

ДОСЛІДЖЕННЯ DC/DC-ПЕРЕТВОРЮВАЧА З КОМПЕНСАЦІЄЮ ПУЛЬСАЦІЙ ВИХІДНОГО СТРУМУ ДЛЯ ЕЛЕКТРОЛІЗЕРА УСТАНОВКИ З ВИРОБНИЦТВА ВОДНЮ

К. т. н. О. Ф. Бондаренко, к. т. н. П. С. Сафронов, О. П. Голубенко

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Україна, м. Київ
bondarenkoaf@gmail.com

За допомогою моделювання в програмному середовищі PSIM досліджено топологію імпульсного DC/DC-перетворювача напруги для електролізера установки з виробництва водню, яка завдяки колу ємнісної компенсації дозволяє суттєво знизити пульсації вихідного струму у порівнянні з класичними топологіями. Отримано діаграми часу та оцінено значення вихідних параметрів, що підтверджують ефективність досліджуваної топології. Запропоновано рішення для подальшого її вдосконалення.

Ключові слова: імпульсний перетворювач напруги, пульсації струму, електроліз, виробництво водню.

За останні роки все більш поширеним у світі стає використання водню як палива для різних видів транспорту, а також як проміжної ланки в отриманні електроенергії [1, 2]. Ця тенденція обумовлена значними перевагами водню як носія та накопичувача енергії в порівнянні з традиційними видами енергоносіїв та системами акумулювання. Особливо перспективною вважається багатоетапна технологія отримання енергії з відновлювальних джерел (вітрова, сонячна) з проміжним її зберіганням у водневих сховищах та подальшим перетворенням в електричну для транспортування та кінцевого споживання. Втім слід зазначити, що задля забезпечення мінімальних енерговтрат в процесі реалізації цієї технології необхідним є використання відповідних високоефективних вузлів перетворення видів та параметрів енергії. Це стосується зокрема вузлів перетворення параметрів електроенергії для живлення електролізних установок з вироблення водню (електролізерів), для яких є характерною ще одна жорстка вимога — максимально низький рівень пульсацій вихідного струму ($\leq 2\%$). Нині такі перетворювачі здебільшого будуються на основі класичних DC/DC-топологій [3], які, однак, не забезпечують високі характеристики електроенергії, тому актуальною є розробка та дослідження нових та вдосконалених топологій перетворювачів з покращеними показниками енергоефективності та вихідних пульсацій.

В [4] запропоновано оригінальну топологію DC/DC-перетворювача для живлення електричною енергією електролізера установки з виробництва водню. Схема, побудована за цією топологією, та сигнали керування ключами наведені на рис. 1. Така топологія, як і відомі схеми Interleaved DC/DC-перетворювачів, включає дві фази імпульсного перетворення постійної напруги, що працюють у протифазі, але крім того тут є додаткове коло з ємнісним накопичувачем (C_1), яке допомагає майже повністю компенсувати пульсації вихідного струму.

Завданням цієї роботи є дослідження запропонованої топології та алгоритму її роботи за допомогою математичного моделювання, оцінити значення вихідних параметрів та виявити шляхи подальшого вдосконалення.

Для проведення досліджень було створено модель в програмному середовищі PSIM.

Основні параметри перетворювача, які використано при моделюванні: вхідна напруга 35 В; вихідна напруга 7 В; вихідний струм 50 А; робоча частота 20...40 кГц.

На рис. 2 показано діаграми часу, отримані в результаті моделювання. Так, пульсації в першій (а) та другій (б) фазах мають однакову амплітуду, але знаходяться у протифазі, тому теоретично пульсації на виході (в) мають дорівнювати нулю. Проте на практиці повного згладжування змінної складової не відбувається через неідеальність елементів силової схеми, а саме наявність внутрішніх опорів конденсаторів C_1 та C_2 , а також дроселів котушок індуктивності L_1 та L_2 .

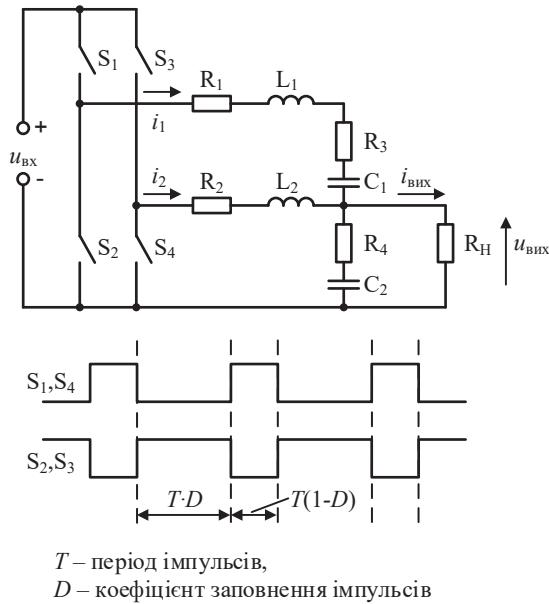


Рис. 1

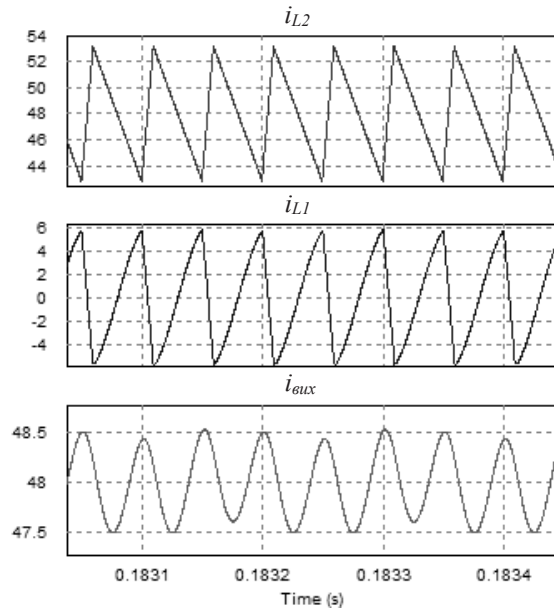


Рис. 2

Таким чином, за допомогою моделювання підтверджено ефективність досліджуваної топології DC/DC-перетворювача, який завдяки застосуванню додаткової фази компенсації здатен зменшувати пульсації вихідного струму приблизно в 5 – 10 разів у порівнянні з класичною топологією, що робить його використання доцільним і бажаним для живлення електролізерів установок з вироблення водню. Крім того, наявність компенсаційного кола уможливило зниження робочої частоти перетворювача і, відповідно, скорочення його динамічних втрат. Подальше вдосконалення цієї топології вбачається у використанні спільно з колом ємнісної компенсації також транзисторного корегувального кола в лінійному режимі, що має забезпечити глибшу компенсацію пульсацій вихідного струму.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Кудря С.О., Репкін О.О., Яценко Л.В., Шинкаренко Л.Я., Ткаленко М.А. Концепція дорожньої карти розвитку водневої енергетики України на період до 2035 року. *Відновлювана енергетика*, 2019, № 4(59), с. 22–28. [https://doi.org/10.36296/1819-8058.2019.4\(59\).22-28](https://doi.org/10.36296/1819-8058.2019.4(59).22-28).
2. Карп І.М. Водень в електро- та транспортній енергетиці. *Технічна електродинаміка*, №1, с. 64–70, 2020. <https://doi.org/10.15407/techned2020.01.064>.
3. Yodwong, B., Guilbert, D., Phattanasak, M. et al. Proton exchange membrane electrolyzer modeling for power electronics control: a short review. *C Journal of Carbon Research*, 2020, vol. 6, iss. 2, 29. <https://www.mdpi.com/2311-5629/6/2/29>
4. Guida V., Guilbert D., Vitale G., Douine B. Design and Realization of a Stacked Interleaved DC–DC step-down converter for pem water electrolysis with improved current control. *Fuel Cells*, 2020, vol. 20, iss. 3, p. 307–315. <https://doi.org/10.1002/fuce.201900153>

О. Ф. Bondarenko, P. S. Safronov, O. P. Holubenko

Study of DC/DC-converter with output current compensation for electrolyzer of hydrogen production unit

The authors use simulation in the PSIM software environment to study the topology of the pulse DC/DC-converter for the electrolyzer of a hydrogen production unit. The topology, due to its capacitive compensation circuit, makes it possible to significantly reduce the ripple of the output current compared to classical topologies. The obtained time diagrams and values of the output parameters confirm the efficiency of the studied topology. A solution for its further improvement is proposed.

Keywords: pulse converter, current ripple, electrolysis, hydrogen production.