

## ЗВОРотноХОДОВИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ PFC З GAN-ТРАНЗИСТОРОМ ТА ЦИФРОВИМ КЕРУВАННЯМ

Арсенюк Д.О., аспірант, Зіньковський Ю.Ф., д.т.н.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

Коректори коефіцієнта потужності (ККП) використовується у AC-DC імпульсних перетворювачів енергії для досягнення високого коефіцієнта потужності та низького рівня гармонічних спотворень.

Зворотноходові перетворювачі працюють у режимах неперервної провідності (CCM), перервної провідності (DCM) та критичної провідності (CrM). Для режиму CCM потребується зворотній зв'язок керування як струмом, так і напругою.

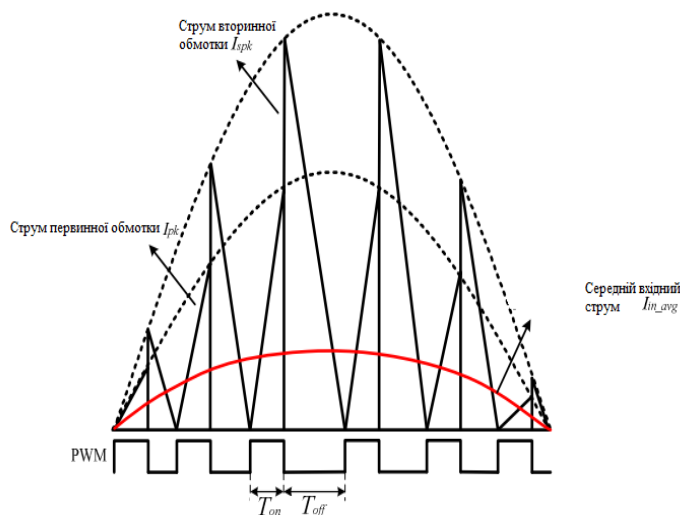


Рисунок 1. Режим роботи CrM

являє собою огинаючу синусоїду сигналів трикутної форми, який протікає у обмотці трансформатора під час включення силового транзистора (рис 1). Частота переключення являється змінною, зростає ближче до нуля, та зменшується на максимальних значеннях струму.

На відмінну від більшості традиційних схем, які складаються з двох каскадів ККП та DC/DC, конструкція зворотноходового ККП перетворювача (рис. 2) об'єднує керування напруги у одному каскаді без зниження ефективності перетворювача, маючи при цьому менші габарити.

Спроекований перетворювач має цифрове керування на мікроконтролері серії STM32.

Контур керування струмом використовується для керування вхідним струмом перетворювача, аби форма сигналу мала вигляд хвилі та фазу із вхідною напругою для досягнення одиничного коефіцієнта потужності, в той час як контур керування напруги використовується для регулювання постійної вихідної напруги [1].

У режиму роботи CrM струм первинної обмотки

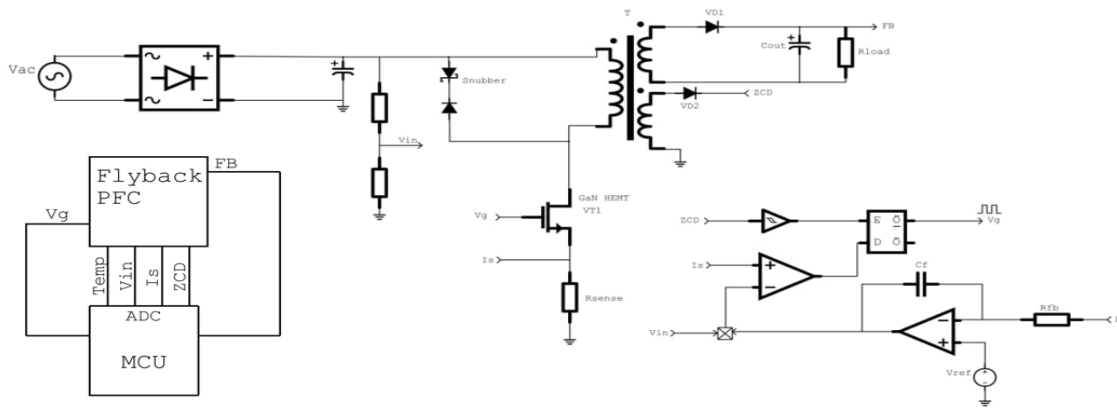


Рисунок 2. Конструкція зворотноходового ККП перетворювача

Використання нітрид галієвого силового транзистора, у якості головного перемикаючого приладу, дає змогу збільшити частоту перемикання залишивши значення КПД на високому рівні, зменшивши, таким чином, габарити трансформатора та вихідних фільтрів [3].

Режим роботи CrM дозволяє знизити втрати у напівпровідникових матеріалів у порівнянні з ССМ, що при умовах включення при нульовому струмі дає змогу знизити втрати при переключенні силового транзистора та знизити потребу у накопиченні енергії у первинній обмотці трансформатора, але значне зменшення розмірів трансформатора та фільтрів можливо коли прилад працює в діапазоні частот переключення від 1 МГц і вище.

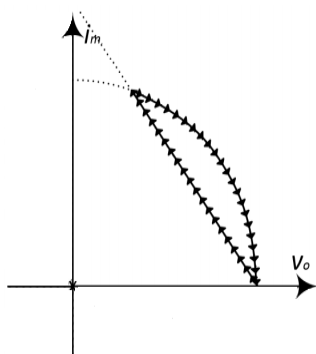


Рисунок 3. Траекторія положення залежності струму намагнічування від вихідної напруги

Одним із перспективних методів керування перетворювачем є метод природньої комутаційної поверхні (NSS). Метод полягає у розрахунку змін траекторій станів роботи для кожного положення переключення перетворювача (рис. 3). Метод має такі переваги для керування, як керування приладом при зміні навантаження, швидкий перехідний виклик за умови зміни навантаження [4]. Запропонований перетворювач зворотноходовий ККП забезпечує хорошу динамічну реакцію під час пуску та зміни навантаження, досягаючи стійкого стану за одне переключення. Розрахунок траекторії для виключеного стану комутації розраховується за

формулою:

$$\lambda_{off} = V_0^2 + (I_m - I_0)^2 - I_0^2$$

де,  $V_0$  — вихідна напруга перетворювача;

$I_m$  — струм намагнічення первинної обмотки трансформатора;

$I_0$  — вихідний струм перетворювача.

На рис. 4 зображені характеристики струму на первинній обмотці трансформатора та вихідна характеристика перетворювача.

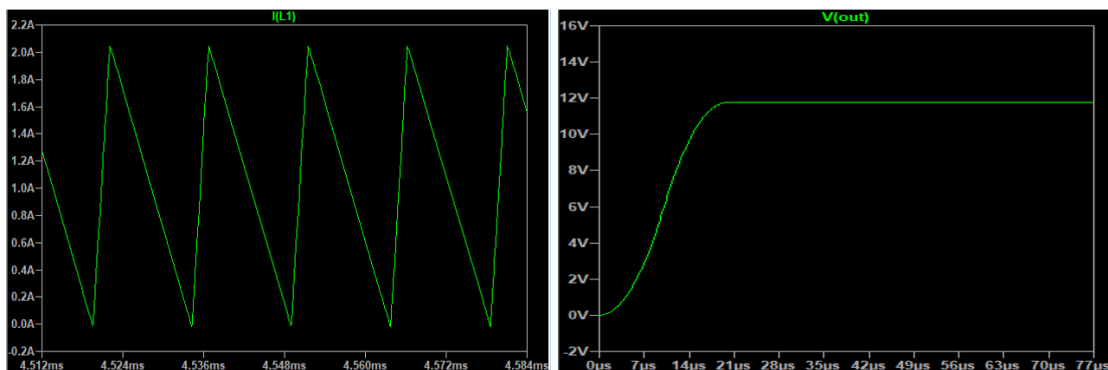


Рисунок 4. Характеристики струму первинної обмотки трансформатора та вихідна характеристика перетворювача

Поєднання режимів роботи зворотного перетворювача та використання нітрид галієвих транзисторів у схемах коректора коефіцієнта потужності має перспективи для ефективного використання у блоках живлення дозволяючи, збільшити їх енергоефективність. Цифрове керування, у свою чергу дозволяє з хорошою ефективністю перемикає головний транзистор.

#### Перелік посилань

1. He, J., Yan, T., & Xu, J. (2015). Peak current-controlled CRM flyback PFC converter with square of line voltage-compensated primary current envelope. *Electronics Letters*, 51(9), 684–686. doi:10.1049/el.2014.4420
2. Yao, K., Fu, X., & Lv, J. (2015). DCM Flyback PFC converter with optimum utilization control of switching cycles. 2015 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE). doi:10.1109/ecce.2015.
3. Kavci, M., Tekin, A., & Tarhan, C. (2019). Total Harmonic Distortion and Power Factor Improvement Technique for CRM Flyback PFC Converters. 2019 IEEE 62nd International Midwest Symposium on Circuits and Systems (MWSCAS). doi:10.1109/mwscas.2019.8885187
4. Williams, E. S. (2015). Implementation of Natural Switching Surface Control for a Flyback Converter. Electrical Engineering Undergraduate Honors Theses Retrieved from <https://scholarworks.uark.edu/eleguht/41>

#### Анотація

У роботі представлений метод застосування зворотного перетворювачів к коректором коефіцієнта потужності з використанням нітрид галієвих транзисторів у режимі критичної провідності з цифрових керуванням.

**Ключові слова:** нітрид галію, GaN, ККП, PFC, Flyback, CrM, NSS.

#### Abstract

The paper presents a method of using Flyback PFC based on gallium nitride transistors in critical conduction mode with digital control system.

**Keywords:** gallium nitride, GaN, PFC, Flyback, CrM, NSS.