

Mikrosare elektrikoak: energia berriztagarriak integratzeko aukera

Estefanía Planas Fullaondo, Jon Andreu Larrañaga, Edorta Ibarra Basabe, Iñigo Kortabarria Iparagirre, Iñigo Martínez de Alegría Mancisidor*

Teknologia elektronikoa sailako ikertzaileak.
Bilboko Ingeniaritza Goi Eskola Teknikoa.
Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)

*estefania.planas@ehu.es

Jasoa: 2013-06-07

Onartua: 2013-08-07

Laburpena: Egun, sorkuntza sakabanatua da energia elektriko eraginkorra eta kalitate onekoa lortzeko gailentzen ari den aukera. Sorkuntza sakabanatua energia berriztagarrietan oinarritzen denez, faktore kontrolaezinen menpe dago, adibidez haizearen eta eguzki-irradiazioaren menpe. Hori dela eta, sistema horiek sare elektrikoan integratzea ez da erraza. Eragozpen hori gainditze aldera, oso eraginkorra gertatzen da mikrosareak erabiltzea, sorkuntza sakabanatuaren integrazio ona bermatzen delako, erabiltzeen hornikuntza elektriko hobetzeaz gain.

Alde horretatik, mikrosareen ikerkuntza asko hedatu da munduan zehar, tankera honetako sareek dituzten abantailak direla-eta. Artikulu honetan, mikrosareen ezaugarri nagusiak aurkeztuko dira. Ondoren, AC eta DC mikrosareen arteko aldeak azalduko dira, haien funtsezko abantailak eta desabantailak aipatuz. Azkenik, munduan zehar eraikitako hainbat mikrosare zerrendatuko dira, eta Euskal Herriko energia berriztagarrien eta mikrosareen egoera deskribatuko da.

Hitz gakoak: sorkuntza sakabanatua, mikrosare elektrikoak, sorkuntza elektrikoak.

Abstract: Today distributed generation is emerging as a new paradigm to produce on-site highly reliable and good quality electrical power. However, as this kind of generation is based on renewable sources which depend on non-controllable factors such as wind and solar radiation it is difficult to integrate renewable energy sources directly into the utility grid. By integrating distributed and renewable sources, energy storage devices, a variety of loads, data acquisition and supervisory control devices, microgrids are the interface between the distributed renewable sources and the utility grid.

Due to their advantages, major efforts are being made into microgrid research all over the world. This paper presents a description of the main features of a microgrid. In addition, AC and DC microgrids are compared in order to obtain the principal advantages and disadvantages of each technology. Finally, this paper shows some examples of existing microgrids all over the world and describes the situation of the renewable energies and microgrids in the Basque Country.

Keywords: distributed generation, electric microgrids, electric generation.

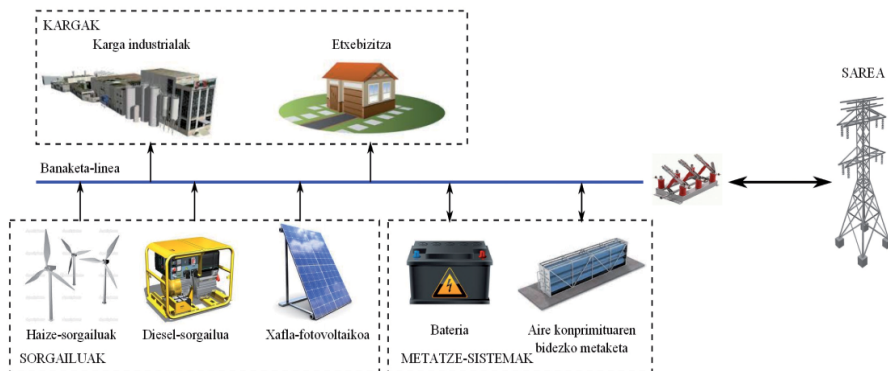
1. MIKROSARE ELEKTRIKOAK

Garraio sistemaren hobekuntzan inbertsio garrantzitsuak egin ditu *Red Eléctrica Española* (REE) 2012. urtean. Inbertsio horiek helburu gisa hartu dute hornikuntzaren segurtasuna hobetzea, energia berriztagarrien integrazioa hobetzea eta operazio eraginkorra bermatzea.

Hala ere, lan ugari egin behar dira energia berriztagarriak garraio-sisteman ongi integratzeko. Bestalde, zentral elektriko konbentzionalen eta kontsumitzaileen arteko batez besteko distantziak luzeak izan ohi dira; beraz, galera handiak gertatzen dira energia elektrikoaren garraioan. Ondorioz, ingurumen errendimendu eta errendimendu energetikoa baxuak lortzen dira. Aldiz, energia-iturri txiki ugariaren bidezko sorkuntza elektriko da sorkuntza sakabanatua. Sorkuntza mota honi esker, kontsumotik gertu sor daiteke energia eta horrela, ahalbidetzen da ingurugirorako kaltegarriak diren isurien murrizketa, inguruko baliabideen ustiapena eta eraginkortasuna hobetzea.

Mikrosareak (1. irudia) aukera oso egokia dira sorkuntza sakabanatua sarean integratzeko [1]. Sorgailuz eta kargez osatutako sistema sakabanatuak dira mikrosareak. Sare elektrikoarekin konektatuta edo konektatu gabe funtziona dezakete sare hauek. Ezaugarri horrek ondo bereizten ditu mikrosareak beste sare isolatu mota batzuetatik (gas/fuel-olioa ateratzeko itsasoan eraikitako *offshore* plataformetatik eta itsasontzietako sareetatik, esaterako). Sare elektrikoak huts egiten duenean, mikrosareak deskonektatu egiten dira, baina hala ere, lanean jarrai dezakete.

Ondorioz, mikrosareen erabiltzaile direnek hornikuntza elektriko hobe eskura dezakete. Arrazoi ekonomikoak eta isuriekin lotutako arazoak kon-tuan izanda, energia merkeagoa eta garbiagoa lor daiteke mikrosareei esker.



1. irudia. Sorgailu eta karga desberdinez osatutako mikrosare baten eskema orokorra.



2. irudia. Sendai mikrosareari esker, Fukushima ospitale bateko argiek eta ekipamenduek funtzionatzen jarraitu zuten Tohoku Fukushi Unibertsitateko laborategiko zerbitzariak eta MRI klinikako makinek 2011n Japoniako kostaldea astindu zuen lurrikara lazgarriaren ostean. *New Energy and Industrial Technology Development Organization* erakundeak (NEDO) eskainitako irudia.

Hiru osagai nagusi dituzte mikrosareek: sorgailu sakabanatuak, metatze sistemak eta kargak. Mikrosareek aukera ematen dute sorgailu mota asko integratzeko; beraz, aukera paregabeak dira inguruan eskuragarri dauden baliabide naturalak. Baliabide berriztagarrietan zein ez-eberriztagarrietan oinarritu daitezke sorgailu sakabanatuak, ingurunean diren baliabideen arabera. Bestalde, energia metatzeko sistemek hobetu egiten dituzte mikrosarearen egonkortasuna, potentziaren kalitatea eta hornikuntzaren fidagarritasuna. Energia elektrikoa metatzeko eta eskaintza orekatzeko sortu ziren metatze sistemak. Era askotakoa da sistema horiek gauzatzeko erabili ohi den teknologia, bai energia metatzeko erari dagokionez (kimikoa, grabitatorioa, elektrikoa, termikoa, eta abar.), eta baita metatze sistemaren ezauzgarri dagokienez (potentzia, energia, pisua, tamaina, eraginkortasuna, eta abar). Bateriak, inertzia-bolanteak, superkondentsadoreak eta supererroaleak gailentzen dira metatze sistemen artean. Kargei dagokienez, esan beharra dago mota ezberdinetako kargak (bizitegikoak, industrialak, etab.) hornitzeko gaitasuna dutela horiek. Karga horiek kritikoak/sentikorak edo ez kritikoak izan daitezke, duten lehentasunaren arabera.

Bestalde, hurrengo atazak burutu behar ditu mikrosare baten kontrol sistemak: besteak beste, sorgailuen arteko karga-banaketa, potentziaren kalitatea bermatzea, energiaren merkatua parte hartzea eta zerbitzu laguntzaileak

1. taula. Mikrosareetan aplikatu daitezkeen estandar nabarmenenen laburpena.

| Estandarra | Deskribapena | Edukiak |
|-------------|--|---|
| IEEE 1547 | Baliabide sakabanatuak sarera konektatzeko irizpide eta betebeharrak. | <ul style="list-style-type: none"> • 1547.1 Adostasun-testa. • 1547.2 Aplikazio-gida. • 1547.3 Ikuskapena eta kontrola. • 1547.4 Baliabide sakabanatuen diseinua, operazioa eta integrazioa. • 1547.5 10 MVA baino potentzia handiagoa duten energia-iturriak sarearekin konektatzeko arauak. • 1547.6 Bigarren mailako banaketa-lineekin konektatzeko ezaugarriak. • 1547.7 Baliabide sakabanatuen eraginaren azterketa. • 1547.8 Metodoak eta prozedurak ezartzeko ematen diren argibideak. |
| EN 50160 | Banaketa-linea publikoen tentsioaren ezaugarriak. | <ul style="list-style-type: none"> • Behe tentsioko eta erdi tentsioko sareen tentsiaren kalitatearekin harremana duten fenomenoaren definizioak eta balio adierazgarriak. • Maiztasunaren, tentsio-aldaketaren, tentsio harmonikoaren, tentsio desorekatuaren eta flickeraren mugak. |
| IEC 61000 | Bateragarritasun elektromagnetikoa lortzeko beharrezko baldintza eta arau orokorrak. | <ul style="list-style-type: none"> • Segurtasun funtzioen eta integrazioaren betekizunak. • Bateragarritasun mailak. • Isurien eta immunitatearen mugak. • Neurketa eta test teknikak. • Instalatzeko argibideak eta arintzeko metodoak eta gailuak. |
| IEEE C37.95 | Kontsumitzaileen konektatze babes erreleak. | <ul style="list-style-type: none"> • Kontsumitzaileen zerbitzurako betekizunen ezarpena eta hornikuntza metodoak. • Babes sistemen diseinu aurreko hausnarketak. |

2. taula. AC eta DC mikrosareen abantailak eta desabantailak.

| | AC mikrosareak | DC mikrosareak |
|----------------------|--|--|
| Arkitektura | ✗ Oro har, elementu gehiago behar dira. | ✓ Egitura sinpleagoa, merkeagoa eta efizientzia altuagoa da. |
| Babesak | ✓ AC banaketa-lineetarako babes-gailuak erabil daitezke. | ✗ Eskuragarri dauden babes-gailuak urriak dira. |
| Banaketa-linea | ✗ Kableen lodiera handiagoa da. | ✓ Kableen lodiera txikiagoa da. |
| Kontrola | ✗ Kontrol-atazak ugariak dira. | ✓ Kontrola sinpleagoa da. |
| Teknologiaren egoera | ✓ Aurreratua da. | ✗ Ikertu beharra dago. |

hornitzea. Normalean, hiru mailako kontrol hierarkiko zentralizatu edo des-zentralizatu baten bidez lortzen dira helburu horiek:

1. **Sare maila** (*grid level*, ingelesez). Maila horretan, banaketa-linearen operadorea (DNO, *Distributed Network Operator*, ingelesez) eta merkatu-operadorea (MO, *Market Operator*, ingelesez) daude. Hauek dira horien ataza nagusiak:
 - a) Erdi tentsioko (MV, *Medium Voltage*, ingelesez) eta behe tentsioko (LV, *Low Voltage*, ingelesez) eremuen operazioaren ardurak mikrosare batzuk konektatuta daudenean.
 - b) Mikrosare batzuen kontrol zentralen (MGCC, *Microgrid Central Controller*, ingelesez) interfaze modura jokatzeko DNOak.
 - c) Mikrosareak parte hartzen badu merkatuan, MO bat edo gehiago erabiltzen dira.
2. **Gestio maila** (*management level*, ingelesez). MGCC blokea hurrengo atazetaz arduratzen da:
 - a) Mikrosarearen maiztasuna eta tentsioa hobetzen dituen berrezarpen-kontrola.
 - b) Mikrosarearen eta sarearen arteko sinkronizazioa.
 - c) Kargen sailkapenaz, zein karga elikatu behar den eta zein ez jakiteko.
 - d) Mikrosarearen sorkuntzaren optimizazioaz. Horretarako, faktore batzuk kontuan hartzen dira, hala nola, elektrizitatearen merkaturako salneurria eta sarearen segurtasuna.
3. **Eremu maila** (*field level*, ingelesez). Kontrol lokalek (LC, *Local Controller*, ingelesez) hurrengo eginkizunak dituzte:
 - a) Mikrosareko elementu direnen (sorgailu sakabanatuak, metatze sistemen eta kargen) barne kontrola.
 - b) Sorkuntzaren kontrola, hornikuntza bermatzeko eta sorkuntza kontsumoarekin orekatzeko.
 - c) Isolamenduaren detekzioa, mikrosareak sarera konektatuta edo deskonektatuta lan egiteko.

Estandarrei dagokienez, oraindik ez da garatu mikrosaretarako estandarrik. Hala ere, sorkuntza sakabanaturako estandar batzuk molda daitezke mikrosareetara. Alde horretatik, Estatu Batuetako IEEE 1547.4 estandarra hartzen da aintzakotzat, batez ere hurrengo puntuak lantzen dituelako: tentsioaren eragina, maiztasuna, potentziaren kalitatea, babes eskemak eta aldaketak, sorkuntza sakabanatuaren ezaugarriak, erreserba marjinak eta kargen hornikuntza. Berdin molda daitezke mikrosareetara Europako hainbat estandar, hala nola EN 50160 eta IEC 61000 estandarrak. I. taulan laburbilduta daude Europako eta Estatu Batuetako mikrosareetara molda daitezkeen estandarrak [3].

Ezaugarri interesgarri horiek guztiak direla-eta, komunitate zientifikoa buru-belarri ari da teknologia hori ikertzen hainbat enpresa eta erakundeekin batera. Alde horretatik, zenbait esparru teknikotan sakondu beharra dago, oraindik, mikrosareen ezaugarriak hobetzeko eta horien erabilera zabaltzeko [1,2]:

1. **Operazio optimoa:** Mikrosareetan erabiltzen diren potentzia-bihurgailuen mardultasuna hobetu behar da, batez ere sarean hutsegiteak gertatzen direnean. Helburu hori lortzeko, metatze sistemen fidagarritasuna eta energiaren kudeaketa sakon ikertu behar dira. Era berean, mikrosareetan potentzia-bihurgailuen kostua garrantzitsua denez, kostua txikitu eta fidagarritasuna eta eraginkortasuna handitu behar dira.
2. **Babes sistemak:** Mikrosareek sarera konektatuta zein deskonektatuta lan egiten dutenez, bi egoera horietara moldatu behar dira babes sistema horiek. Nahiz eta zenbait babes sistema proposatu diren, oraindik arlo horretan ikertu beharra dago.
3. **Informazioaren eta komunikazioen azpiegiturak:** Kontrol zentralizatu batek informazio-fluxu handia bidali behar du puntu zentral batera. Kontrol deszentralizatu batean, aldiz, puntu ezberdinetan banatzen da informazioa; horrez gain, *plug and play* ahalmena du. Hala ere, gaur egun kontrol zentralizatua hedatuago dago eta kontrol deszentralizatuak ikerkuntza gehiago behar du dituen abantaila guztiez behar bezala baliatzeko.
4. **Korronte zuzeneko (DC, Direct Current, ingelesez) mikrosareak:** Potentzia-bihurgailuen garapenak DC kargen kopurua handitu du eta gero eta DC sare gehiago aurki daitezke, korronte alternoko sareekin (ingelesez AC, *Alternating Current* direlakoekin) alderatuz gero. Aldiz, mikrosare gehienek AC teknologia erabiltzen dute DC mikrosareek oraindik ikerkuntza gehiago behar dutelako.

Azken ikerketa lerroari begira, DC mikrosareen banaketa-lineak korronte zuzenekoak direnez, ezberdintasun ugari dituzte korronte alternoko mikrosareekin alderatuz [2]. Jarraian, sare mota horiei buruz hitz egingo dugu.

2. KORRONTE ALTERNOKO ETA ZUZENKO MIKROSAREEN ARTEKO LEHIA

AC eta DC teknologiak orain dela 100 urte baino gehiago sortu ziren. Hasiera batean, AC teknologia gailendu zen hurrengo arrazoiak direla-eta: tentsioa maila ezberdinetara bihurtzeko erraztasuna, distantzia luzeetara potentzia transmititzeko aukera eta erregai fosilak darabiltzaten makina

3. taula. Mikrosare errealen, esperimentalen eta isolatuen adibide batzuk munduan zehar.

| Kontinentea | Herrialdea | Kokapena(k) | Arkitektura | | Sare mota | | |
|-------------|----------------|------------------------------|-------------|----|-----------|---------------|----------|
| | | | AC | DC | Erreal | Esperimentala | Isolatua |
| Amerika | Brasil | Chico Mendes, Ilha Ferradura | ✓ | ✓ | | | ✓ |
| | EEBB | Albuquerque, Washington | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| | Kanada | Senneterre, Boston Bar | ✓ | | ✓ | | ✓ |
| Antartika | Antartika | Utsteinen Nunatak | ✓ | | | | ✓ |
| Afrika | Hegoafrika | Lucingweni | ✓ | ✓ | | | ✓ |
| | Maroko | Akkan | ✓ | | | | ✓ |
| | Senegal | Diaka Madina | ✓ | | | | ✓ |
| Asia | Hong Kong | Town irla | ✓ | | | | ✓ |
| | India | Uttar Pradesh | ✓ | | | ✓ | |
| | Japonia | Akagi, Hachinoche | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| | Korea | Changwon | ✓ | | | ✓ | |
| | Txina | Tianjin, Hefei | ✓ | | ✓ | ✓ | |
| Europa | Alemania | Kassel, Manheim Wallstadt | ✓ | | ✓ | ✓ | |
| | Danimarka | Bornholm irla | ✓ | | ✓ | | |
| | Erresuma Batua | Manchester | ✓ | | ✓ | | |
| | Espainia | Derio, Medina | ✓ | | | ✓ | |
| | Frantzia | Lyon | ✓ | | | ✓ | |
| | Grezia | Athenas, Kithnos irla | ✓ | | | ✓ | |
| | Holanda | Bronsbergen, Groningen | ✓ | | ✓ | | |
| | Italia | Milan | ✓ | | | ✓ | |
| | Mazedonia | Agria | ✓ | | ✓ | | |
| | Norvegia | Utsira | ✓ | | ✓ | | |
| Portugal | Ilhavo | ✓ | | ✓ | | | |
| Ozeania | Australia | Newcastle, Kings Canyon | ✓ | | | ✓ | ✓ |

errotatiboetatik zuzenean energia ateratzeko aukera. Hala ere, potentzia-elektronikaren garapenak DC kargen eta DC potentzia-bihurgailuen kopuruak handitu ditu. Horren ondorioz, DC banaketa sistemak aplikazio anitzetan aurkitzen dira, esate baterako, aire-nabigazioan, automobil-industrian eta ontzi-industrian. Gainera, gero eta DC karga gehiago daude gure inguruan (ordenagailuak, zerbitzariak, gailu elektronikoak eta abar) [2].



3. irudia. Antartikan dagoen *Antartic Princess Elisabeth* ikerketa-estazioak energia berriztagarrietan oinarritutako mikrosare bat du energia elektrikoa ekoizteko. *Antartic Princess Elisabeth* estazioaren baimenarekin erreproduzituia.

Mikrosareen kasuan, teknologia bata edo bestea aukeratzeak bere ondorioak ditu. Oro har, DC kargen kopurua handiagoa izan ohi da; beraz, DC mikrosareen egitura sinpleagoa, merkeagoa eta efizientzia altuagokoa da AC mikrosareekin alderatuz gero. Kontrolari dagokionez, mikrosareen ataza batzuk kontrol sistema aurreratuekin kontrolatu behar izaten dira, ongi funtziona dezaten. AC mikrosareetan karga erreaktiboaren eta sinkronizazioaren kontrolak egin behar dira. Aldiz, ataza horiek ez dira beharrezkoak DC mikrosareetan. Horri esker, kontrola erraztu egiten da. Bestalde, DC lineen inpedantzia AC lineena baino txikiagoa da; gainera, azal-efektua (ingelesez *skin effect*) agertzen da AC sistemetako kableetan, hau da, korronte dentsitatea handiagoa da eroalearen gainazalean. Ezaugarri horien ondorioz, AC kableen lodiera DC kableena baino handiagoa da. Babes elektrikoak ere kontuan hartu behar dira. AC babesgailu ugari daude merkatuan, baina DC babesgailuak urriak dira oraindik. Hala ere, kontuan hartu behar da babes sistemen diseinua bi mikrosare motetarako egin behar dela. Teknologiaren egoerari dagokionez, DC teknologia baino aurrertuago dago AC teknologia.

Laburbilduz, DC mikrosareak kontrolatzeko errazagoak eta eragin-korragoak dira. Hala ere, DC mikrosareak oraindik urriak dira, batez ere gehiago ikertu behar direlako (2. taula).

3. MIKROSARE ELEKTRIKOAK MUNDUAN ZEHAR

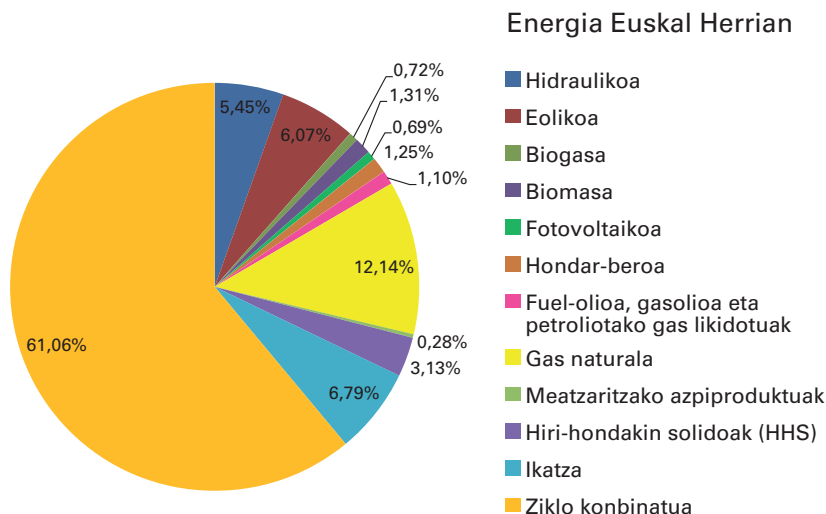
Mikrosareak aukera ona dira energia aldioro bermatu behar den aplikazioetan (ospitaleetan, zerbitzarietan eta abarretan), baita sarea mardula ez denean ere. Egun, mikrosareekin harremana duten 400 proiektu baino gehiago daude munduan zehar abian. Herrialdeei dagokienez, Kanada, EEBB eta Japonia dira (2. irudia) proiekturik gehien garatzen ari direnak (3. taula) [3-5]. Europan ere, gauzatzen ari dira mikrosarei buruzko proiektu batzuk, hala nola *Microgrids* eta *More microgrids* proiektuak. Mikrosareen operazioa, kontrola, babesak, segurtasuna eta komunikazioak ikertzeko eta garatzeko helburuak ditu lehenengo proiektuak. *More microgrids* proiektuaren helburuak bestelakoak dira. Esate baterako, estandarizazioa, mikrosareen inpaktua sarean, mikrosareen ordezko diseinuak, eta abarrekoak ikertzen ditu proiektu horrek. Gainera, 2005ean sortu zen *European Technology Platform for Electricity Networks of the Future* edo *SmartGrids ETP*, Europako etorkizunerako elektrizitatearen beharrak bermatzeko programa bat egiteko. Erakunde horren helburuen artean mikrosareak daude.

Bestalde, mikrosare isolatu ugari instalatu dira munduan zehar. Gehienetan, landa-elektifikazioarekin zerikusia dute azken horiek. Nahiz eta mikrosare horiek sare elektrikoarekin konektatuta ez izan, erabiltzaileen hornidura garbia eta eraginkorra ahalbideratzen dute. Horren adibide dira Antartikan (3. irudia), Hegoamerikan eta Afrikan aurki daitezkeenak.

4. MIKROSARE ELEKTRIKOAK EUSKAL HERRIAN

Kanpotik ekarritako baliabideekiko (erregaiekiko edota energiarekiko) menpekotasun oso handia du gaur egun Euskal Herriak (% 94 ingurukoa, hain zuzen ere). Azpimarratzekoa da Euskal Herriaren menpekotasuna Europar Batasuneko estatu kide gehienek dutena baino askoz handiagoa dela.

Euskal Herriak kontsumitzen duenaren % 6a baino ez du sortzen. Ziklo konbinatua da Euskal Herrian energia elektrikoa sortzeko teknologiarik erabiliena (4. irudia). Energia berriztagarriak, ordea, instalatutako potentziaren % 7a dira oraingoz [6]. Gauzak horrela, bi onura nagusi ekarriko litzukete mikrosareek gure ingurura: kanpoko energiarekiko menpekotasuna



4. irudia. *Red Eléctrica Española* (REE) 2012an argitaratutako «*El sistema eléctrico por comunidades*» txostenean argi ikus daitezke ziklo konbinatuak duela ekarpen energetikorik handiena Euskal Herrian.

murriztea alde batetik, eta energia berriztagarrien erabilera handitzea beste-tik. Gauzak horrela, abian dira mikrosareei buruzko zenbait proiektu Euskal Herrian. Ruralgrid proiektuak landa-arlotako mikrosareen diseinua eta garapena ditu helburu. Proiektu honetan, parte hartzen dute Euskal Herriko Unibertsitateak (UPV/EHU), *École Supérieure Des Technologies Industrielles Avancées* (ESTIA) eta Tecnaliak beste erakunde batzuekin batera. Donostia kokaleku duen *i-sare* proiektua da beste horietako bat [8]. Gipuzkoako Foru Aldundiak, Donostiako Sustapenak, Euskadiko Teknologia Elektronikoen eta Informazioaren Industrien Elkarteak (GAIA), IK4k, Donostiako Udalak, *Iberdrolak* eta *Jemak* sustatzen dute proiektu hori. Mikrosare eraginkorra, iraunkorra eta segurua sortzea dute helburu nagusi. Horrez gain, energia sortzeko eta metatzeko teknologiak garatzeko eta saiakuntzak egiteko proba-banku gisa erabiliko da mikrosare hori. Bestalde, Euskal Herriko energi sektorearen eraginkortasuna hobetzea eta energia berriztagarriak bultzatzea ditu helburu Donostiako *Enertic* erai-kinak [9]. Donostiako Sustapenak, Donostiako Udalak eta *Eskal Eurekak* sustatzen dute *Enertic* proiektua. Derion *Tecnalia Research & Innovation* fundazioak duen laborategian ere mikrosare bat aurki daitezke.

Azkenik, kontuan hartzekoak dira *Ente Vasco de la Energiak* (EVE) 2020rako dituen helburuak. Kogenerazioak eta energia berriztagarriek horniduran duten ekarpena handitzea, petrolioarekiko menpekotasuna murriz-

tea eta energia berriztagarrien ustiapena areagotzea dira helburu horietako batzuk [7]. Alde horretatik, Euskal Herrian mikrosareak ezartzea da helburu horiek guztiak lortzeko aukeretako bat.

5. ONDORIOAK

Mikrosareak energia berriztagarriak aukera ona dira sare elektrikoan integratzeko. Hainbat erakunde eta enpresa ari dira mikrosareei buruzko ikerketa proiektuak lantzen. Bereziki, DC mikrosareak dira gero eta arreta handiagoa erakartzen ari direnak, hauen abantailak direla-eta. Euskal Herrian ere mikrosareen ikerketa abian da, zenbait egitasmoren harira. Mikrosareak garatzea garrantzitsua da kanpo energiarekiko menpekotasuna ahalik eta gehien murrizteko, eta energia berriztagarrien erabilera zabaltzeko.

6. ESKER ONAK

UPV/EHUK finantzaturako eta Eusko Jaurlaritzako Hezkuntza, Unibertsitate eta Ikerketa sailak IT394-10 diru-laguntzaren bidez babestutako UFI11/16 Prestakuntza eta Ikerkuntza unitatean landu da, *Ministerio de Ciencia e Innovación*ek ENE2010-19187-C03-01 ikerkuntza proiektuaren bidez eta UPV/EHUK doktorego ondoko prestakuntza programetan sartu arte doktore berriak kontratatzeko deialdiaren bidez finantzatuta.

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] PLANAS E., IBARRA E., ANDREU J., MARTÍN J. L. eta ETXEBARRIA J. R. 2011. «Droop metodoak: potentzia-bihurgailuak paraleloan konektatzeko haririk gabeko metodoak». *Ekaia*, **24**. Zenbakia, 257-276.
- [2] JUSTO J. J., MWASILU F., LEE J. eta JUNG J. 2013. «AC-microgrids versus DC-microgrids with distributed energy resources: A review». *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. **24**. Zenbakia, 387-405.
- [3] PLANAS E., GIL-DE-MURO A., ANDREU J., KORTABARRIA I. eta MARTÍNEZ DE ALEGRÍA I. 2013. «General aspects, hierarchical controls and droop methods in microgrids: A review». *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. **17**. Zenbakia, 147-159.
- [4] HIROSI K., SHIMAKAGE T. eta REILLY J. 2013 *The Sendai Microgrid Operational Experience in the Aftermath of the Tohoku Earthquake: A Case Study*. New Energy and Industrial Technology Development Organization.
- [5] PRINCESS ELISABETH ANTARCTICA STATION. <http://www.antarcticstation.org/station/>.

- [6] RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA REE. 2012. *El sistema eléctrico español 2011.*
- [7] ENTE VASCO DE LA ENERGIA EVE. 2012. *Datos energéticos. Área de Estudios y Planificación. Euskadi energia 2011.*
- [8] I-SARE MICROGRID PROIEKTUA. www.i-sare.net.
- [9] ENERTIC PROIEKTUA. <http://enertic.eu/eu>.