćnih usluga sustavu, sudjelovanje izvora manje snage na tržištu, dugotrajni utjecaj na smanjenje cijene električne energije za potrošače u mikromreži.

Unatoč očiglednim prednostima mikromreža još uvijek postoje određeni izazovi i prepreke većoj primjeni:

1. Relativno visoki troškovi distribuiranih resursa te je isplativost trenutačno moguća samo kroz poticaje.
2. Tehničke prepreke u komunikacijskom dijelu mikromreža zbog toga što komunikacijski standardi (npr. IEC 61850) još uvijek nisu prilagođeni potrebama mikromreža i aktivnih distribucijskih mreža.
3. Nedostatak standarda koji bi regulirao područja utjecaja pojedinih tehnologija na kvalitetu električne energije, priključka distribuiranih resursa i zaštite.
4. Administrativne prepreke, jer u mnogim zemljama nije reguliran pogon mikromreža

Neupitno je da mikromreže kao aktivne niskonaponske i srednjonaponske mreže imaju značajan potencijal u povećanju efikasnosti pogona i povećanju raspoloživosti i kvaliteti opskrbe potrošača, međutim da bi ušle u širu primjenu treba još uvijek riješiti određeni broj tehničkih ograničenja i regulatornih prepreka što zahtijeva ulaganja u dodatna istraživanja i pojačani angažman zakonodavnih tijela.

5. LITERATURA

1. N. Hatziargyriou, "Microgrids - the key to unlock distributed energy resources?", guest editorial, IEEE Power & Energy, Volume 6, Number 3, Svibanj/Lipanj 2008. p.p. 26.-29.
2. C. Marnay, H. Asano, S. Papathanassiou, G. Strbac, "Policymaking for Microgrids", IEEE Power & Energy, Volume 6, Number 3, Svibanj/Lipanj 2008. p.p. 66.-77.
3. F. Katiraei, R. Iravani, N. Hatziargyriou, A. Dimeas, "Microgrids Management", IEEE Power & Energy, Volume 6, Number 3, Svibanj/Lipanj 2008. p.p. 54.-65.
4. European SmartGrids Technology Platform, Vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the Future, 2006.
5. J. Driesen, F. Katiraei, "Design for Distributed Energy Resources", IEEE Power & Energy, Volume 6, Number 3, Svibanj/Lipanj 2008. p.p. 30.-39.
6. B. Kroposki, R. Lasseter, T. Ise, S. Morozumi, S. Papathanassiou, N. Hatziargyriou, "Making Microgrids Work", IEEE Power & Energy, Volume 6, Number 3, Svibanj/Lipanj 2008. p.p. 41.-53.
7. CERTS Integration of Distributed Energy Resources, The CERTS Microgrid Concept, Consultant Report, Listopad 2003.
8. Pilot Microgrids, web stranice <http://www.microgrids.eu>
9. M.Živić Đurović, D. Škrlec, B. Kezele:, „Primjenjivost mikromreža u distribucijskoj mreži HEP ODS.a“, 2. Savjetovanje HO CIRED, Umag, svibanj 2010.

10. S. Chowdhury, S.P. Chowdury, P. Crossley, „Microgrids and Active Distribution Networks“, IET Renewable Energy Series 6, London, 2009.
11. J. Wood, „Local Energy – Distributed generation of heat and power“, IET Power and Energy Series 55, London, 2008.
12. R. Galvin, K. Yeager, J. Stuller, „Perfect Power – How the microgrid revolution will unleash cleaner, greener, and more abundant energy“, McGraw-Hill Inc., 2009.
13. Alternative Energy eMagazine – Distributed Generation/Microgrids, web stranice http://www.altenergymag.com/emagazine.php?issue_number=09.04.01&article=loix