



IKER
GAZTE
NAZIOARTEKO
IKERKETA EUSKARAZ

IV. IKERGAZTE NAZIOARTEKO IKERKETA EUSKARAZ

2021eko ekainaren 9, 10 eta 11a
Gasteiz, Euskal Herria

ANTOLATZAILEA:
Udako Euskal Unibertsitatea (UEU)

INGENIARITZA ETA ARKITEKTURA

**Potentzia prozesamendu
partzialean oinarritutako
bihurgailuak,**

*Jon Anzola, Iosu Aizpuru
eta Asier Arruti*

11-15 or.

<https://dx.doi.org/10.26876/ikergazte.iv.03.01>



Potentzia prozesamendu partzialean oinarritutako bihurgailuak

Anzola, J., Aizpuru, I., Arruti, A.
Mondragon Unibertsitatea
janzola@mondragon.edu

Laburpena

Azken urteotan, ikerketa-ildo askok potentzia-bihurgailuen errendimendua hobetzeko ahaleginak egin dituzte. Testuinguru horretan, literatura zientifikoan ageri den proposamenetako bat potentziaren prozesamendu partziala da. Estrategia hauen helburua potentziako bihurgailuak prozesatu beharreko potentzia murriztea da. Horrela, bihurgailuak sortutako galerak gutxitzen dira, bere tamaina bezalaxe. Hori kontuan hartuta, ikerketa-lan honen helburu nagusiak potentzia prozesamendu partzialaren egungo egoera deskribatzea, haren funtzionamendua ulertzea eta haren abantailak eta desabantailak zehatz-mehatz aztertzea dira.

Hitz gakoak: Potentzia-elektronika, potentzia-prozesamendu partziala, potentzia partzialeko bihurgailuak

Abstract

In recent years, many research lines have made efforts to improve the performance of power converters. In this context, literature proposes strategies based on partial power processing, in which the power to be processed by the converter is reduced. Thus, the losses produced are reduced, as does its size. Taking this into account, the main objective of this research work is to describe the current state of partial power processing, to understand its functioning, and to study its advantages and disadvantages.

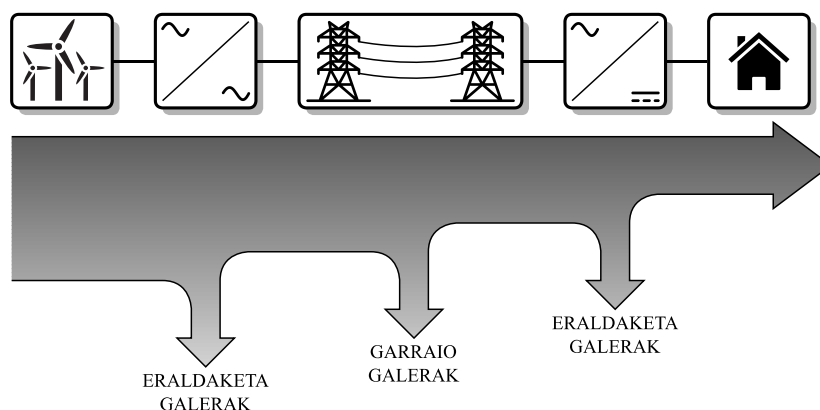
Keywords: Power electronics, Partial power processing, Partial power converters

1. Sarrera

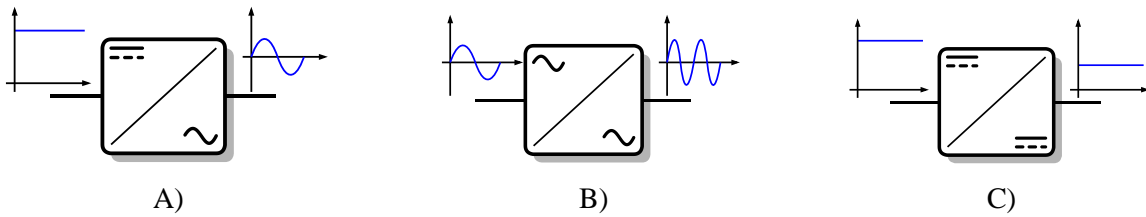
Ekoizpenetik kontsumora, energia hainbat aldiz bihurtzen da, 1. irudia. ikus daitekeen moduan. Ondorioz, kablearen berezko garraio-galerez aparte, energia elektrikoa eraldatzen den bakoitzean, energia galera gehiago sortzen dira. Normalean, energia transformazio hauek transformadore edota potentzia bihurgailuen bidez egiten dira. Sare elektrikoak aplikazioez gain, potentzia bihurgailuak hainbat aplikaziotan erabiltzen dira, hala nola, gailu elektronikoen kargak, ibilgailu elektrikoaren karga, etxetresna elektrikoetan... Ondorioz, etorkizun iraunkor bati begira, osagai giltzarri gisa identifikatzen dira.

Potentzia-bihurgailuak sailkatzeko irizpide ezberdin asko daude (osagai kopurua, isolamendu galbanikoa, iturri mota), baina, korrontearen uhin-formari dagokionez, hiru potentzia-bihurgailu mota daude: i) DC-AC edo AC-DC, (ii) AC-AC eta (iii) DC-DC. Lehenengoi dagokionez (2. irudia. A), DC-AC edo AC-DC bihurgailuak (potentzia inbertsoreak edo errektifikadoreak) korrante zuzenetik korrante alternora edo alderantziz aldatzeko beharrezkoa duten aplikazioetan inplementatzen dira. Bigarrenik (2. irudia. B),

1. irudia. Energia elektrikoaren banaketa sistemaren kable bakarreko diagrama sinplifikatua.



2. irudia. A) DC-AC edo AC-DC bihurgailua. B) AC-AC bihurgailua. C) DC-DC bihurgailua.



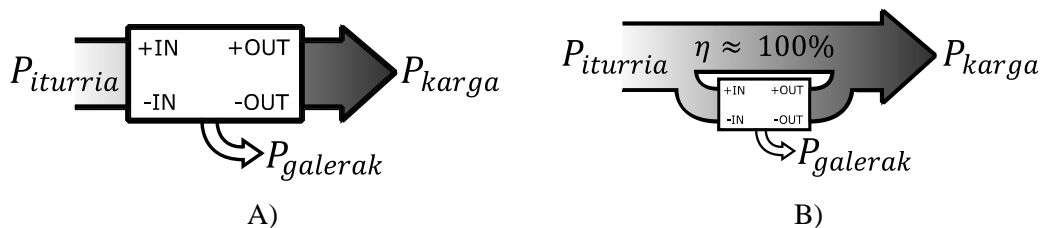
AC-AC bihurgailuak korrante alternoko iturri bat tentsio maila edota frekuentzia batetik bestera bihurtzen dute. Azkenik, DC-DC bihurgailuak daude (2. irudia. C). Honakoek korrante zuzeneko iturria tentsio maila batetik bestera bihurtzen dute.

Lehen aipatu den bezala, potentzia bihurgailuen errendimendua eta tamaina parametro giltzarri bihurtu da. Izan ere, etorkizun energetikoki iraunkorra lortzeko, ikerketa lerro ezberdinak jarraitzen ari dira bihurgailuen potentzia galerak murrizteko, adibidez, semikonduktore teknologia berrien garapena (SiC eta GaN), errendimendu handiko topologiak garatzea (bihurgailu erresonanteak) edo potentzia partzialeko prozesamenduan (PPP) oinarritutako arkitekturak. Azken irtenbide hau da gure ikerketaren aztergai nagusia, DC-DC aplikazioetan zentratuta.

2. Potentzia prozesamendu partzialaren oinarria

Bere izenak adierazten duen bezala, PPP kontzeptuan oinarritutako bihurgailu batek iturri batetik kargara doan potentzia osoaren portzentaje murriztua bakarrik prozesatzen du. Adibide moduan, 3. irudia. -k potentzia prozesamendu totalen (PPT) eta PPP-n oinarritutako bihurgailu baten energia fluxuak erakusten ditu. Alde batetik, 3. irudia. A-n PPT aurkezten den bihurgailua iturritik kargara doan energiaren %100a prozesatzeko diseinatuta dago, galera kopuru jakin bat sortuz. Bestalde, 3. irudia. B-n PPP kontzeptua erakusten da, non bihurgailuak prozesatutako potentzia murrizten den. Hau da, PPP-n oinarritutako bihurgailuak iturritik kargara doan potentziaren zati bat baino ez du prozesatzen. Honela, potentzia bihurgailuak sortutako galerak murriztu egiten dira, baita bere tamaina ere (Zientarski *et al.*, 2018).

3. irudia. Potentzia fluxu diagrama. A) PPT. B) PPP.



(1),(2) ekuazioek bihurgailuaren efizientziak sistemaren efizientzian duen eragina deskribatzen dute, PPT eta PPP arkitekturaren arabera. PPP arkitektura batean oso garrantzitsua da bihurgailuaren eta sistemaren arteko tentsio, korrante eta potentzia parametroen arteko ezberdintasuna kontuan hartzea. Horregatik, PPT-ekin ez bezala, PPP arkitektura batean, bihurgailuaren eta sistemaren efizientziak ez dira berdinak.

$$\eta_{sisPPT} = \frac{P_{karga}}{P_{iturria}} = \eta_{bih} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \tag{1}$$

$$\eta_{sisPPP} = 1 - \frac{P_{in}}{P_{source}} \cdot (1 - \eta_{bih}) = 1 - K_{pr} \cdot (1 - \eta_{bih}) \tag{2}$$

Non, η_{sis} eta η_{bih} sistemaren eta bihurgailuaren efizientziak dira, K_{pr} bihurgailuak prozesatutako potentzia ratioa da (aldagai hau aurrerago sakonduko da) eta P_{in} eta P_{out} bihurgailuaren sarrera eta irteera potentziak dira.

3. Helburuak

Aurrekoa kontuan hartuta, ikerketa honek hurrengo galderari erantzuna ematea hartu du helburutzat:

Posible al da, gaur egungo aplikazio batean PPP-n oinarritutako bihurgailu bat inplementatzea efizientzia, tamaina eta koste emaitzak hobetuz?

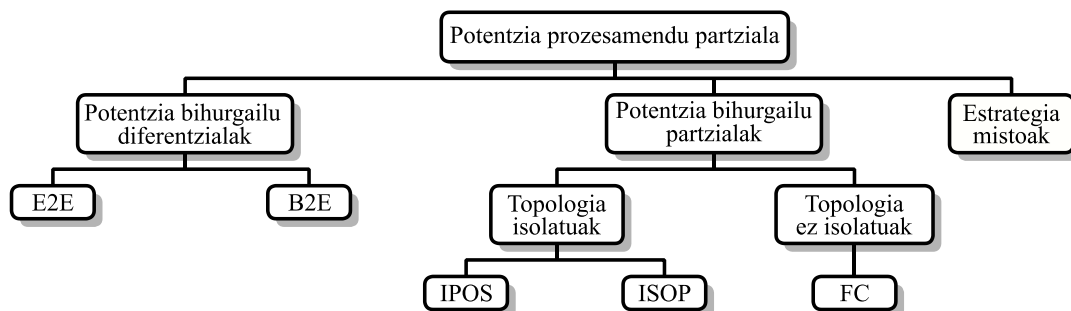
Galdera horri erantzun bat eman ahal izateko, hurrengo pausuk garatuko ditugu. Lehenik eta behin, orain arte PPP-aren inguruan publikatutako ikerketak aztertu eta klasifikatuko dugu. Horrela, PPP estrategia ezberdinak eta hauen aplikazio egokienak zein diren ondorioztatu dezakegu. Bigarrenik, PPP arkitekturek aurkezten dituzten abantailak eta desabantailak aztertuko ditugu. Honen helburua, PPP estrategia bakoitzaren mugak zehaztea eta hobetu beharreko ahulguneak identifikatzea da. Azkenik, eskala txikiko prototipo bat muntatzea proposatzen da. Honen bidez, entsegu ezberdinak garatu daitezke literaturan aurkeztutako emaitzak egiaztatzeko eta ikerketaren lehengo pausuk eman ahal izateko.

4. Ikerketaren muina

Orain arte aurkeztutako literatura aztertu ondoren, hiru PPP estrategia ezberdin identifikatu ditugu (4. irudia.) (Anzola *et al.*, 2020):

1. Potentzia bihurgailu diferentzialak (PBD): seriean konektatuta dauden elementu ezberdinen arteko korrante desorekak zuzendu nahi dituzten potentzia bihurgailuak dira (Shenoy, 2012),(Khan and Xiao, 2017).
2. Potentzia bihurgailu partzialak (PBP): hauen helburu nagusia iturri eta karga baten arteko energia-fluxua, korrantea eta tentsio-maila kontrolatzea da (Zientarski *et al.*, 2015).
3. Estrategia mistoak: errendimendu hobea eskaintzen dute aplikazio zehatzetan, non PBD eta PBP bihurgailuek desabantaila handiak erakusten dituzten (Shousha *et al.*, 2017).

4. irudia. PPP estrategien klasifikazioa.

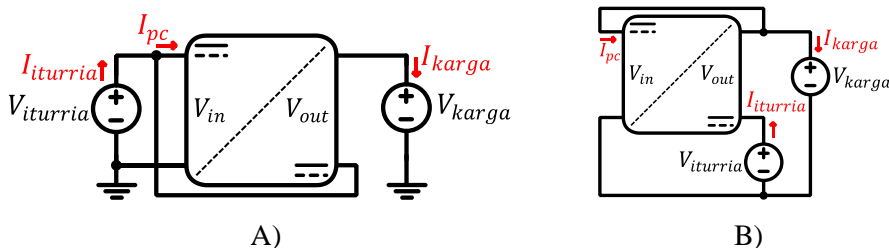


Aurkeztutako PPP estrategien artean, PBP-etan zentratzea erabaki dugu. Izan ere, hauek moldakortasun handiagoa erakusten dute eta ondorioz, beraien aplikazio kopurua nabarmenagoa da (Iyer *et al.*, 2018),(Zientarski *et al.*, 2017): kotxe elektrikoaren karga, energia metatze sistemen inplementazioa, aplikazio fotovoltaiakoak, hidrogeno berdearen ekoizpena...

4.1. Potentzia bihurgailu partzialak

Aurretik azaldu dugun bezala, PBP baten helburu nagusia tentsio/korrante maila ezberdineko iturri eta karga baten arteko potentzia fluxua kontrolatzea da. Horretarako, arkitektura ezberdinak proposatu ditugu. 5. irudia. -n aurkezten den bezala, PBP arkitektura baten, bihurgailuaren sarrerako eta irteerako borneak beraien artean konektatzen dira modu ezberdinetan. Alde batetik, 5. irudia. A-n *Input-Parallel-Output-Series* (IPOS) aurkezten da, eta, 5. irudia. B-n berriz, *Input-Series-Output-Parallel* (ISOP).

5. irudia. PBP arkitekturak. A) IPOS. B) ISOP.



Bi arkitekturak alderatzeko asmoz, aurretik aurkeztutako aldagaia erabiliko da: bihurgailuak prozesatutako potentzia ratioa, K_{pr} . Horretarako, IPOS arkitektura (5. irudia. A) ereduztat hartuz, Kirchhoffen legeak aplikatu behar dira, (3),(4) ekuazioak lortuz. Bestetik, sistemaren efizientzia eta K_{pr} -a definitzen dira, (5),(6) hurrenez hurren.

$$V_{iturria} + V_{out} = V_{karga} \tag{3}$$

$$I_{iturria} = I_{pc} + I_{karga} \tag{4}$$

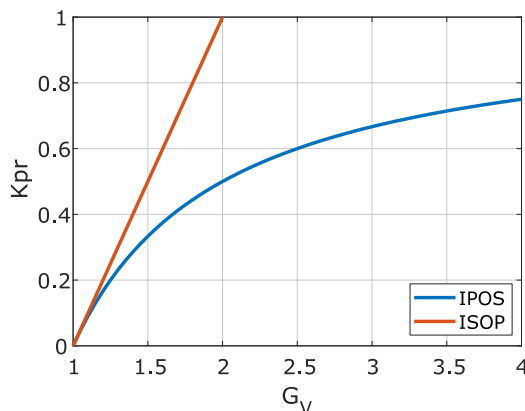
$$\eta_{sis} = \frac{V_{karga} \cdot I_{karga}}{V_{iturria} \cdot I_{iturria}} \tag{5}$$

$$K_{pr} = \frac{P_{bih}}{P_{iturria}} = \frac{V_{out} \cdot I_{karga}}{V_{iturria} \cdot I_{iturria}} \tag{6}$$

Ondoren, (3)-(5) ekuazioak (6)-n aplikatuz, posible da dagokion arkitekturaren K_{pr} kurba tentsio-irabazpenaren ($G_V = \frac{V_{karga}}{V_{iturria}}$) eta efizientziaren menpe lortzea (7). Prozedura berdina ISOP-arekin jarraituz, 6. irudia. -n aurkezten ditugun kurbak lortu daitezke.

$$K_{pr} = \eta_{sis} \cdot \frac{G_V}{G_V} \tag{7}$$

6. irudia. Bihurgailuak prozesatutako potentzia ratio kurbak.



6. irudia. aztertuz, 2 arkitekturek K_{pr} kurba ezberdinak lortzen dituztela ikusi dezakegu. Izan ere, IPOS-ak edozein tentsio-irabazpen balioentzako K_{pr} emaitza baxuagoa lortzen du. Ondorioz, IPOS arkitektura bat inplementatuz, bihurgailuak potentzia gutxiago prozesatuko du. Bestetik, $G_V > 1$ denean, ISOP arkitekturak 1 baino handiagoko K_{pr} balioak lortzen ditu. Kasu horretan, PPP eremutik kanpo ari da lanean eta, ondorioz, onura guztiak galtzen dira. Azkenik, esan beharra dago, bai IPOS zein ISOP arkitekturetan, topologia isolatuak behar direla. Bestela, $V_{iturria}$ -n zirkuitu laburra sortzeko arriskua dago.

4.2. Desabantailak

Orain arte, PBP-n abantailak baino ez ditugu aurkeztu, baina arkitektura mota hauek ere badituzte kontuan hartu beharreko desabantailak. Lehenik, ez dago PBP-n oinarritutako arkitekturarik iturriaren eta kargaren arteko isolamendu galbanikoa bermatzen duenik. Horregatik, aplikazio zehatz batzuetan soluzio hau onartezina izan daiteke. Bigarrenik,

sistemako parametroekin alderatuta, bihurgailuaren barruko elementuak tentsio-maila baxuetarako diseinatuta daudenez, tentsio-babeseko zirkuitua edo kontrol estrategia bat gehitu behar da hasierako baldintzetarako. Bestetik, PBP baten K_{pr} balioa aplikazioaren tentsio-ganantziarekiko zuzenki proportzionala da. Ondorioz, tentsio salto handiko aplikazioetan PBP arkitekturak desegokiak izan daitezke. Azkenik, PPT batekin alderatuta, PBP arkitektura batean inplementatzen den topologia batek operazio eremu handiago baten egingo du lan (Mahadeva Iyer *et al.*, 2019). Honek, estres handiagoa sor dezake bihurgailuaren osagaietan, bere biziraupena eta errendimendua kaltetuz.

5. Ondorioak

Ikerketa honetan zehar DC-DC aplikazioetarako PPP soluzioen inguruko azterketa garatu da, honako ondorioak lortuz.

Lehenik eta behin, literaturari dagokionez, 3 PPP estrategia ezberdin sailkatu ditugu: PBD, PBP eta mistoak. PBP-etan zentratuta, ekuazio matematikoen bidez, hauek bihurgailuak prozesatu beharreko potentzia kantitatean duten eragina kalkulatu dugu. Horien arten, IPOS arkitektura egokiena dela ondorioztatu dugu. Hala ere, soluzio hauen inplementazioa aplikazio zehatz batzuetara mugatu behar dela ikusi dugu. Zehatzagoa izanda, isolamendu galbanikorik gabeko eta tentsio salto txikiko aplikazioetan.

6. Etorkizunerako ildoak

Honako dokumentuan PBP arkitekturak aurkeztu ditugu baina, hauen barnean inplementatu beharreko topologiak ez ditugu aztertu. Horregatik, autoreek beharrezkoa ikusten dugu topologia ezberdinak arkitektura berean simulatzea eta alderatzea. Horrela, topologia egokiena aurkitzea espero dugu. Bestetik, PBP-en desabantaileri dagokionez, erronka desberdinak aurreikusten ditugu, adibidez: hasiera baldintzetarako kontrola eta mutur operazio eremuetarako modulazio berriak. Azkenik, simulazioetan lortutako emaitzak eta ondorioak egiaztatzeko asmoz, eskala txikiko bihurgailu bat montatzeko asmoa dugu.

7. Erreferentziak

- Anzola, J. *et al.* (2020) 'Review of Architectures Based on Partial Power Processing for DC-DC Applications'. doi: 10.1109/ACCESS.2020.2999062.
- Iyer, V. M. *et al.* (2018) 'Extreme fast charging station architecture for electric vehicles with partial power processing', *Conference Proceedings - IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition - APEC*, 2018-March, pp. 659–665. doi: 10.1109/APEC.2018.8341082.
- Khan, O. and Xiao, W. (2017) 'Review and qualitative analysis of submodule-level distributed power electronic solutions in PV power systems', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Elsevier Ltd, 76(March), pp. 516–528. doi: 10.1016/j.rser.2017.03.073.
- Mahadeva Iyer, V. *et al.* (2019) 'An Approach Towards Extreme Fast Charging Station Power Delivery for Electric Vehicles with Partial Power Processing', *IEEE Transactions on Industrial Electronics*. IEEE, PP, pp. 1–1. doi: 10.1109/tie.2019.2945264.
- Shenoy, P. S. (2012) *Improving Performance, Efficiency, and Reliability of Dc-Dc Conversion Systems By Differential Power Processing*.
- Shousha, M. *et al.* (2017) 'Design and Implementation of Assisting Converter-Based Integrated Battery Management System for Electromobility Applications', *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics*, 6(2), pp. 825–842. doi: 10.1109/JESTPE.2017.2736166.
- Zientarski, J. R. R. *et al.* (2015) 'Understanding the partial power processing concept: A case-study of buck-boost dc/dc series regulator', in *2015 IEEE 13th Brazilian Power Electronics Conference and 1st Southern Power Electronics Conference, COBEP/SPEC 2016*. doi: 10.1109/COBEP.2015.7420092.
- Zientarski, J. R. R. *et al.* (2017) 'Series-Connected Partial-Power Converters Applied to PV Systems: A Design Approach Based on Step-Up/Down Voltage Regulation Range', *IEEE Transactions on Power Electronics*, 33(9), pp. 7622–7633. doi: 10.1109/TPEL.2017.2765928.
- Zientarski, J. R. R. *et al.* (2018) 'Evaluation of Power Processing in Series-connected Partial-power Converters', 6777(c), pp. 1–10. doi: 10.1109/JESTPE.2018.2869370.