

# ENERGIA ELEKTRIKOA KONTROLATU NAHIAN

EDORTA IBARRA BASABE  
Ingeniaritza Elektronikoko doktorea

**Z** iur aski, potentzia-elektronika eta potentzia-bihurgailu hitzek ezer gutxi esango diote jende gehienari. Hala ere, nabarmendu beharra dago gure inguruan diren hainbat aplikaziotan teknologia horrek duen garrantzia. Aplikazio horien adibide dira, besteak beste, energia berriztagarrietan oinarritzen diren sorkuntza-sistemak (haize-errotak, sistema fotovoltaikoak, etab.), makina bultzatzaileak, trenak, eta ibilgailu elektriko eta hibridoak. Batzuetan, posible da potentzia-bihurgailuen osagaiek huts egitea, sistemen osotasuna arriskuan jarritz. Alde horretatik, EHUko Goi Ingeniaritza Eskolako elektronika aplikatuko APERT ikerketa-taldean potentzia-bihurgailu matrizialen funtzionamendua ikertu da arazo horri aurre egiteko. Ikerketa-lan horren emaitza izan da autorearen doktore-tesia.

Etengailu modura jotzen duten gailu elektronikoak elkarrekin konektatuz eraikitzen dira potentzia-bihurgailuak (gailu erdieroaleak konbinatuz eraikitzen dira etengailu horiek), eta horien helburua energia elektrikoera kontrolatua transformatzea da. Helburu hori betetzeko, etengailuen pizte- eta itzaltze-aldiuneak era egokian kontrolatu behar dira. Horrela, posible da potentzia-bihurgailuen artean sarritan konektatuta egon ohi diren makina elektrikoaren posizioa, abiadura, momentu elektromagnetikoa eta abar kontrolatzea.

Potentzia-bihurgailuetan zenbait topologia bereiz ditzakegu, etengailuek duten konfigurazioaren arabera. Artezgailuak eta inbertsoreak dira, gaur egun, topologia helduen eta ezagunenetarikoa. Hala ere, tesian, bihurgailu matrizial (MC, *Matrix Converter*) izenarekin ezagutzen den potentzia-bihurgailu ikertu da sakon. Ezaugarri bereziak ditu bihurgailu horrek; teknologia hori garatzen den heinean, haren erabilera asko hedatu daiteke. Jarraian azalduko diren ezaugarriak esker, aplikazio oso berezietan erabili daitezke MCA.

## POTENTZIA-BIHURGAILU MATRIZIALA APLIKAZIO KRITIKO BEREZETAN

Alternotik alternorako (AC/AC) potentzia-bihurketa gauzatzea beharrezkoa da hainbat aplikazio industrialetan. Adibidez, haizearen eraginez haize-errotaren baten sorkuntza sortutako energia elektriko sarera moldatzeko egin ohi da bihurketa-mota hori. Zentzu horretan, AC/AC potentzia-bihurketa egiten duen bihurgailu berezia da MCA. AC/AC motako potentzia-bihurgailu konbentzionalak bi etapatan egiten dute bihurketa: alternotik jarraitura (AC/DC), lehenik eta behin, eta jarraitutik alternora

(DC/AC), ondoren. Potentzia-bihurgailu konbentzionalia guztiek ezaugarri komun bat dute: kondentsadore bat (edo gehiago) dute bihurketa-etapan artean. Kondentsadore horiek pisu eta bolumen handia izan ohi dute, eta tenperaturarekiko eta presioarekiko oso sentikorak dira. Gainera, garestiak dira, eta azkar zahartzen dira.

Aldiz, MCAk zuzenean egiten dute AC/AC bihurketa; beraz, ez dute kondentsadorerik erdibidean. Teknologia horri esker, kondentsadore elektrolitiko handiak erabili beharrik sortzen dituen desabantailak gainditu egiten dira neurri handi batean. Hala ere,



Presio altuko inguruneetan lan egin dezaketenez, urruneko kontrolaren bidezko urpekoetan erabiltzeko egokiak dira MCAk. ARG.: THE HIDDEN OCEAN, ARCTIC 2005 EXPLORATION, NOAA-OEK UTZITAKO ARGAKIA.



Etorkizunean, hegazkinen *flapei* eragiteko sistema elektrikoetan erabil daitezke MCak. ARG.: HELMUL BIERBAUM (WWW.AIRLINERS.NET) ARGAZKILARIAREN BAIMENAREKIN ERREPRODUZITUA.

MCek duten konplexutasuna oso handia da, bihurgailu konbentzionalek dutenarekin konparatuz gero. Aplikazio arruntetan oso zaila da MCak beste potentzia-bihurgailuak ordezkatzeari; baina bolumena, pisua eta presioa kontuan hartzeko faktoreak diren aplikazio berezietan, oso lehiakorra izan daitekeen bihurgailua da.

Gaur egun, hegazkinetako sistema hidrauliko pisutsuak sistema elektrikoekin ordezkatu nahian, buru-belarri ari dira lanean ingeniari aeronautikoak eta ikertzaileak (horien adibide dira hegazkinen *flapak* eragiteko erabiltzen diren sistemak). MCaren pisu eta bolumen txikiak kontuan izanda, esan daiteke bihurgailu hori oso hautagai egokia izan daitekeela aplikazio horietarako.

Bestalde, urruneko kontrolaren bidezko urpekoetan ere erabil daitezke MCak. Urpeko horiek higitzen dituzten makina elektrikoak eragiteko eta argiztapen-sistemak elikatzeke erabiltzen dira potentzia-bihurgailuak, besteak beste. Lau mila metro arteko sakoneretan lan egiteko daude pentsatuta urpeko horiek; ondorioz, presio oso handiak jasaten dituzte. Potentzia-bihurgailu konbentzionalek arazo handiak dituzte baldintza horietan funtzionatzeko.

Urpeko horien erabilera oso hedatuta dago gaur egun. Esaterako, petrolio-putzuetan konponketak egiteko, ozeanoan zeharreko telekomunikazio-sareak instalatzeko edota ikerketa ozeanografikorako erabiltzen dira urpeko horiek. Adibidez, El Hierro uhartetik hurbil sortu zen sumendia aztertzeke erabili ziren mota horretako urpekoak.

Aipatutako aplikazioek ezaugarri komun bat dute: haien fidagarritasuna faktore kritikoa da. Beste era batera esanda, sistemen funtzionamendu jarraitua bermatu beharra dago aplikazio horietan, nahiz eta erabiltzen diren sistemen osagaietako batek huts egin. Beraz, potentzia-bihurgailuak barne, hutsegite-tolerantzia izan behar du sistemak.

Sistema bat hutsegite-tolerantzia dela esaten da, sistema horrek hutsegiteei erantzuteko gaitasuna duenean, hau da, hutsegiteak gertatzean funtzionatzen jarraitzeko beharrezkoak diren funtzionalitate mini-

moak mantentzen dituen. Aplikazioaren arabera zehazten dira zein diren mantendu beharrezko funtzionalitate minimo horiek. Adibidez, El Hierro erabilitako *Liro-pus* urpekoaren eta horren antzekoak diren ikerketa ozeanografikorako hainbat urpekoaren kasuan, garrantzi handikoa da sistemak gainazalera itzultzeko gaitasuna izatea, nahiz eta urpekoa higitzen duten potentzia-sistemek huts egin. Kontuan izan behar da urpeko horiek benetan garestiak direla (1.450.000 euroko kostua izan du *Liro-pus* urpekoak).

MCak eskaintzen dituen abantailak aplikazio horietan erabili nahi badira, hobetu beharra dago bihurgailu horren hutsegite-tolerantzia. Horren haritik, MCarentzako soluzio hutsegite-tolerantzia berriak proposatu dira aipatutako doktore-tesian.

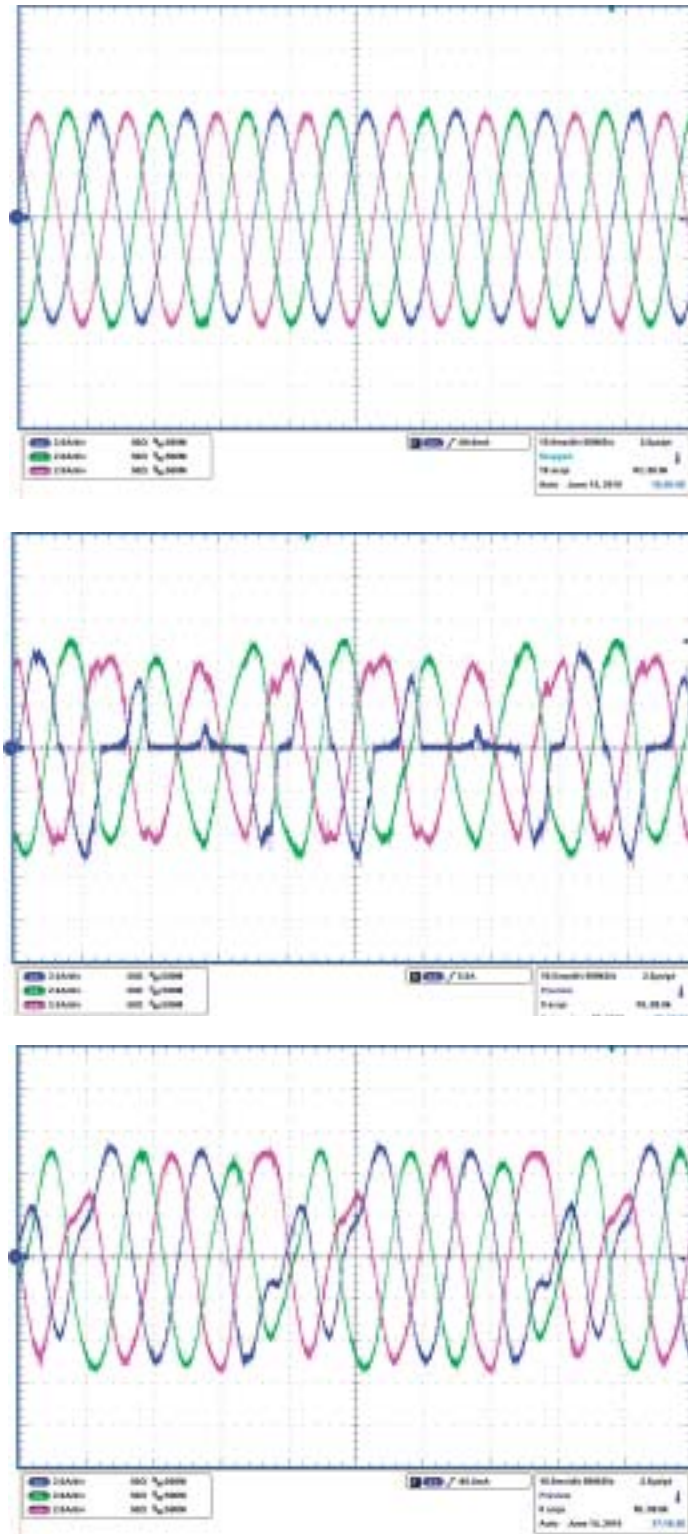
### POTENTZIA-BIHURGAILU MATRIZIAL HUTSEGITE-TOLERANTZIA BERRIA

MCak etengailu-kopuru oso handia du. Ondorioz, hutsegite-iturriak izateko aukera oso handiak dituzte etengailuek, eta baita horien aktibazioaz eta desaktibazioaz arduratzen diren *driver*ek ere (etengailuak osatzen dituzten gailu erdieroaleak kitzikatzeke erabiltzen dira *driver* horiek). Alde horretatik, etengailu bat zirkuitu irekian gelditzen da, dagozkion *driver*ek huts egiten dutenean (hau da, etengailu hori ezin da aktibatuta). Sistemaren funtzionamendu-maila kaskartzeaz gain, ezer egin ezean, hutsegite-egoera horiek arriskuan jartzen dute sistemaren osotasuna, gaintentsioak gertatzen baitira bihurgailuan.



EHUko APERT ikerketa-taldeko laborategian garatutako potentzia-bihurgailu matrizial hutsegite-tolerantziailearen plataforma esperimental. Ezkerretik eskuinera: kontrolaz arduratzen den RT-Lab eMEGAsim gailu digitala, MCaren prototipoa, iturri eta karga programagarriak eta osziloskopioa. ARG.: © EORTA IBARRA/EHU.





MC prototipoak irteeran sintetizatutako korronteen emaitza esperimentalak: (a) sistemak ongi funtzionatzen duenean, (b) MCaren etengailuetako bat zirkuitu irekian denean (funtzionamendu kaskarra) eta (c) kontrol algoritmo hutsegite-toleratzailea ezartzean (funtzionamendu pseudo-optimoa)\*. ARG.: © EDORTA IBARRA/EHU.

\* Emaitzak aurkezten dituzten irudiak artikuluko zientifikoko honetan argitaratutakoak dira: IBARRA, E. ET AL: (2011). New Fault Tolerant Matrix Converter. *Electric Power Systems Research*. 81 (2): 538-552.

Hutsegite-mota horri erantzuteko gaitasuna duen estrategia hutsegite-toleratzaile berria proposatu da doktore-tesian. Alde batetik, huts egin duen osagaia zehazten duen detekzio-algoritmo berria proposatu da. Bestalde, bihurgailua gaintentsioetatik babesten duen eta sistemaren funtzionamendu-maila nabarmen hobetzen duen kontrol-algoritmo berria proposatu da.

Plataforma esperimental konplexu bat eraiki da ikerketa-laborategian, algoritmo berria balioztatzeko. Lortutako emaitzek erakusten dutenez, kontrol-algoritmo berri horren bidez arrisku-egoeratik irteteko funtzionamendu egokia lortzen du sistemak (abiadura-kontrolak errore txikia du abiadura-eremu zabal batean). Proposatutako soluzioa aurrerapauso handia izan liteke aplikazio kritiko berezietan MCaren erabilera zabaltzeko. ●

## BIBLIOGRAFIA

- ATEN, N. ET AL: (2006). Reliability Comparison of Matrix and Other Converter Topologies. *IEEE Transactions On Aerospace and Electronic Systems*. 42 (3): 867-875.
- CASADEI, D. ET AL: (2002). Matrix Converter Modulation Strategies: A New General Approach Based on Space-Vector Representation of the Switch State. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*. 49 (2): 370-382.
- DE LILLO, L. ET AL: (2010). Multiphase Power Converter Drive for Fault-tolerant Machine Development in Aerospace Applications. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*. 57 (2): 575-583.
- KWAK, S.; KIM, T.; PARK, G.: (2010). Phase-redundant-based Reliable Direct AC/AC Converter Drive for Series Hybrid Off-highway Heavy Electric Vehicles. *IEEE Transactions on Industrial Electronic*. 59 (6): 2674-2688.
- NAKATANI, F.: (2008). Technologies for Energy Saving in Industrial Field. *IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering*. 3: 190-198.
- SNARY, P. ET AL: (2005). Matrix Converters for Sensorless Control of PMSMs and other Auxiliaries on Deep-sea ROVs. *Proc. of the IEEE Electric Power Applications Conference*. 152 (2): 382-392.
- WHEELER, P. ET AL: (2002). Matrix Converters: a Technology Review. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*. 55 (8): 276-288.

### Eskerrak

Ikerketa hau Euskal Herriko Unibertsitateak finantzatu zuen, 2007-2011 doktoretza-aurreko bekaren bidez.