

## Electronics and electrical engineering Elektronika ir elektros inžinerija

### FLYBACK MIKROINVERTERIO, SUDARYTO IŠ DVIEJŲ RAKTŲ, MODELIO MATLAB SIMULINK APLINKOJE SUDARYMAS IR TYRIMAS

Edvardas BIELSKIS<sup>1,\*</sup>, Martynas ŠAPUROV<sup>2</sup>, Gediminas VALIULIS<sup>3</sup>, Dainius BALBONAS<sup>4</sup>

<sup>1, 2</sup>Fizinių ir technologijos mokslų centras, Vilnius, Lietuva

<sup>2</sup>Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Vilnius, Lietuva

<sup>1, 3, 4</sup>Šiaulių universitetas, Šiauliai, Lietuva

Gauta 2018 m. birželio 15 d.; priimta 2018 m. birželio 20 d.

**Santrauka.** Darbe pateikti siūlomo *flyback* tipo mikroinverterio, sudaryto iš dviejų raktų, modeliavimo rezultatai *Matlab Simulink* aplinkoje. Tyrimo tikslas – įvertinti siūlomo *flyback* mikroinverterio modelio veikimą virtualioje *Matlab Simulink* aplinkoje, kai mikroinverteris veikia autonomiškai (energetinėje saloje) ir lygiagrečiai su vietiniu elektros tinklu. Darbe imituojamas autonomiškas mikroinverterio darbas su netiesiniais elektros tinklo apkrovos elementais ir harmonikomis užterštame elektros tinkle. Taip siekiama įvertinti mikroinverterio tiekiamos į tinklą sinusinės formos srovės reakciją į tinklo įtampos harmoninius iškraipymus. Ištyrus pasiūlyto *flyback* mikroinverterio eksperimentinį modelį *Matlab Simulink* aplinkoje, nustatytas mikroinverterio išėjimo signalo atsparumas iškraipymams jam veikiant autonomiškai ir imituojant elektros tinklą, paveiktą aukštesniosiomis eilės harmonikomis.

**Reikšminiai žodžiai:** *flyback* keitiklis, mikroinverteris, viršįtampiai, elektros tinklas, PID reguliatorius, harmonikos.

#### Įvadas

Mikroinverteriai (angl. *grid tie inverters*) naudojami mažos galios elektros energijai generuoti į vietinį elektros tinklą. Mikroinverterių klasei priskiriami tokie keitikliai, kurių maksimali tiekiamą į tinklą galia nėra didesnė nei 250 W (Rasedul ir Saad, 2017).

Mažos galios inverteriuose (mikroinverteriuose) dažnai aptinkama *flyback* keitiklio topologija (Robert, 2001). Lyginant su kito tipo topologijomis (pvz., *forward* ir *push-pull*), *flyback* tipo keitiklių naudingumo faktorius yra didžiausias, jų paprastesnė struktūra (Ouyang ir Zhang, 2015).

Pažymėtina, kad, be šių teigiamų savybių, *flyback* inverterio keitiklinė dalis turi nepageidaujamų reiškinių. Šiame keitiklyje aptinkama didelių parazitinio sklaidos srauto magnetinėje sistemoje reiškinių (angl. *leakage inductance*) (Ouyang ir Zhang, 2015; Leuenberger ir Biela, 2015), kurie raktų komutacijos metu kuria keitiklio galios grandinėse viršįtampius (angl. *voltage spikes*). Šie viršįtampiai mažina keitiklio naudingumo faktorių ir maksimalią leidžiamąją galią. Viršįtampiui gesinti naudojamos papildomos slopinimo elektrinės grandinės (angl. *clamping circuit*), kurios įtampos šuolius sumažina iki nepavojingo elektronikos komponentams lygio (Radvan, Dobrucky, Frivaldsky ir

Rafajdus, 2011). Ši priemonė paprastai yra veiksminga keitikliui dirbant ne didesne kaip 60–75 % galia lyginant su vardine galia. Neretai norint padidinti keitiklio galią, naudojamos aktyviosios viršįtampį slopinančios grandinės, kuriose panaudojant papildomus raktus, viršįtampio energija sukaupiama reaktyviuose elementuose (kondensatoriuose) ir toliau grąžinama į keitiklio pirminį energijos šaltinį (Zhengzhao, Wenping ir Zhengyu, 2016).

Viršįtampijų susidarymo priežastys priklauso nuo *flyback* keitiklio įtampą aukštinančio transformatoriaus savybių: apvijų išdėstymo karkase, oro tarpo, pirminės ir antrinės tarpusavio apvijų padėties (Bielskis, Baškys ir Sapurov, 2016).

#### 1. Siūlomo *flyback* keitiklio struktūra ir veikimo principas

Siūlomo *flyback* keitiklio topologija gali panaikinti bet kokio dydžio *flyback* tipo transformatoriaus kuriamus viršįtampius, energiją nukreipiant atgal į pirminį maitinimo šaltinį ir perduodant į keitiklio išėjimą.

*Flyback* keitiklio veikimo principas pagrįstas „pusės tiltelio“ veikimo principu (angl. *half bridge*), veikiant dviem

\*Autorius susirašinėti. El. paštas [edvardas.bielskis@su.lt](mailto:edvardas.bielskis@su.lt)

raktams – lauko tranzistoriams. Šie raktai turi lygiagrečiai įjungtus diodus – nevaldomus raktus, kurie sujungti taip, kad nebūtų laidūs esant prijungtai pirminio maitinimo šaltinio kuriamai įtampai. Siūlomo keitiklio veikimo principas pagrįstas IPM (impulsu pločio moduliacija) dviem vyksmais per ciklą (1 paveikslas):

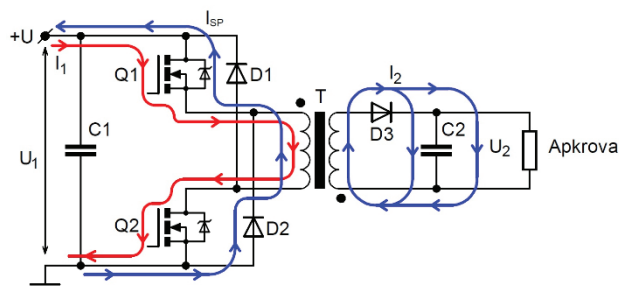
1. Kai valdomi raktai Q1 ir Q2 atsidaro (1 paveikslas), tuomet pirminis maitinimo šaltinis sujungiamas su *flyback* transformatoriaus pirmine apvija. Transformatoriaus pirmine apvija ima tekėti srovė  $I_1$ , o magnetiniame lauke kaupiama energija.
2. Kai valdomi raktai Q1 ir Q2 užsidaro (1 paveikslas), tuomet dėl saviindukcijos reiškinio pirminėje ir antrinėje apvijose išlaisvinta magnetinio lauko energija sukuria elektrovaras. Antrine apvija tekanti srovė  $I_2$  įkrauna keitiklio išėjime esantį kondensatorių, kuris maitina apkrovą. Dėl atitinkamai parinkto santykio tarp pirminės ir antrinės transformatoriaus apvijų pirminėje apvijoje indukuota elektrovara tampa parazitiniu viršįtampiu, kurio sukurtos srovės  $I_{SP}$  įtaką mažina nevaldomi raktai – diodai D1 ir D2. Tokiu būdu viršįtampio energija grąžinama atgal į maitinimo šaltinį.

Siūlomoje keitiklio topologijoje lauko tranzistorių tiesioginė įtampa gali būti parenkama mažesnė negu tradiciniuose *flyback* keitikliuose, kur paprastai tranzistoriai parenkami daug didesnės įtampos nei pirminio maitinimo šaltinio įtampa. To reikia, kad tranzistoriai atlaikytų viršįtampio ir antrinės įtampos atvaizdo amplitudinę vertę:

$$U_{\text{maks}} = U_1 + U_{SP} + U_2 \frac{n_1}{n_2}, \quad (1)$$

čia  $U_{\text{maks}}$  – maksimali indukuota įtampa;  $U_1$ ,  $U_2$  – keitiklio įėjimo ir išėjimo įtampos;  $U_{SP}$  – saviindukcijos kuriamas viršįtampis;  $n_1$  ir  $n_2$  – pirminės ir antrinės apvijų vijų skaičius.

Kitas siūlomos keitiklio topologijos privalumas – parenkami žemesnės įtampos lauko tranzistoriai turi mažesnę laidžiojo santakos ir ištakos kanalo elektrinę varžą, dėl to išskiriami galios nuostoliai tranzistoriuose mažėja.



1 paveikslas. Siūlomo *flyback* keitiklio principinė elektrinė schema ir jos srovių pasiskirstymas

Figure 1. The circuit diagram of the flyback converter and the distribution of currents

Siūlomo tipo *flyback* keitiklis veikia kaip tipinis srovės šaltinis išėjime, jeigu tarp įėjimo  $U_1$  ir  $U_2$  išėjimo įtampų tenkinama sąlyga:

$$U_1 > U_2 \frac{n_1}{n_2}. \quad (2)$$

Jeigu ši sąlyga nėra tenkinama, keitiklis veikia kaip įprastas įtampos transformatorius – pirminėje apvijoje indukuotas antrinės apvijos įtampos atvaizdas nukreipiamas atgal į maitinimo šaltinį. Tuomet antrinė indukuota įtampa priklausys nuo keitiklio maitinimo šaltinio amplitudės ir transformatoriaus apvijų santykio:

$$U_2 = U_1 \frac{n_2}{n_1}. \quad (3)$$

## 2. Siūlomo mikroinverterio, sudaryto iš dviejų *flyback* keitiklių, modelis Matlab Simulink aplinkoje

Pagal pasiūlytą *flyback* keitiklio modelį (1 paveikslas) Matlab Simulink aplinkoje sudarytas *flyback* mikroinverterio eksperimentinis imitacinis modelis (2 paveikslas), pirminėje grandinėje turintis dvi poras siūlomo tipo keitiklių, kurie sujungti priešpriešais.

Siūlomo *flyback* tipo mikroinverterio struktūra skiriasi nuo klasikinę tuo, kad ji yra vieno laipsnio, t. y. viena keitklinė dalis atlieka keletą funkcijų: aukština įtampą; sinchronizuotai tiekia kintamąją sinusinę srovę apkrovai arba vietiniam elektros tinklui; elektriškai izoliuoja keitiklio įėjimo ir išėjimo grandines; atlieka MPPT (angl. *maximum power point tracking*) funkciją.

Keitiklis kuria teigiamąjį pusperiodį komutuojant SIPM (sinuso impulso pločio moduliacija, angl. *SPWM sinusoidal pulse width modulation*) signalais lauko tranzistorius Q2 ir Q3 įėjime ir per šį pusperiodį laikant atidarytą lauko tranzistorių Q5 (2 paveikslas). Tuomet Q6 tranzistorius nėra laidus, tačiau lygiagrečiai Q6 įjungtu nevaldomu raktu – galios diodu – perduodama teigiamo pobūdžio elektros srovė. Komutuojant tokiu pat metodu priešingus raktus Q1, Q4, Q6, išėjime atkuriamas neigiamasis pusperiodis.

Mikroinverterio raktams Q1-Q6 valdyti sudarytas submodelis – VALDYMAS (3 paveikslas). Šio bloko paskirtis – sinchronizuotai valdyti raktiniu režimu valdomus lauko tranzistorius ir priimti neigiamąjį grįžtamąjį. Grįžtamojo ryšiu, priklausomai nuo to, ar mikroinverterio modelio veikimas bus tiriamas veikiant autonomiškai ar lygiagrečiai su elektros tinklo sistema, kontroliuojamas parametras bus skirtingas, t. y.:

1. Veikiant mikroinverteriui autonomiškai (energetinėje saloje), kontroliuojamas parametras turi būti keitiklio išėjimo įtampa (3 paveikslas, a)).
2. Veikiant mikroinverteriui lygiagrečiai su elektros tinklu, kontroliuojamas parametras turi būti keitiklio išėjimo srovė (3 paveikslas, b)). Taip pat sinchronizacijai su elektros tinklu vykdyti turi būti naudojamas tinklo įtampos grįžtamasis ryšys.

Raktams Q1-Q6 komutuoti naudojami palyginimo operatoriai (*relational operator* 3 paveikslas) ir signalų komutatoriai (*switch* 3 paveikslas). Valdymo blokas taip pat atlieka nulinio lygio kirtimo (*zero crossing*) funkciją, kuri draudžia raktams veikti, kai kontroliuojamo signalo vertė išėjime pereina per nulį. Šis pertraukos laikas skirtas pereinamiesiems vyksmams nuslopinti, kad Q5 ir Q6 raktai galėtų sklandžiai persijungti.

Dėl naudojamos IPM technologijos mikroinverterio išėjimo signalui formuoti susidaro dešimčių kilohercų eilės dažnio trikdžių dedamoji. Šio trikdžio poveikis sistemai eliminuojamas žemojo dažnio filtru, kuris silpnina aukštesnio kaip 5000 Hz dažnio signalus (*1 st order filter*, 3 paveikslas).

Mikroinverterio išėjimo signalui valdyti ir paklaidai kompensuoti panaudotas PID reguliatorius. Parenkant valdymo dėsnio koeficientų vertes, galima gauti optimalią išėjimo signalo formą ir skaitinę vertę. PID reguliatoriaus veikimas aprašomas šia formule:

$$u = K_p e + K_i \int_0^t e dt + K_d \frac{d}{dt} e, \quad (4)$$

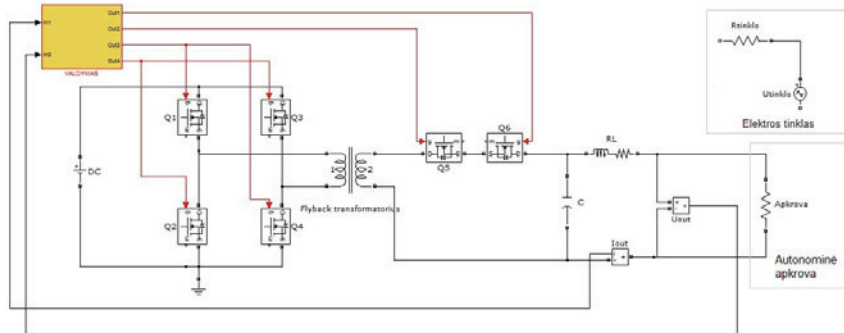
čia  $u$  – išėjimo signalas;  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$  – proporcinio, integruojančio ir diferencijuojančio valdymo dėsnų stiprinimo koeficientai.

PID reguliatorius palaiko nustatytą mikroinverterio išėjimo signalo vertę. Nuostato signalas – sinusinės įtampos pusperiodžiai. Šis signalas yra tolydžiai besikeičiantis laikui einant, todėl PID reguliatoriaus veikimas turi būti dinamiškas, t. y. turi sekti signalo kitimą laikui nepaisant to, kad PID reguliatorių veikia išoriniai trikdžiai: netiesinės apkrovos, tinklo aukštesniosios harmonikos.

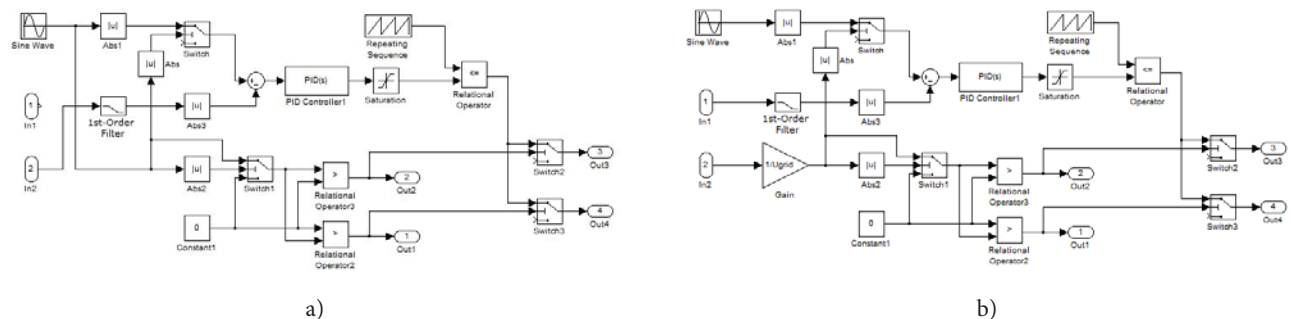
### 3. Siūlomo autonomiškai veikiančio mikroinverterio tyrimas *Matlab Simulink* aplinkoje

Autonomiškai veikiančiame tinkle mikroinverteris turi palaikyti sinusinę išėjimo įtampą nepaisant to, kokia yra apkrova – tiesinė ar ne. Mikroinverterio modelio eksperimentai atlikti naudojant 3 paveikslą a) valdymo submodelį.

Imituotas mikroinverterio modelio veikimas *Matlab Simulink* aplinkoje apkraunant keitiklį 600 Ω aktyviaja varža. Gautos inverterio įtampos ir srovės kreivės (4 paveikslas), atlikta greitosios Furjė transformacijos analizė (5 paveikslas). Mikroinverteriu nuolatinė 50 V įtampa įėjime pakeista į kintamąją 230 V įtampą išėjime, tam naudojant 30 kHz nešlio dažnį (PID reguliatoriaus koeficientai bandymo metu:  $P = 1$ ,  $I = 4000$ ,  $D = 0$ ).



2 paveikslas. Pasiūlyto mikroinverterio imitacinis modelis *Matlab Simulink* aplinkoje  
Figure 2. Simulation model of the microinverter in the *Matlab Simulink* environment

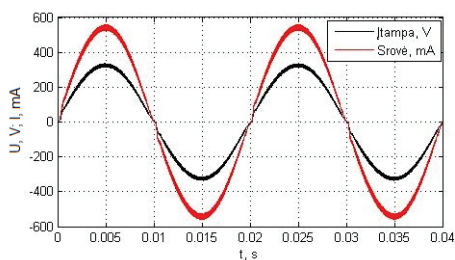


3 paveikslas. Mikroinverterio valdymo bloko modelis *Matlab Simulink* aplinkoje: a – autonomiškai veikiančio keitiklio; b – keitiklio, veikiančio lygiagrečiai su elektros tinklu  
Figure 3. Simulation model of the microinverter's control unit in *Matlab Simulink*: a – autonomous converter; b – grid-tie converter

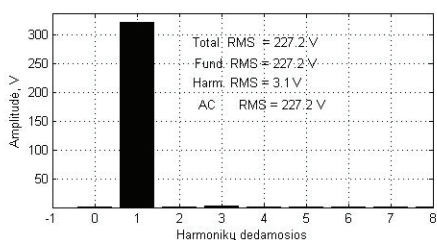
Iš gautų eksperimento rezultatų matyti, kad keitiklis, veikiant tiesine aktyviąja apkrova, išėjime kuria kokybišką sinusinės įtampos kreivę (4 paveikslas), tai įrodo gautas 3,1 V aukštesniųjų harmonikų svoris, t. y. tik 1,36 %, lyginant su fundamentaliąja 50 Hz harmonika. Labiausiai įtampos forma iškreipta laiko momentu pareinant per nulį, kai mikroinverteris vykdo *dead time* procesą, reikalingą sklandžiam raktų Q5 ir Q6 perjungimui.

Kitame eksperimente mikroinverterio eksperimentinis modelis apkrautas lygiagrečiai sujungtomis dviem apkrovų rūšimis: 1200  $\Omega$  aktyviąja tiesine varža ir srovės lyginimo tilteliu, kurio išėjime yra lygiagrečiai jungtas 2  $\mu\text{F}$  kondensatorius ir 1200  $\Omega$  aktyvinė apkrova (6 paveikslas). Mikroinverterio veikimas imituotas tokiomis pačiomis sąlygomis kaip ir su tiesiniu elementu (4 ir 5 paveikslai). Gautos inverterio įtampos ir srovės kreivės (7 paveikslas), atlikta greitosios Furjė transformacijos analizė (8 paveikslas).

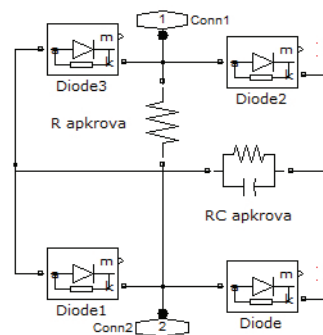
Netiesinis elementas – lyginimo tiltelis su RC apkrova, kuria pulsuojančią mikroinverterio srovę (7 paveikslas). Lyginant 5 ir 8 pav. rezultatus, aukštesniųjų harmonikų svoris, lyginant su fundamentaliąja 50 Hz harmonika, padidėjo iki 14,7 V, t. y. 6,34 %. Didžiausi išėjimo įtampos harmoniniai iškreipymai pasireiškė tais momentais, kai pareikalaujama srovė iš mikroinverterio didėja maksimaliu tempu.



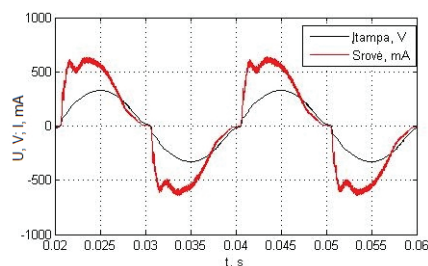
4 paveikslas. Autonomiškai veikiančio mikroinverterio eksperimento rezultatai, kai išėjime prijungta 600  $\Omega$  aktyvioji varža  
Figure 4. Simulation results of autonomous microinverter with 600  $\Omega$  active load



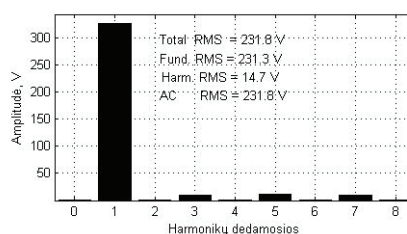
5 paveikslas. Mikroinverterio išėjimo įtampos harmonikų spektras, kai išėjimas apkrautas 600  $\Omega$  aktyviąja varža  
Figure 5. Harmonic composition of the microinverter's output voltage with 600  $\Omega$  active load



6 paveikslas. Netiesinės apkrovos modelis su lyginimo tilteliu  
Figure 6. Model of the nonlinear load with bridge rectifier



7 paveikslas. Autonomiškai veikiančio mikroinverterio eksperimento rezultatai, kai išėjime prijungta netiesinė apkrova  
Figure 7. Simulation results of autonomous microinverter with nonlinear load

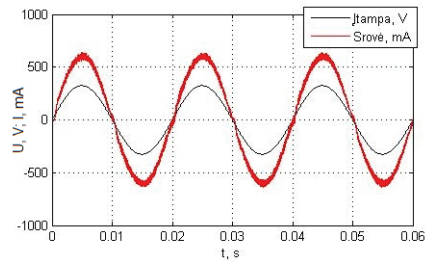


8 paveikslas. Mikroinverterio išėjimo įtampos harmonikų spektras, kai išėjimas apkrautas netiesine apkrova  
Figure 8. Harmonic composition of the microinverter's output voltage with nonlinear load

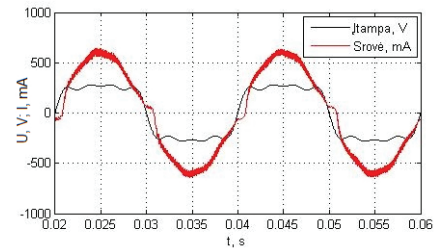
#### 4. Siūlomo lygiagrečiai su elektros tinklu veikiančio mikroinverterio tyrimas *Matlab Simulink* aplinkoje

Lygiagrečiai su elektros tinklu veikiantis mikroinverteris turi prisitaikyti prie tinklo įtampos kreivės formos ir sinchroniškai tiekti į tinklą sinusinę srovę, nepriklausomai nuo to, kiek tinklas yra užterštas aukštesnėmis harmonikomis. Tinkle veikiančio mikroinverterio kontroliuojamas parametras – tiekama į elektros tinklą srovė. Mikroinverterio bandymai atlikti naudojant 3 paveikslo b) valdymo submodelį.

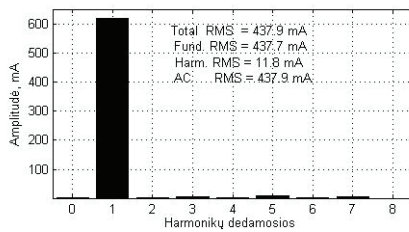
Išbandytas mikroinverterio veikimas idealiaame elektros tinkle su 600 mA amplitudės srove. Gautos inverterio įtampos ir srovės kreivės (9 paveikslas), atlikta greitosios Furjė transformacijos analizė (10 paveikslas).



9 paveikslas. Lygiagreto mikroinverterio darbo su idealaus sinuso elektros tinklu eksperimento rezultatai  
Figure 9. Simulation results of microinverter working grid-tie with ideal sine network

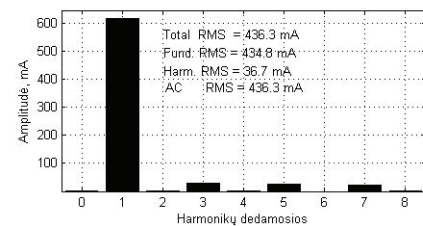


11 paveikslas. Lygiagreto mikroinverterio darbo su elektros tinklu, turinčiu kintamąją įtampą su aukštesniosios eilės harmonikomis eksperimento rezultatai  
Figure 11. Simulation results of microinverter working grid-tie with network having voltage harmonical distortions



10 paveikslas. Mikroinverterio išėjimo srovės harmonikų spektras inverteriui veikiant lygiagrečiai su idealaus sinuso elektros tinklu

Figure 10. Harmonic composition of the microinverter's output current of grid-tie ideal sine network



12 paveikslas. Mikroinverterio išėjimo srovės harmonikų spektras, inverteriui veikiant tinkle su aukštesniosiomis harmonikomis

Figure 12. Harmonic composition of the microinverter's output current of grid-tie network having harmonical distortions

Mikroinverterio veikimas imituotas 30 kHz nešlio dažniu keičiant nuolatinę 50 V įtampą įėjime kintamąja 230 V įtampa išėjime. PID reguliatoriaus koeficientai bandymo metu:  $P = 0,4$ ,  $I = 4000$ ,  $D = 0$ .

Iš gautų 9–10 pav. rezultatų matyti, kad keitiklio srovės iškraipymai aukštesnėmis harmonikomis nėra žymūs, lyginant su fundamentalia 50 Hz srovės harmonika ir sudaro tik 11,8 mA, t. y. tik 2,6 %.

Kitame bandyme mikroinverterio veikimas imituojamas dirbant lygiagrečiai su elektros tinklu, turinčiu kintamąją įtampą su aukštesniosiomis 3, 5, 7 eilės harmonikomis. Bendra tinklo įtampos kreivės išraiška laike aprašoma pagal šią formulę:

$$u_{tinklo} = 325 \sin(2\pi f_1 t) + 80 \sin(2\pi f_3 t) + 50 \sin(2\pi f_5 t) + 30 \sin(2\pi f_7 t); \quad (5)$$

čia  $f_1$  – pagrindinė harmonika 50 Hz;  $f_3, f_5, f_7$  – aukštesniosios atitinkamai 150, 250, 350 Hz eilės harmonikos.

Mikroinverterio veikimas imituotas tokiu pat IPM nešlio dažniu ir PID reguliatoriaus koeficientų nustatymais kaip ir idealaus tinklo atveju. Gautas tinklo įtampos ir keitiklio išėjimo srovės kreivės (11 paveikslas), atlikta greitosios Furjė transformacijos analizė (12 paveikslas).

Įvertinus smarkiai iškreiptą aukštesniųjų harmonikų tinklo įtampą (11 paveikslas), mikroinverterio išėjimo srovė adaptyviai prisitaiko. Srovės iškraipymai, lyginant su fundamentalia 50 Hz harmonika, siekia tik 36,7 mA, t. y. 8,5 % fundamentaliosios harmonikos dydžio.

## Išvados

- Atliktų eksperimentų rezultatai pasiūlytuju *flyback* mikroinverteriu yra dėsningi ir panašūs, lyginant su klasikiniais tos pačios paskirties mikroinverteriais, todėl galima teigti, kad mikroinverterio modelis veikia teisingai.
- Dirbant mikroinverteriui autonomiškai, išėjimo įtampos kreivės adaptuojasi prie apkrovos varžos parametrų. Tai matyti palyginus mikroinverterio darbą su tiesine aktyviaja varža (4 paveikslas) ir netiesiniu imtuvu (7 paveikslas). Labai iškreipus aukštesniosiomis harmonikomis apkrovos srovę, mikroinverterio išėjimo įtampos iškreipimas aukštesniosiomis harmonikomis padidėjo tik 4,98 %. Tai įrodo 4, 5, 7, 8 paveikslų gautų rezultatų duomenys.
- Lyginant mikroinverterio darbą su idealios sinusinės įtampos elektros tinklu (9 paveikslas) ir su tinklu, kurio įtampos formą labai iškreipia aukštesniosios eilės harmonikos (11 paveikslas), generuojamos srovės kreivės iškreipimas aukštesniosios eilės harmonikomis padidėjo nedaug – tik 5,9 %. Tai įrodo 9–12 pav. gautų rezultatų duomenys.

## Literatūra

- Rasedul, H., & Saad, M. (2017). A resonant double stage flyback microinverter for PV applications. *Power Electronics Conference and Exposition, 2017 IEEE* (pp. 2051-2056). Florida.

- Robert, W. (2001). DC-DC power converters. *Wiley Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering* (pp. 1-19). Colorado. ISBN: 978-0-471-39052-7.
- Ouyang, Z., & Zhang, W. (2015). Calculation of leakage inductance for high-frequency transformers. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 30(10), 5769-5775.  
<https://doi.org/10.1109/TPEL.2014.2382175>
- Leuenberger, D., & Biela, J. (2015). Accurate and computationally efficient modeling of flyback transformer parasitics and their influence on converter losses. *17th European Conference "Power Electronics and Applications (EPE'15 ECCE-Europe)"* (pp. 1-10). Geneva. <https://doi.org/10.1109/EPE.2015.7309194>
- Radvan, R., Dobrucky, B., Frivaldsky, M., & Rafajdus, P. (2011). Modelling and design of HF 200 kHz transformers for hard- and soft-switching application. *Electronics and Electrical Engineering*, 4(110), 7-12.  
<https://doi.org/10.5755/j01.eee.110.4.276>
- Zhengzhao, H., Wenping, C., & Zhengyu, L. (2016). High-step-up flyback-forward asymmetrical DC-DC converter for photovoltaic power system with active clamping circuit. *IEEE International Conference* (pp. 177-182). Birmingham, UK.
- Bielskis, E., Baškys, A., & Sapurov, M. (2016). Impact of transformer design on flyback converter voltage spikes. *Elektronika ir elektrotechnika*, 22(5), 58-61.  
<https://doi.org/10.5755/j01.eie.22.5.16345>

## DEVELOPMENT AND RESEARCH OF TWO SWITCH BASED FLYBACK MICROCONVERTER'S MATLAB SIMULINK MODEL

E. Bielskis, M. Šapurov, G. Valiulis, D. Balbonas

### Abstract

Paper describes simulation results of proposed micro inverter model based on flyback converter with two transistor switches using Matlab Simulink. The aim of this research to investigate behavior of proposed model of the micro inverter based on flyback converter, when micro inverter operates autonomously (islanding) and running parallel in the local electricity network. The simulation of micro inverter's operation on autonomous mode using nonlinear load was performed, as well as it runs in parallel with the local power network polluted with harmonics. The main goal of these simulations is to observe the response of output current of micro inverter to the harmonical distortions of local grid. Examination of the proposed micro inverter model based on flyback converter in Matlab Simulink environment helps to determinate the resistance of micro inverter output signal to distortion in local electrical grid using two working modes: 1. the autonomous mode using nonlinear load, 2. the parallel mode with local electric grid polluted by higher order harmonics.

**Keywords:** flyback converter, microinverter, voltage spikes, electric grid, PID controller, harmonics.