

## ГІБРИДНИЙ НАКОПИЧУВАЧ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ДЛЯ МІКРОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

А. Ю. Манжелій, к. т. н. О. Ф. Бондаренко

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

Обґрунтовано доцільність поліпшення систем живлення для мікромобільного транспорту, що використовується для пересування містом. Проведено аналіз роботи запропонованої системи із гібридним накопичувачем електроенергії та перетворювачем Чука як додаткової ланки. Виконано комп'ютерне моделювання перетворювача у різних режимах роботи й визначено його коефіцієнт корисної дії. В результаті підтверджено здатність обраного перетворювача забезпечувати необхідний рівень вихідної напруги для всього діапазону можливих значень вхідної напруги.

Ключові слова: мікромобільний транспорт, гібридний накопичувач електроенергії, перетворювач Чука.

Кожного року у світі збільшуються продажі електротранспорту, як великогабаритного, так і персонального малого (так званого *мікромобільного транспорту*) для пересування містом — в основному це човниковий рух з дому до роботи та навпаки. Природно, що характеристики електромобілів намагаються наблизити до характеристик автомобілів із двигунами внутрішнього згорання, і використання гібридних джерел енергії дозволяє це здійснити. Наприклад, у роботі [1] запропоновано можливі шляхи гібридизації великогабаритного електротранспорту, проаналізовано їхні переваги та недоліки. Тобто, для електромобілів вже існують рішення щодо поліпшення характеристик через використання гібридних джерел енергії. Водночас використання гібридних джерел енергії для персонального мікромобільного транспорту залишається поза увагою дослідників.

Гібридний накопичувач енергії утворюється шляхом об'єднання двох джерел енергії, одне з яких має велику ємність й високу питому ємність, а інше — малу ємність й високу питому потужність при заряді/розряді. Таким чином буде забезпечено накопичення необхідної для тривалого руху кількості енергії, а також можливість її циркуляції у пікові моменти споживання. Існує три основні топології для утворення гібридного накопичувача [2, 3]: пасивна, напівактивна та активна. Зауважимо, що двигун в таких системах під'єднується до накопичувача не напряму, а через проміжний «контролер» — інвертор, що перетворює постійну напругу у змінну й управляється вручну водієм транспорту.

В роботі [4] обґрунтовано доцільність гібридизації системи живлення для електровелосипедів шляхом застосування разом з акумуляторною батареєю блоку суперконденсаторів, а також обрано її конфігурацію (рис. 1).

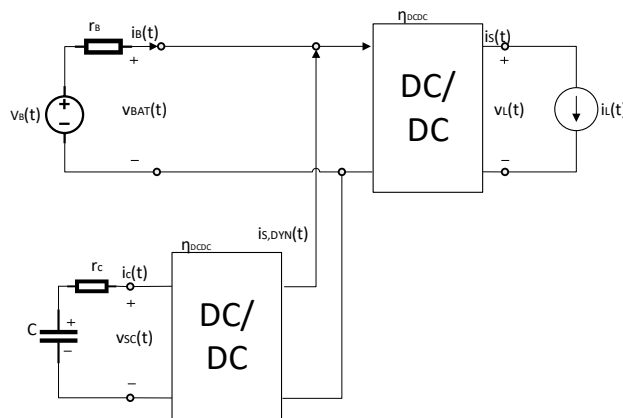


Рис. 1. Обрана топологія гібридного накопичувача електроенергії [4]

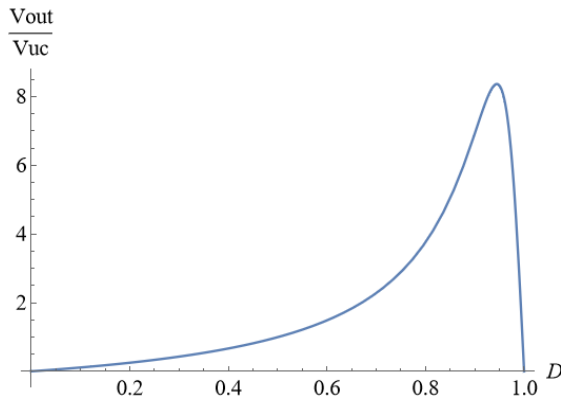


Рис. 2. Передавальна характеристика перетворювача Чука

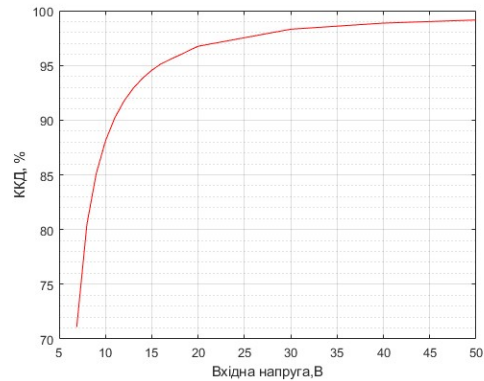


Рис. 3. Залежність ККД перетворювача від вхідної напруги

Для підтвердження здатності забезпечувати працездатність перетворювача Чука у всьому робочому діапазоні напруги акумулятора було створено модель у середовищі Simulink і проведено моделювання для різних коефіцієнтів передавання. Номінали паразитичних опорів були взяті з [5]. Коефіцієнт корисної дії (ККД) перетворювача розраховувався за формулою  $\eta = (P_{out}/P_{in}) \cdot 100\%$ . Отриману в результаті моделювання залежність ККД перетворювача від вхідної напруги представлено на рис. 3. Результати моделювання підтвердили аналітичні розрахунки передавальної характеристики та можливість перетворювача Чука за визначених параметрів підтримувати стабільну роботу разом із допоміжним джерелом енергії в усій області допустимих значень вхідної та вихідної напруги.

Отже, представлені результати дозволяють зробити висновок про доцільність гібридизації системи живлення на основі використання суперконденсаторів як допоміжного джерела енергії. Підтверджено, що система керування перетворювача з гібридним накопичувачем електроенергії дозволяє ефективно реалізовувати функцію розподілу електричної енергії між накопичувачами в автоматичному режимі. Отримана залежність ККД перетворювача дозволяє обрати діапазон значень вхідної напруги та забезпечити бажаний рівень енергоефективності. Надалі варто проаналізувати вплив змінного опору навантаження на рівні струму та напруги елементів силової частини перетворювача й забезпечення працездатності його фізичної моделі у всьому діапазоні зміни опору навантаження.

#### ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Zhang F., Wang L., Coskun S. et al. Energy management strategies for hybrid electric vehicles: review, classification, comparison, and outlook. *Energies* 2020, 13, 3352. DOI: 10.3390/en13133352
2. Babu T. S., Vasudevan K. R., Ramachandaramurthy V. K. et al. A comprehensive review of hybrid energy storage systems: converter topologies, control strategies and future prospects, *IEEE Access*, 2020, vol. 8, pp. 148702–148721, DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3015919
3. Lencwe M.J., Chowdhury S.P.D., Olwal T.O. Hybrid energy storage system topology approaches for use in transport vehicles: A review. *Energy Sci Eng.* 2022; vol. 10, iss. 4, p. 1449–1477. DOI: 10.1002/ese3.1068
4. Манжелій А. Ю., Бондаренко О. Ф. Використання гібридних накопичувачів електроенергії для електровелосипедів. *Труди 24-ї МНПК «Сучасні інформаційні та електронні технології»*, Україна, м. Одеса, 2023, с. 43–45.
5. Манжелій А. Ю., Бондаренко О. Ф. Гібридний накопичувач електроенергії типу «акумуляторна батарея — суперконденсатор» для мікромобільного електротранспорту. *Технологія та конструювання в електронній апаратурі*, 2023, № 1–2, с. 14–26. DOI: 10.15222/TKEA2023.1-2.14

A. Yu. Manzhelii, O. F. Bondarenko

#### Hybrid energy storage system for electric micromobility vehicles

*The authors demonstrate the feasibility of improving power systems for micromobility transport used for urban transportation. The paper presents the analysis of the proposed system with a hybrid energy storage and a Cuk converter as an additional link. Computer simulation of the converter in various operating modes allowed finding its efficiency coefficient. The study confirms that the selected converter is capable of providing the necessary level of output voltage for the entire range of possible input voltage values.*

*Key words: micromobility vehicles, hybrid energy storage system, Cuk converter.*