

mr. sc. Marijana Živić Đurović
Tehnički fakultet Sveučilište u Rijeci
Marijana.Zivic@riteh.hr

Bojan Kezele
HEP – ODS d.o.o., Elektroprimorje Rijeka
Bojan.Kezele@hep.hr

prof. dr. sc. Davor Škrlec
Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb
Davor.Skrlec@fer.hr

PRIMJENJIVOST MIKROMREŽA U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI HEP ODS-a

SAŽETAK

Distribucijske mreže budućnosti moraju se prilagođavati tehnološkim promjenama, usklađujući pri tome zahtjeve vezane uz zaštitu okoliša sa zahtjevima vezanim uz trgovinu te se usmjeravati prema ispunjavanju želja korisnika. Sigurnost i zaštita sustava, utjecaj okoline, kvaliteta i cijena električne energije te energetska učinkovitost promatraju se na novi način s obzirom na zahtjeve i potrebe okoline u liberaliziranom tržištu.

Realizacija tehnologije aktivne distribucijske mreže omogućava primjenu nove koncepcije sustava - mikromreže. Mikromreža povezuje niskonaponske distribucijske sustave, distribuirane izvore energije, uređaje za skladištenje energije te upravljiva trošila, nudeći pri tome različite mogućnosti vođenja sustava.

Na osnovu klasifikacije mogućih arhitektura mikromreže: korisničke, poslovno-industrijske i odvojene mikromreže, u radu se navode neki od postojećih pilot projekata mikromreža u EU, te primjene mikromreža u distribucijskoj mreži HEP-ODS.

Ključne riječi: mikromreža, distribuirana proizvodnja, aktivna mreža

MICROGRIDS APPLICABILITY IN HEP DSO DISTRIBUTION NETWORK

SUMMARY

Distribution network of the future must adapt to technological changes, adjusting the requirements related to the environmental with requirements related to trade and focus its goals to fulfill the needs of the customers. Security and protection systems, environmental impact, quality and price of electricity and energy efficiency are observed in a new way, considering the needs and demands of the environment in the liberalized market.

Realization of active distribution network technology allows the application of new concept systems - microgrids. Microgrid connects low voltage distribution systems with distributed energy sources, energy storage devices and controllable load, thereby offering considerable control capabilities over the network operations.

Based on the classification of the possible microgrid architecture: utility microgrids, industrial/commercial microgrids and remote microgrids, the paper cites some of the existing microgrid pilot projects in the EU, and the possible application of the microgrids in HEP DSO distribution network.

Key words: microgrid, distributed generation, active grid

1. UVOD

Sigurno napajanje električnom energijom visoke kvalitete jedna je od osnovnih značajki modernog društva. U današnje vrijeme i mali korisnici zahtijevaju različite energetske usluge, jer svakodnevno koriste uređaje koji zahtijevaju visoku kvalitetu električne energije.

Osnovni zadatak elektroenergetskog sustava je održavanje ravnoteže između proizvodnje i potrošnje električne energije. Brzina tehnološkog razvitka i povećanje broja stanovništva uvelike utječu na sigurnost sustava te ga je potrebno kontinuirano održavati i unapređivati. Prema [1] potrošnja električne energije u svijetu do 2050. godine će se utrostručiti. Pouzdanost i kvaliteta električne energije, kao i sigurnost napajanja izloženi su mnogim utjecajima od kojih se mogu, kao važniji, izdvojiti starenje postojeće opreme, dostupnost i upotrebljivost osnovnih energenata te liberalizacija tržišta električne energije.

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 sa 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].

Rezultat navedenog je značajnije ulaganje u razvoj i obnovu elektroenergetske infrastrukture. Najefikasniji način ispunjavanja i gospodarskih i socijalnih zahtjeva, odnosno potreba, bit će povezivanje inovacijskih rješenja, tehnologija i mrežne arhitekture. Prema procjenama IEA (International Energy Agency) potrebna ulaganja u energetske sektor u svijetu za vremenski period 2003 - 2030. je oko 16 trilijuna USD [3].

Razvoj distribucijskog sustava mora se usmjeravati prema ispunjavanju želja korisnika. Dizajn konvencionalnih metoda planiranja zasnovan je na proizvodnji električne energije u centraliziranim postrojenjima (elektranama) te opskrbi potrošača preko pasivne distribucijske mreže. U ovoj strukturi, svi korisnici koji se napajaju iz distribucijske transformatorske stanice dobivaju električnu energiju iste kvalitete.

Uvođenjem distribuirane proizvodnje neke specifične zahtjeve korisnika lakše je ispuniti, kao npr. povećanje kvalitete električne energije pojedinačnim korisnicima, podržavanje inicijative, kako lokalne, tako i globalne, za smanjenjem stakleničkih plinova i ostalih zagađivača, povećano korištenje obnovljivih izvora energije i slično.

2. RAZVOJ DISTRIBUCIJSKIH MREŽA

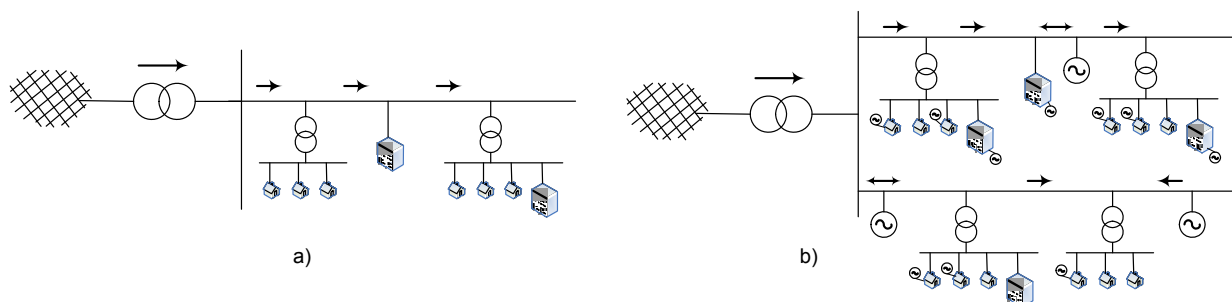
Elektroenergetske mreže budućnosti moraju se prilagoditi tehnološkim promjenama te paralelno uskladiti zahtjeve vezane za zaštitu okoliša sa zahtjevima vezanim uz trgovinu. Sigurnost i zaštita sustava, utjecaj okoline, kvaliteta i cijena električne energije te energetska učinkovitost promatraju se na novi način s obzirom na potrebe i prohtjeve okoline u liberaliziranom tržištu. Tehnologije budućnosti također moraju dokazati pouzdanost, održivost i isplativost.

Na razini distribucije, novi uvjeti zahtijevaju razvoj:

- distribucijskih mreža s distribuiranom proizvodnjom (proizvodnji električne energije na lokaciji potrošača) i obnovljivim izvorima energije, koje su ili priključene lokalnom operatoru distribucijskog sustava (sinkroni spoj) ili samostalne (nemaju priključak s lokalnim operatorom distribucijskog sustava)
- distribucijskih mreža koje omogućavaju upravljanje zahtjevima krajnjih korisnika za energijom preko naprednih mjernih sustava
- distribucijskih mreža koje koriste tehnologije dinamičkog upravljanja prijenosom, te koje koriste poboljšane nivoe sigurnosti, kvalitete, pouzdanosti i dostupnosti električne energije.

Može se zaključiti da se distribucijske mreže pretvaraju iz pasivnih u aktivne mreže u smislu da je donošenje odluka te upravljanje, distribucijsko, dok su tokovi snaga dvosmjerni. Takav oblik mreže osim što omogućava korištenje distribuirane proizvodnje i obnovljivih izvora energije te skladištenje energije, omogućava i uvođenje nove opreme i usluga, uz uvažavanje uobičajenih protokola i standarda. Svrha je aktivne distribucijske mreže uspješno povezati izvore energije sa zahtjevima korisnika, omogućavajući i jednim i drugima da odluče kako najbolje poslovati u stvarnom vremenu. Proračun tokova snaga, kontrola napona i zaštita sustava zahtijevaju cijenom prihvatljive tehnologije te novi informacijski i komunikacijski sustav.

Na slici 1. prikazani su tokovi snaga u pasivnoj i aktivnoj mreži.



Slika 1. Tokovi snaga u a) pasivnoj i b) aktivnoj mreži

Realizacija tehnologije aktivne distribucijske mreže omogućit će primjenu radikalne nove koncepcije sustava. Prema [4] predlažu se dva nova sustava:

- a) Virtualne elektrane
- b) Mikromreže

Virtualne elektrane su zapravo udruženja malih proizvođača električne energije, odnosno distribuiranih izvora koji koriste iste ili različite tehnologije za proizvodnju električne energije. Oni nastupaju prema Operatoru distribucijske mreže kao jedna elektrana, iako su prostorni dislocirani, odnosno priključeni u raznim dijelovima razdjelne mreže. One prihvaćaju model Interneta, njegovih informacijskih i tržišnih mogućnosti. Električnom energijom se trguje prema definiranim uvjetima u kojima opskrbljivač određuje iz kojeg će izvora koristiti električnu energiju: iz konvencionalnih ili obnovljivih izvora ili spremnika. Sustav se usavršava modernim informacijskim tehnologijama, naprednim sklopovima energetske elektronike te učinkovitim skladištenjem.

Mikromreže se općenito mogu definirati kao niskonaponske mreže s distribuiranom proizvodnjom. Mikromreža ustvari povezuje niskonaponske distribucijske sustave, distribuirane izvore energije, uređaje za skladištenje energije zajedno s upravljivim trošilima, nudeći pri tome različite mogućnosti vođenja sustava. Iako su mikromreže uglavnom spojene na sredjonaponski distribucijski sustav, jedinstveno im je obilježje mogućnost otočnog rada, kada mogu raditi odvojeno od osnovne elektroenergetske mreže.

Sa stajališta korisnika, mikromreže im osiguravaju i toplinske i električne potrebe, a dodatno i lokalno povećavaju pouzdanost, smanjuju zračenja (emisije stakleničkih plinova), poboljšavaju kvalitetu električne energije održavanjem konstantnog napona i smanjenjem padova napona, te potencijalno mogu smanjiti cijenu opskrbe energijom.

Sa strane SN mreže, mikromreže se mogu smatrati upravljivom jedinicom unutar elektroenergetskog sustava kojim se može upravljati kao cjelinom, a može ga se promatrati i kao mali izvor pomoćnog napajanja u mreži. Mikromreže koordiniraju distribuirane izvore energije, značajno koristeći i korisnicima i mreži.

Osnovna ekonomska značajka primjene distribuiranih izvora energije kod kupaca leži u mogućnosti da se lokalno iskoriste toplinski gubici iz pretvorbe osnovnog goriva u električnu energiju. Značajan napredak nastao je u razvoju malih kW-nih kogeneracijskih postrojenja (CHP). Od ovih sustava se očekuje važna uloga u mikromrežama sjevernijih zemalja. S druge strane, pretpostavlja se da će se fotonaponski sustavi značajnije razvijati u zemljama sa sunčanijom klimom.

Primjena manjih kogeneracijskih postrojenja i fotonaponskih sustava potencijalno povećava ukupnu učinkovitost korištenih osnovnih izvora energije i stoga značajno smanjuje emisije stakleničkih plinova, koji predstavlja još jedan vrlo važan korak u globalnom nastojanju da se spriječe klimatske promjene.

Još jedna važna značajka je da primjena distribuiranih izvora energije može potencijalno smanjiti zahtjeve za izgradnjom distribucijskih i prijenosnih objekata. Očito je da će distribuirana proizvodnja smještena u blizini trošila smanjiti tokove snaga u prijenosnim i distribucijskim mrežama uz dva važna učinka: smanjivanje gubitaka i mogućnost potencijalne zamjene dijelova mreže. Nadalje, prisustvo proizvodnje u blizini potrošnje, može povećati kvalitetu usluga krajnjih korisnika. Mikromreže mogu omogućiti podršku sustavu za vrijeme poremećaja i to uravnoteženjem preopterećenja te uspostavljanjem normalnog stanja sustava nakon kvara.

Da bi se u potpunosti iskoristile prednosti mikromreža potrebno je razmotriti optimalno plasiranje mjerila (benchmarka) distribuiranih izvora unutar mikromreža. Na lokalnoj je razini potrebno uskladiti proizvedenu električnu energiju i toplinu s potražnjom, uz ukupno povećanje pouzdanosti mikromreže i osiguravanje njenog sigurnog rada. Tipični dizajn mikromreže i mjerila mogu se opisati na sljedeći način prema [4].

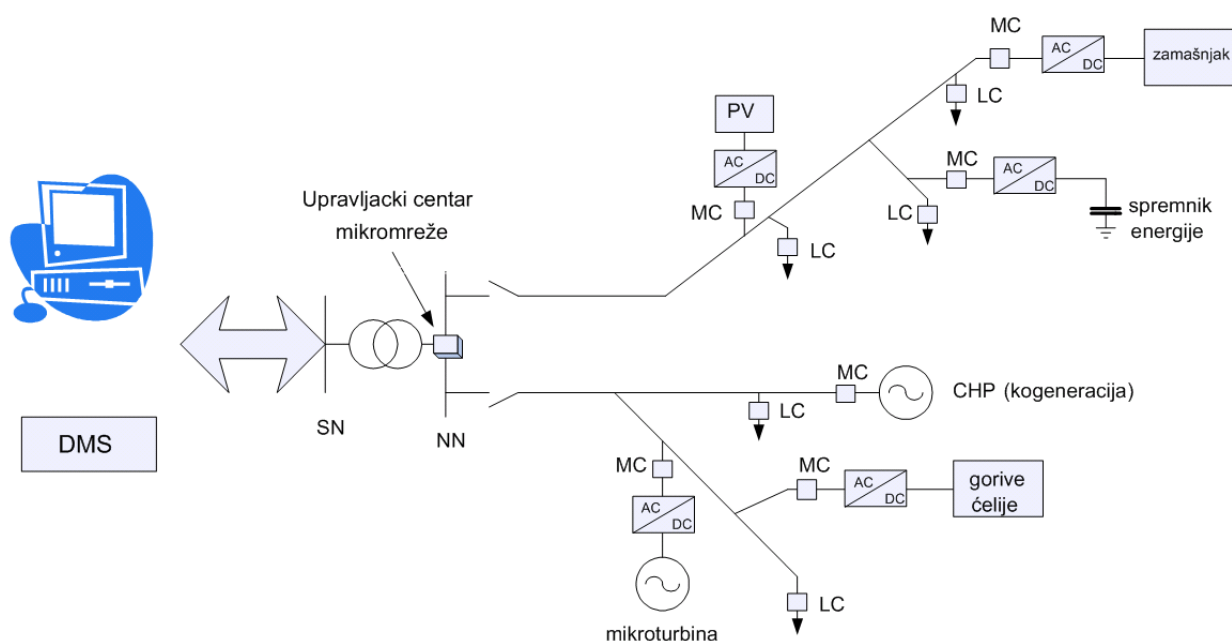
Određivanje karakteristika distribuiranih izvora:

- koja je najprihvatljivija distribuirana proizvodnja u danim uvjetima: vjetar, fotonaponski sustav, kogeneracija, diesel i/ili male HE?
- koja je prihvatljiva veličina postrojenja?
- gdje je najbolja lokacija za distribuirani izvor unutar mikromreže?
- postoje li posebni zahtjevi za postavljanje spremnika energije i koje bi im bile karakteristike?
- postoje li još neki dodatni uvjeti za distribuirane izvore?

Ni mikromreže nisu idealno rješenje i tu se moraju uzeti u obzir određene tehnička ograničenja: ukupni gubici u sustavu, stabilnost napona, karakteristike vodova, nesimetrija te ostali parametri kvalitete električne energije. Osim tehničkih, moraju se promatrati i ekonomska ograničenja: investicije, prihodi, dobivena zarada s pomoćnim uslugama, vjerojatnost gubitka potrošača, troškovi rada i održavanja.

3. TEHNOLOGIJA MIKROMREŽA

Rad mikromreža zasniva se na nekoliko osnovnih tehnologija: distribuirana proizvodnja, skladištenje energije, interkonekcijski sklopovi i upravljački sustav [6].



Slika 2. Tipična struktura mikromreže upravljanja MGCC-om i povezana s DMS-om [3]

Distribuirana proizvodnja označava termin koji se u elektroenergetici koristi za proizvodnju električne energije na lokaciji potrošača.

Tehnologija distribuirane proizvodnje obično uključuje: plinske turbine, mikroturbine, gorive ćelije, fotonaponske ćelije, vjetroeletre, motore s unutarnjim izgaranjem, iskorištavanje biogoriva te male hidroelektrane. Neke od navedenih tehnologija kao npr. mikroturbine, fotonaponske ćelije, motori s unutarnjim izgaranjem, imaju mogućnost korištenja toplinskih gubitaka, što uvelike povećava njihovu efikasnost.

Korištenje te isplativost navedenih izvora energije jako je ekonomski ovisan o cijeni nafte i plina. Iako su prognoze o preostaloj količini ovih energenata pesimistične, velike količine energije u svijetu se i dalje iz njih dobivaju. To dovodi u pitanje isplativost distribuiranih izvora, pogotovo onih skupljih, kao npr. fotonaponskih ćelija koje se ne mogu natjecati s naftom i plinom, prema sadašnjim cijenama. No, s druge strane distribuirani izvori imaju svojih prednosti, neovisno o cijeni. Oni predstavljaju alternativni način proizvodnje električne energije, koja će u neko dogledno vrijeme, prvenstveno zbog zagađenja koje proizvode velike elektrane, a nakon toga zbog pomanjkanja energenata i paralelnog povećanja njihove cijene, ipak ostati mali, ali pouzdani izvori električne energije. Kako će izgledati budućnost proizvodnje

električne energije za sada se može samo nagađati, no evidentno je da će velika pažnja posvetiti distribuiranoj proizvodnji.

Skladištenje energije kod mikromreža veoma je značajno, pogotovo u slučajevima kada distribuirani izvori unutar mikromreže ne mogu zadovoljiti potrebe potrošnje, a korištenje električne energije pomoću SN mreže za pokrivanje vršnih opterećenja definitivno je najskuplja varijanta.

Nagle promjene u veličini opterećenja najčešće su posljedica kratkotrajnih promjena, kao npr. pokretanja motora, uključenje/isključenje određene opreme i sl.

Spremnici energije predstavljaju čvrstu vezu između ponude i potražnje za energijom unutar mikromreže i poboljšavaju funkciju sustava mikromreže na sljedeće načine:

- a) stabiliziraju distribuiranu proizvodnju i omogućavaju joj konstantne vrijednosti napona i frekvencije, unatoč promjenama opterećenja;
- b) omogućavaju normalan pogon sustava s dinamičkim promjenama primarnog energetskog izvora (Sunce, vjetar, vodotok);
- c) omogućavaju kontinuiranu distribuiranu proizvodnju.

Osim navedenog, korištenje spremnika energije omogućava smanjenje utjecaja naglih povećanja opterećenja te održavanje mirnog rada do uključanja distribuiranog izvora koji će pokriti taj manjak u proizvodnji.

Postoji nekoliko vrsta spremnika energije koji se mogu koristiti u mikromrežama, a to su: baterije, zamašnjaci, superkondenzatori te supravodljivi magnetski spremnici energije. Svi navedeni sustavi za skladištenje energije zahtijevaju učinkite elektroničke pretvarače za pretvaranje uskladištene energije u potrebnu izmjeničnu struju nazivne frekvencije.

Interkonekcijski sklop je mjesto na kojem se mikromreža spaja s distribucijskom mrežom. Korištenje novih tehnologija omogućava da se različite radne funkcije (uklopi, isklopi, zaštita, mjerenje, komunikacije) koje su do sada osiguravali sklopni aparati, uređaji relejne zaštite te ostala sekundarna oprema, zamijeni jednim sustavom sa specijalnim mikroprocesorima posebno dizajnirani za digitalnu obradu signala u stvarnom vremenu tzv. digitalnim procesorom signala. Strujnim i naponskim transformatorima postavljenim s obje strane interkonekcijskog sklopa mjere se potrebne vrijednosti te se određuje koju su radni uvjeti. Interkonekcijski sklopovi izvode su tako da zadovoljavaju potrebne standarde.

Upravljački sustav mikromreže izveden je tako da mora raditi sigurno i u otočnom pogonu i u pogonu spojenom na distribucijsku mrežu. Ovakav sustav može biti baziran na upravljačkoj jedinici ili može biti ugrađen u svaki distribuirani izvor kao autonomna jedinica. Kada se mikromreža odspoji od distribucijske mreže, upravljački sustav mora sam kontrolirati napon i frekvenciju, uravnotežiti proizvodnju i potrošnju (kako radne tako i jalove snage) te štiti mikromrežu.

U otočnom pogonu problem predstavlja kontrola frekvencije. Kod velikih sustava frekvencija se ovisna o velikoj rotacijskoj masi (velike elektrane), a ne o malim rotacijskim masama dobivenih od npr. zamašnjaka. Pretvarači upravljačkog sustava moraju omogućiti istu nazivnu frekvenciju kao što je bila prije prelaska na otočni rad. Upravljanje frekvencijom, u slučaju propada frekvencije, mora iskoristavati mogućnosti distribuiranih izvora da mijenjaju svoju radnu snagu, mogućnosti dobivanja snage iz spremnika energije te rezanje opterećenja.

Prikladna regulacija napona nužna je za pouzdanost i stabilnost sustava. Bez učinkovite lokalne kontrole napona, sustavi s velikim brojem distribuiranih izvora podložni su oscilacijama napona i/ili jalove snage. Kako je kontrola napona općenito promatra s lokalnog stanovišta, problemi kod regulacije napona jednaki su i za otočni pogon i kod pogona spojenog na distribucijsku mrežu. U pogonu spojenom na distribucijsku mrežu, razumljivo je očekivati da će distribuirani izvori pružiti pomoćne usluge u vidu lokalne stabilizacije napona.

3.1. Problem spajanja na mrežu

Moderna energetska elektronika omogućila je porast interesa za distribuiranom proizvodnjom, jer je smanjila troškove relejne zaštite, poboljšala daljinsko vođenje te pojednostavila sučelje između distribuirane proizvodnje i mreže.

No, neovisno o tim prednostima, poteškoće oko priključivanja distribuirane proizvodnje na mrežu ne treba zanemariti. Ako se posjeti bilo koje kućanstvo s fotonaponskim ćelijama na krovu, može se vidjeti koliko je još dodatne opreme, smještene u podrumu kuće, potrebno da se osigura AC-DC pretvorba, da se reguliraju tokovi snaga u i iz mreže, te, naravno, brojilo. U svakom slučaju mnogo više

opreme u kući od prosječnog korisnika spojenog na klasičnu distribucijsku mrežu, a da se ne spominju troškovi fotonaponskih panela, koje je isti korisnik također morao podmiriti.

Problemi sa strane distribucijske mreže također nisu trivijalni iako oni, za razliku od klasičnog kućanstva, na licu mjesta imaju sposobne inženjere koji mogu riješiti manje i veće probleme. Neželjeni tokovi snage natrag u mrežu mogu biti ozbiljni problem ekipi u održavanju, kao i postojećoj opremi. U sustavu relejne zaštite potrebno je izvesti mnoge izmjene, jer je većina opreme promatrala struju (snagu) koja je tekla samo u jednom smjeru, a sada mora voditi računa i o tome da struja (snaga) može teći i dvosmjerno.

4. PODJELA I ARHITEKTURA MIKROMREŽA

Restrukturirana distribucijska mreža sadrži veći broj malih distribuiranih izvora energije koji mogu povećati pouzdanost sustava te omogućiti raznolikost sustava. U tablici I. prikazane su osnovne razlike između konvencionalnih metoda planiranja distribucijskog sustava te metoda zasnovanih na decentraliziranom sustavu i mikromrežama [5].

Tablica I. Pristupi planiranju distribucijskih mreža

Planiranje	Prošlost	Sadašnjost	Budućnost
	Konvencionalni pristup	Decentralizirani sustav	Mikromreže
uklapanje generatora	centralizirano	decentralizirano	decentralizirano
opterećenje	nema utjecaja	klasifikacija opterećenja zasniva se na zahtjevima za kvalitetom električne energije i upravljanjem	
distribucijska mreža	napajana iz pasivne mreže (preko TS)	polu-aktivna mreža	aktivna mreža / dvosmjerni tokovi snaga
moгуćnost vođenja sustava	isključivanje potrošača, ispadi sustava	isključivanje potrošača, odspajanje distribuiranih izvora	otočni rad, hitna usluga na zahtjeve korisnika, razmjena električne energije

Dizajn konvencionalnih metoda planiranja zasnovan je na proizvodnji električne energije u centraliziranim postrojenjima (elektranama) te opskrbi potrošača preko pasivne distribucijske mreže. U ovoj strukturi, svi korisnici koji se napajaju iz distribucijske transformatorske stanice dobivaju električnu energiju iste kvalitete. Iako je trenutna praksa da se na distribucijskoj razini dozvoljava mala integracija distribuiranih izvora, njihovo se veće korištenje onemogućava, radi sprječavanja njihovog nepovoljnog utjecaja na rad samog sustava.

Jedan od osnovnih problema za DMS je negativan utjecaj na kvalitetu električne energije na koju utječe nemogućnost kontinuirane proizvodnje nekih obnovljivih izvora energije (intermitirajući izvori energije). Nadalje, distribuirani izvori se oslanjaju na distribucijsku mrežu za regulaciju napona i frekvencije. U slučaju nestanka napajanja iz distribucijske mreže, distribuirani izvori ne mogu isporučiti potrebnu električnu energiju korisnicima. Iako neki distribuirani izvori imaju kapacitet za napajanje određene manje grupe potrošača, metodologija DMS-a i nedostatak koordinacije između dva različita sustava upravljanja (neovisni distribuirani izvori i DMS), ne dozvoljavaju zaseban rad jednog "otočnog" sustava koji se u normalnim uvjetima nalazi u sklopu elektroenergetskog sustava.

S druge strane, mikromreže omogućavaju:

- efikasnu opskrbu električnom energijom zasnovanu na koordiniranom smještaju distribuiranih izvora i potrošača
- sigurnu i pouzdanu opskrbu električnom energijom uz mogućnost korištenja različitih usluga ovisno o željama potrošačima i njihovom zahtjevima za kvalitetom električne energije
- moгуćnost rada kao neovisna mreža, s dovoljno velikom distribuiranom proizvodnjom da može raditi odvojeno od konvencionalne distribucijske mreže u slučaju kvara na višim naponima ili drugih kriznih situacija.

Mikromreža može sadržavati dio SN/NN distribucijskog sustava i određenu skupinu potrošača koje napaja jedan ili više distribuiranih izvora. S glavnom mrežom spojena je preko zajedničke priključne točke kojom se definira područje rada:

- a) spojeno na distribucijsku mrežu (sinkroni spoj) i
- b) otočni rad (rad neovisan o distribucijskoj mreži).

Kod mikromreža spojenih na distribucijsku mrežu, razlikuju se dva moguća režima rada i to:

- a) ovisne o mreži - napajanje potrošača u mikromreži ovisno je o napajanju iz distribucijske mreže i
- b) neovisne o mreži - iako je mikromreža spojena na distribucijsku mrežu, napajanje potrošača unutar mikromreže ne ovisi o napajanju iz distribucijske mreže, mikromreža radi nezavisno, ali postoje dvosmjerni tokovi snaga između mikromreže i distribucijske mreže [5].

Osnovna klasifikacija mogućih arhitektura mikromreže je sljedeća:

- a) korisničke mikromreže
- b) poslovno-industrijske mikromreže
- c) odvojene mikromreže

U tablici II. dana je osnovna klasifikacija mogućih arhitektura mikromreže i njihove karakteristike zasnovane na primjeni, vlasništvu i vrstama potrošača unutar mikromreže [5].

Tablica II. Arhitektura mikromreža

	<u>Korisničke mikromreže</u>		<u>Poslovno-industrijske mikromreže</u>		<u>Odvojene mikromreže</u>
	<i>urbane mreže</i>	<i>ruralni vodovi</i>	<i>više objekata</i>	<i>jedan objekt</i>	
primjena	središta gradova	planiran otočni rad	industrijski parkovi, sveučilišni kampusi, shopping centri	poslovna ili stambena zgrada	udaljena naselja i otoci
poticajni razlozi	upravljanje ispadima, integracija obnovljivih izvora		povećanje kvalitete električne energije, pouzdanosti i učinkovitosti energije		elektrifikacija udaljenih područja i smanjenje potrošnje goriva
korisnost	redukcija stakleničkih plinova; kombinirana opskrba; upravljanje zagušenjima; nadogradnja; pomoćni sustavi		vrhunska kvaliteta električne energije; različitost usluga (nivoa pouzdanosti) integracija kogeneracije; ispunjavanje zahtjev korisnika		mogućnost opskrbe električnom energijom; integracija obnovljivih izvora; redukcija stakleničkih plinova; ispunjavanje zahtjeva korisnika
način djelovanja	ovisni o mreži neovisni o mreži otočni rad		ovisni o mreži neovisni o mreži otočni rad		samostalni rad
prijelaz na rad neovisan o mreži ili otočni rad	slučajan	kvarovi (na susjednim vodovima ili TS)	kvar u SN mreži, problemi s kvalitetom električne energije		-
	planiran	održavanje	cijena električne energije (kod max. opterećenja); održavanje sustava		-

4.1. Korisničke mikromreže

Korisnička mikromreža je u stvari distribucijski vod na kojeg su lokalno spojeni distribuirani izvori i potrošači. Korištenjem većeg broja distribuiranih izvora energije smještenih u blizini potrošača, korisničke mikromreže mogu zadovoljiti povećan porast potrošnje te uspostaviti kontrolu nad zagušenjima lokalne distribucijske, pa čak i sredjonaponske mreže. Primjenjuje se i na urbana i na ruralna područja. Mogući distribuirani izvori su npr. male HE, vjetroelektrane, fotonaponske ćelije, biomasa te agregati pokretani biogorivom. Korisničke mikromreže mogu se odspojiti od osnovne mreže za vrijeme unaprijed definiranog i koordiniranog perioda predviđenog za održavanje visokonaponskih vodova i postrojenja. Osnovni razlozi realizacije ovakve strukture mikromreže je smanjivanje utjecaja mrežnih kvarova na lokalne potrošače zbog mogućnosti rada mikromreže u otočnom pogonu, neovisnom o ostatku mreže, te pojednostavnjenje priključivanja distribuiranih izvora.

Korisnička mreža može ponuditi i usluge pomoćnog napajanja u vidu lokalnog snabdijevanja jalovom snagom, te povećanje kvalitete električne energije tamo gdje je to potrebno. Koristeći kogeneracijska postrojenja, korisničke mikromreže mogu se koristiti i za snabdijevanje toplinskom energijom kućanstvima.

Primjer pilot projekta korisničke mikromreže je Labein korisnički vod u Španjolskoj. Područje Labein spojeno je sa SN mrežom (30 kV) preko dva transformatora (1000 kVA i 451 kVA) [9]. Kao izvore koriste fotonaponske ćelije, diesel generatore, mikroturbine te vjetroturbine, a kao skladište energije koriste zamašnjak, superkondenzator te baterije. Svrha mu je testiranje centraliziranih i decentraliziranih strategija upravljanja u radu mikromreže ovisne o SN mreži. Slijedeći primjer je Cesi Ricerca testno postrojenje u Italiji, koje sadrži NN mikromrežu spojenu na SN mrežu preko 800 kVA transformatora, maksimalne snage 350 kW. Kao izvore koriste fotonaponske ćelije, diesel agregate, solarnu termoelektranu, vjetroatagregat, kogeneracijska postrojenja s biomasom kao gorivom te kogeneracijsko postrojenje s plinskom mikroturbinom. Kao skladišta energije koriste se baterije te zamašnjak. Svrha testnog postrojenja je analiza kvalitete električne energije (viši harmonici, flikeri, treperenja napona, nestabilnost sustava) u otočnom radu.

Primjena korisničkih mreža u nas teorijski je moguća u svim vodovima distribucijske mreže s lokalnim (distribucijskim) izvorima energije i potrošačima. Ovaj tip mikromreže može idealno poslužiti za kontinuirano uvođenje različitih distribuiranih izvora koji bi pratili povećanje potrošnje i na taj način smanjili ili u potpunosti eliminirali moguća zagušenja i poboljšali kvalitetu električne energije.

4.2. Poslovno-industrijske mikromreže

Komercijalni i industrijski korisnici električne energije definiraju se kao osjetljivi potrošači koji zahtijevaju visoku pouzdanost i kvalitetu električne energije. Mikromreže mogu se prilagoditi tim visokim zahtjevima za kvalitetom i pouzdanosti u višestrukim poslovno-industrijskim objektima kao što su npr. sveučilišni kampusi, shopping centri i/ili industrijski objekti. Vođenje mikromreže potpomognuto vođenjem sa strane distribucijske mreže može sprječavati prekide u napajanju i povećati kvalitetu opskrbe unutar mikromreže tako da ograničava utjecaj SN mreže i ostalih susjednih potrošača. Poslovno-industrijska mikromreža može raditi u otočnom režimu kada kvaliteta električne energije SN mreže ne zadovoljava potrebe opterećenja i kada može nepovoljno utjecati na kvalitetu električne energije mikromreže. Neovisan rad mikromreže je također moguć i to u slučajevima maksimalnih opterećenja sustava kada je cijena električne energije najveća i kada se smanjuje uvoz energije iz distribucijske mreže.

Mikromreže mogu također opskrbljivati i više stambenih objekata, kao npr. nekoliko kuća ili apartmana u urbanim dijelovima grada i/ili predgrađima. Stambene mikromreže omogućavaju povoljnu i pouzdanu opskrbu električnom energijom uz korištenje različitih distribuiranih izvora. Najprihvatljiviji distribuirani izvori za stambeno područje su fotonaponski sustavi, koji se postavljaju na stambeni/poslovni objekt i kogeneracija zasnovana na mikroturbinama.

Stambeno područje Mannheim-Wallstadt u Njemačkoj je primjer poslovno-industrijske mikromreže urbanog dijela grada s instaliranim fotonaponskim ćelijama, mogućnošću kogeneracije i skladištenja energije, kojima je cilj uvođenje distribuirane proizvodnje i pretvaranje distribucijske mreže u aktivnu. Slijedeći primjer pilot projekta poslovno-industrijske mreže je Bronsbergen park u Nizozemskoj, koji sadrži oko 200-tinjak kućica koje su gotovo sve opremljene s fotonaponskim ćelijama. Cilj im je osigurati 24h otočni rad, automatsko spajanje i odvajanje od mreže, povećanje kvalitete električne energije, optimiranje spremnika energije, mogućnost crnog starta itd.

Na području Primorsko-Goranske županije dva su moguća primjera poslovno-industrijske mikromreže koji padaju u kriterije navedene arhitekture, a to su: Sveučilišni kampus na Trsatu, te Industrijska zona Kukuljanovo.

Vršno opterećenje zone namijenjene Sveučilišnom kampusu procijenjeno je na 7200 kW. Napajanje budućih građevina osigurat će se iz 11 novo predviđenih trafostanica 10(20)/0,4 kV, a napajanje zone planira se iz trafostanice 110/10(20) kV Sušak. Spajanjem distribuiranih izvora, kao što su npr. diesel ili bio agregati, manja kogeneracijska postrojenja i fotonaponski sustavi može se, uz potpomognuto vođenje sa strane distribucijske mreže, postići kvaliteta električne energije koja će i po tehnološkim i po ekološkim kriterijima zadovoljiti potrošača i ujedno povećati ukupnu učinkovitost.

Industrijska zona Kukuljanovo predstavlja drugačiji primjer, jer je lokacijski relativno izdvojena, a napaja se električnom energijom iz postojeće TS 35/10(20) kV Mavrinci maksimalnog kapaciteta 2×8 MVA. Za potrebe opskrbe električnom energijom postojećih i planiranih potrošača, izgrađena je 31 trafostanica (u planu početak izgradnje još 4 trafostanice), različitih kapaciteta, ukupne instalirane snage 23 760 kVA. Trafostanice koje su na zahtjev investitora koncipirane kao vlastite, mjere potrošnju električne energije na srednjem naponu i opskrbljuju električnom energijom platoon na kojima je smješten najčešće samo jedan potrošač. Ostale trafostanice su distribucijske s mogućnošću napajanja električnom energijom više potrošača i mjerenjem potrošnje električne energije na niskom naponu. U sklopu industrijske zone Kukuljanovo, moguće je osim obnovljivih izvora energije koristiti i neke manje konvencionalne izvore energije te manja kogeneracijska postrojenja direktno vezana uz određenu industrijsku granu (npr. otpad drvne industrije, spalionica smeća i sl.)

4.3. Odvojene mikromreže

Elektrifikacija udaljenih ruralnih naselja i otoka najbolji je primjer odvojene mikromreže. S obzirom na nepostojanje spoja s distribucijskom mrežom, odvojena mikromreža je u samostalnom pogonu. Pojmove otočni i samostalni pogon možemo smatrati sinonimima, jer i jedan i drugi u svom pogonu nisu spojeni na distribucijsku mrežu, upravljački sustav mora sam kontrolirati napon i frekvenciju i uravnotežiti proizvodnju i potrošnju, a razlika je u postojanju, odnosno nepostojanju, mogućnosti spajanja s distribucijskom mrežom.

Ekonomska neisplativost spajanja tih udaljenih lokacija na elektroenergetski mrežu jedan je od glavnih pokretača primjene distribuirane proizvodnje. Ovisno o geografskim karakteristikama udaljenih područja te raspoloživostima energetske izvora, prikladne tehnologije su male hidroelektrane, manje do srednje vjetroelektrane, fotonaponske ćelije i plinske turbine s malom emisijom stakleničkih plinova, uz korištenje toplinskih gubitaka tamo gdje je to moguće.

Osnovna razlika kod odvojenih mikromreža je ta da izvori energije moraju u potpunosti pokriti sve zahtjeve za potrošnjom, kako električne tako i toplinske energije. Radi ostvarenja kontinuiranosti napajanja nužno je korištenje spremnika energije. Nadalje, zbog mogućnosti velikih razlika između minimuma i maksimuma potražnje te moguće velike disperzije potrošača, izbor tehnologije distribuirane proizvodnje, odabir veličine i smještaja nije lak zadatak. Metode koje se koriste za ostvarenje stabilnosti sustava odvojene mikromreže baziraju se na korištenju izvora energije različitih vrsta i veličina, korištenju optimalno dimenzioniranih spremnika energije te definiranju potrošača prema prioritetima, sve uz napredni sustav upravljanja [5].

Kythnos mikromreža u Grčkoj je jedan od najpoznatijih pilot projekata mikromreže. Dvanaest kuća je spojeno na 230 V izmjeničnu mrežu, s fotonaponskim ćelijama i diesel agregatima kao izvorima. Kao spremnici energije koriste se baterije. Otok Bornholm u Danskoj je primjer velike odvojene mikromreže, s vršnim opterećenjem od 55 MW sa 16 60/10 kV transformatora, diesel, plinskim i kogeneracijskim postrojenjima, te vjetroelektranama koji napajaju oko 28000 potrošača. Specifičan primjer odvojene mikromreže je i svinjska farma Agria u BJR Makedoniji koja koristi životinjski izmet, a cilj im je testiranje i usavršavanje postrojenja na bioplin u mikromrežama te ispitivanje mogućnosti samostalnog rada.

Kao jedna od mogućih primjena odvojene mikromreže mogli bi poslužiti udaljeniji otoci na Jadranu, kao što su npr. otoci u Lošinjskom arhipelagu. Zbog radijalnog napajanja tih otoka, mogli bismo ih svrstati i u korisničke mikromreže, no zbog geografskog položaja prikladnije ih je promatrati kao odvojene. Uvođenje distribuiranih izvora riješilo bi probleme podopterećenja, odnosno preopterećenja, ovisno o sezoni. Kako su otoci jaka turistička središta, ne može se govoriti o ekonomskoj neisplativosti uvođenja distribuiranih izvora. Prikladne tehnologije bile bi fotonaponske ćelije te vjetroelektrane, uz odgovarajuće spremnike energije, koji bi mogli pokrivati potrošnju izvan sezone uz potpomognuto vođenje sa strane distribucijske mreže, a s obzirom na postojeću izgrađenost mreže. U ovom slučaju bi mogućnost otočnog rada jako došla do izražaja, kod kvarova ili potrebnog isključenja 110 kV voda, kada bi se potrošače u potpunosti prebacilo na napajanje iz distribuiranih izvora.

5. ZAKLJUČAK

Budućnost nam donosi spajanje velikog broja distribuiranih izvora na distribucijsku mrežu. Prednosti koje nam oni nude su raznoliki, a najčešće spominjani su mogućnost povećanja kvalitete električne energije, raznovrsnost pruženih usluga, te sigurno i pouzdano napajanje. S obzirom na gubitke od 5-10% koji se javljaju u prijenosu električne energije zbog starosti opreme, nepravilnog planiranja razvoja elektroenergetskog sustava i sve prisutnih zagušenja, spajanje distribuiranih izvora što bliže potrošačima, neovisno o problemima koje izaziva, prihvatljivo su rješenje.

Stvaranjem mikromreže kao jednog od načina prilagodbe distribucijske mreže novim tržišnim i tehnološkim promjenama omogućava se efikasna opskrba električnom energijom zasnovana na koordiniranom smještaju distribuiranih izvora i potrošača. Različiti režimi rada i moguće arhitekture mikromreža čine ih izrazito fleksibilnim sustavima. Mikromreža osigurava korisnicima i toplinske i električne potrebe ovisno o njihovim željama, a osim što lokalno povećava pouzdanost, smanjuje zračenja (emisije stakleničkih plinova) te poboljšava kvalitetu električne energije održavanjem konstantnog napona, a potencijalno može smanjiti i cijenu opskrbe energijom. Upravljački sustav mikromreže izvodi tako da mora sigurno raditi i u otočnom pogonu i u pogonu spojenom na distribucijsku mrežu, no ipak je razumljivo očekivati, sa strane mikromreže, da će distribuirani izvori pružiti pomoćne usluge u vidu lokalne stabilizacije napona.

Razvoj mikromreža predmet je intenzivnog proučavanja u SAD-u, Japanu, Europi i Kanadi sve u cilju ostvarenja učinkovitih rješenja te demonstracije koncepta rada mikromreža u laboratorijima i pilot projektima. Kako su mogućnosti i izazovi kod razvoja i pogona mikromreža u tehničkom, ekonomskom i regulatornom sektoru veliki, razmišljanja o mikromrežama i u nas nailaze na plodno tlo.

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] W. Sweet: "Networking Assets", IEEE SPECTRUM, Siječanj 2001. pp.84-88
- [8] CERTS Integration of Distributed Energy Resources, The CERTS Microgrid Concept, Consultant Report, Listopad 2003.
- [9] Pilot Microgrids: www.microgrids.eu