

УДК 621.314

Володимир Яськів<sup>1</sup>, доцент, Анатолій Марценюк<sup>1</sup>, Анна Яськів<sup>1</sup>, Гао Лізінь<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

<sup>2</sup>Jinan Rongda Electronic Co. Ltd., China

## МОДУЛЬНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ОСНОВІ ВИСОКОЧАСТОТНИХ МАГНІТНИХ ПІДСИЛЮВАЧІВ

Анотація. Запропоновано новий метод побудови модульних перетворювачів електроенергії на основі високочастотних магнітних підсилювачів для систем розподіленого електроживлення, що забезпечує високий рівень їх експлуатаційних характеристик. Розкрито принцип роботи, переваги та основні аспекти проектування таких перетворювачів.

*Ключові слова:* напівпровідниковий перетворювач електроенергії, високочастотний магнітний підсилювач, аморфний сплав, прямокутна петля гістерезису, схема керування.

**Volodymyr Yaskiv, Anatoliy Martseniuk, Anna Yaskiv, Gao Lijin**

## **MODULAR POWER CONVERTERS BASED ON HIGH-FREQUENCY MAGNETIC AMPLIFIERS**

A new method of design of modular power converters based on high-frequency magnetic amplifiers for distributed power supply systems, which ensures the high level of their technical characteristics, is proposed. The paper highlights the operation principles, advantages, and the main design aspects of such power converters.

*Keywords:* semiconductor power converter, high-frequency magnetic amplifier, amorphous alloy, rectangular hysteresis loop, control circuit.

Для забезпечення функціонування радіоелектронної апаратури (РЕА) використовують напівпровідникові перетворювачі електроенергії (НПЕ), які виконують функції перетворення та погодження параметрів електричної енергії. Кожен споживач висуває свій набір вимог до перетворювача. Тому часто системи електроживлення будуються за розподіленою схемою – кожному споживачу – свій перетворювач. Проте такий підхід призводить до дублювання однакових функціональних вузлів в системі. Тому висуваються жорсткі вимоги як до ефективності таких перетворювачів, так і до рівня їх питомої потужності та уніфікації.

Сучасний споживач потребує НПЕ з жорстким набором експлуатаційних характеристик – забезпеченням функціональних параметрів в широкому діапазоні зміни всіх збурюючих факторів, 100% діапазоном зміни струму навантаження, високою якістю вихідних напруг, високим ККД, високим

рівнем надійності та питомої потужності, низьким рівнем електромагнітних завад, високим рівнем динамічних характеристик, низькою собівартістю, високим рівнем механічної та радіаційної стійкості, а також багатоканальних НПЕ з рівноцінними та незалежними вихідними каналами. Існуючі принципи побудови НПЕ не завжди дозволяють реалізувати такий набір характеристик.

Високий рівень техніко-експлуатаційних характеристик пропонованих модульних перетворювачів електроенергії забезпечується за рахунок:

- оптимального поєднання останніх досягнень в області напівпровідникових і магнітних технологій;

- використання високочастотних магнітних підсилювачів (ВМП) на основі сучасних магнітом'яких аморфних сплавів з прямокутною петлею гістерезису в ролі силових комутуючих елементів та оптимізації процесів їх перемагнічування [1,2,3];

- забезпечення „розумного” взаємовпливу процесів в магнітних та напівпровідникових елементах;

- розробки методів ввімкнення на паралельну роботу окремих функціональних вузлів НПЕ із забезпеченням рівномірного розподілу струму навантаження між ними [4.5] ;

- мінімального використання дискретних елементів та активних напівпровідникових елементів;

- забезпечення високого рівня уніфікації як конструктивних, так і схемотехнічних рішень [6,7];

- пріоритетного досвіду авторів проекту в цій області науки і техніки.

Пропоновані методи побудови модульних перетворювачів електроенергії забезпечують функціональні параметри в широкому діапазоні зміни всіх збурюючих факторів, 100% діапазон зміни струму навантаження, високу якість вихідних напруг (високочастотні пульсації на рівні одиниць – кількох десятків мВ, майже відсутня стогерцова складова) та високу їх стабільність, високий ККД (90-95%) [8,9,10], високий рівень надійності, механічної та радіаційної стійкості, питомої потужності (до 1 кВт/дм<sup>3</sup> і вище), динамічних характеристик (повністю відсутні перерегулювання у перехідних режимах) [11], струм (до 200 А) [12], низький рівень електромагнітних завад (як кондуктивних, так і випромінювання) [13,14], низьку собівартість тощо.

### Література:

1. Харада К., Набэсима Т. Применение магнитных усилителей в высокочастотных импульсных преобразователях постоянного напряжения // ТИИЭР, N4, 1988. - с.60-66.
2. Yaskiv V. Using of High-Frequency Magnetic Amplifier in Switch Mode DC Power Supplies / V. Yaskiv // Proceedings of the 35th Annual IEEE Power Electronic Specialists Conference (PESC'04), Aachen, 2004, — p. 1658–1662.
3. Yaskiv V. Design Methods of Switch Mode Power Supplies / V. Yaskiv // Tutorial 10 on 26-th International Energy Conference (INTELEC), Chicago, USA, 2004, — 39 p.
4. Патент СРСР №1797729. Многоканальная система питания с равномерным токораспределением. / Хруслов Л.Л., Яськів В.И. - Оpubл. в БИ, 1993, №7.
5. Патент України на винахід № 112102, МПК H02M 3/335 (2006.01) Стабілізатор постійної напруги / Яськів А. В., Яськів В. І.; заявник Тернопільський національний технічний

- університет імені Івана Пулюя. – № а201408531; заявл. 28.07.2014; опубл. 25.07.2016, Бюл. № 14, 2016 р.
6. Volodymyr Yaskiv, Gao Xinzhong, Gao Lijin. The Substantiation and New Methods of a Solution of a Problem of Development of the Unitized Switching Power Supplies // The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics: Proceedings of the VIII-th International Conference CADSM 2005. - Lviv: Publishing House of Lviv Politechnic National University, 2005. – p.232.
  7. **Dyvak M., Yaskiv V., Pukas A. Interval estimation of weight-dimensional characteristics of high-frequency magnetic amplifier of pulse power supplies** // Przegląd elektrotechniczny (Electrical Review). — 2009. — No 4. — pp.92–94.
  8. Патент України на винахід № 112230, МПК H02M 3/335 (2006.01) Стабілізатор постійної напруги / Яськів А.В., Яськів В.І.; заявник Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – № а201412695; заявл. 26.11.2014; опубл. 10.08.2016, Бюл. № 15, 2016 р.
  9. Патент України на винахід № 112231, МПК H02M 3/335 (2006.01) Стабілізатор постійної напруги / Яськів А.В., Яськів В.І.; заявник Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – № а201413122; заявл. 08.12.2014; опубл. 10.08.2016, Бюл. № 15, 2016 р.
  10. Volodymyr Yaskiv, Alexander Abramovitz, Keyue Smedley, Anna Yaskiv. MagAmp Regulated Isolated AC-DC Converter with High Power Factor // Special issue of journal COMMUNICATIONS - Scientific Letters of the University of Zilina, ISSN 1335-4205, No. 1A/2015, p. 28-34.
  11. В.І.Яськів, М.М.Юрченко, О.П.Гурник. Експериментальне дослідження динамічних характеристик напівпровідникових перетворювачів електроенергії з високочастотними магнітними підсилювачами // Науково-прикладний журнал «Технічна електродинаміка» (Тематичний випуск «Силова електроніка та енергоефективність»). — 2005. — ч. 4. — С. 7–9.
  12. В.І. Яськів, М.М. Юрченко. **Методи побудови напівпровідникових перетворювачів електроенергії з високим рівнем струму навантаження на основі високочастотних магнітних підсилювачів** // Науково-прикладний журнал «Технічна електродинаміка» (Тематичний випуск «Силова електроніка та енергоефективність»). — 2006. —С. 3-6.
  13. **Яськів В.І.** Дослідження електромагнітної сумісності напівпровідникових перетворювачів електроенергії з високочастотними магнітними підсилювачами // Науково-прикладний журнал «Технічна електродинаміка» (Тематичний випуск «Силова електроніка та енергоефективність»). — 2008. — ч. 4. — С. 68–71.
  14. Volodymyr Yaskiv, Alexander Abramovitz, Keyue Smedley. MagAmp Power Converters with Low Level EMI // XII International Conference “The Experience of designing and Application of CAD Systems in Microelectronics (CADSM 2013)”, Lviv Polytechnic National University, 19-23 February, 2013, Polyana-Svalyava (Zakarpattya), UKRAINE, p.388-395.