

мережі філій приватної компанії-перевізника слід використовувати метод К-центрів та метод ієрархічної кластеризації, оскільки ці методи дають результат із задовільною похибкою.

Запропоновано типову технологію обробки вантажних поїздів приватної залізничної компанії-перевізника у вигляді технологічних ланцюгів роботи по відправленню, на шляху прямування та по прибуттю. З урахуванням можливостей приватної компанії-перевізника запропоновано класифікацію швидкостей доставки та методику обчислення терміну доставки вантажу.

Технологію доставки вантажів залізничною компанією-перевізником сформовано з позицій системного підходу [5]. Визначення раціональних технологічних параметрів системи доставки вантажів базується на процедурі розрахунку, що включає оптимізаційну модель. Критерієм оптимізації є добові витрати системи, параметрами керування – порядковий номер маршруту доставки вантажів, кількість зупинок на маршруті прямування кожного поїзда та тривалість його простою на залізничних станціях філій компанії-перевізника, через які проходить маршрут прямування поїзда, в очікуванні причеплення груп вагонів. Задачу визначення раціональних технологічних параметрів системи доставки вантажів можна класифікувати як задачу цілочисельного програмування. Запропонована процедура включає також розрахунок вартості перевезення вантажів.

Отже, впровадження в Україні приватних вантажних залізничних компаній-перевізників дозволить створити сприятливі умови конкуренції в залізничному секторі, підвищити рівень якості послуг на залізничному транспорті, активізувати ринковий механізм тарифоутворення за принципами відповідності попиту, а також покращити екологічність перевезень. Для держави у цілому поява приватних залізничних компаній-перевізників – це створення додаткових робочих місць та надходжень від суб'єктів оподаткування.

[1] Реформа железных дорог Сборник материалов по повышению эффективности сектора железных дорог Второе издание. URL: <https://documents1.worldbank.org/curated/ar/616111469672194318/pdf/69256-RUSSIAN-REVISED-RR-Toolkit-RU-New-2017-12-28.pdf> (дата звернення 13.11.2023).

[2] Железнодорожная реформа в Польше: как возник свободный рынок. URL: https://cfts.org.ua/articles/zheleznodorozhnaya_reforma_v_polshe_kak_voznik_svobodnyy_rynok_732 (дата звернення 13.11.2023).

[3] Deutsche Bahn. Official site. URL: <https://www.bahn.de/> (дата звернення 13.11.2023).

[4] SNCF Group. Who we are. Official site. URL: <https://www.sncf.com/en/group/profile-and-key-figures/about-us/who-we-are> (дата звернення 14.11.2023).

[5] Прокопенко Т. О. Теорія систем і системний аналіз : навч. посіб. / Т. О. Прокопенко ; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси : ЧДТУ, 2019. – 139 с.

УДК 621.314

СИСТЕМА КЕРУВАННЯ КОМПЕНСАЦІЙНОГО 4QS- ПЕРЕТВОРЮВАЧА ЕЛЕКТРИЧНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

CONTROL SYSTEM OF COMPENSATED 4QS-CONVERTER OF ELECTRIC ROLLING STOCK

*канд. техн. наук В.П. Нерубацький, аспірант Д.А. Гордієнко
Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків*

*V.P. Nerubatskyi, PhD (Tech.), D.A. Hordiienko, Postgraduate
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Сучасний електричний рухомий склад (ЕРС) є складною електромеханічною системою, що включає в себе декілька силових перетворювачів [1, 2]. Так у складі електровозів та електропоїздів може бути до восьми силових перетворювачів, які працюють паралельно від контактної мережі.

У зв'язку з тим, що загальний спожитий струм ЕРС є сумою струмів, спожитих паралельними перетворювачами, зсув між фазами вищих гармонік в паралельних мостах один відносно одного на необхідний електричний кут дає змогу отримати ефект взаємної компенсації вищих гармонік спожитого струму. Для такої реалізації необхідно виконання умови рівності величин вхідних індуктивностей в мостах компенсаційного 4QS-перетворювача [3, 4].

В компенсаційних 4QS-перетворювачах число паралельно або послідовно працюючих мостів може бути різним, чим зумовлюється значення необхідного кута між опорними сигналами широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) в каналах керування кожного з мостів компенсаційного перетворювача. Крім того, регулятори вихідної напруги для послідовного та паралельного з'єднання мостів будуть відрізнятися.

Схемотехнічна реалізація компенсаційних 4QS-перетворювачів з паралельним і послідовним з'єднанням навантаження дає можливість отримання поліпшеного гармонічного складу спожитих вхідних струмів і вихідної напруги. Досягається це за рахунок синхронізації систем керування окремих мостів і зсуву опорних сигналів ШІМ в каналах керування кожного моста один відносно одного, що дає можливість реалізації взаємокомпенсації вищих гармонік вхідних струмів і вихідної напруги.

Система керування компенсаційного 4QS-перетворювача з двома паралельними мостами складається відповідно з двох каналів керування для кожного моста з застосуванням фазозсунутих двоканальних ШІМ. Систему керування компенсаційного 4QS-перетворювача, до складу якого входять два паралельних моста та два канали керування, наведено на рисунку 1.

Наведена система керування компенсаційного 4QS-перетворювача складається з двох каналів, кожен з яких повторює двоканальну систему керування 4QS-перетворювача.

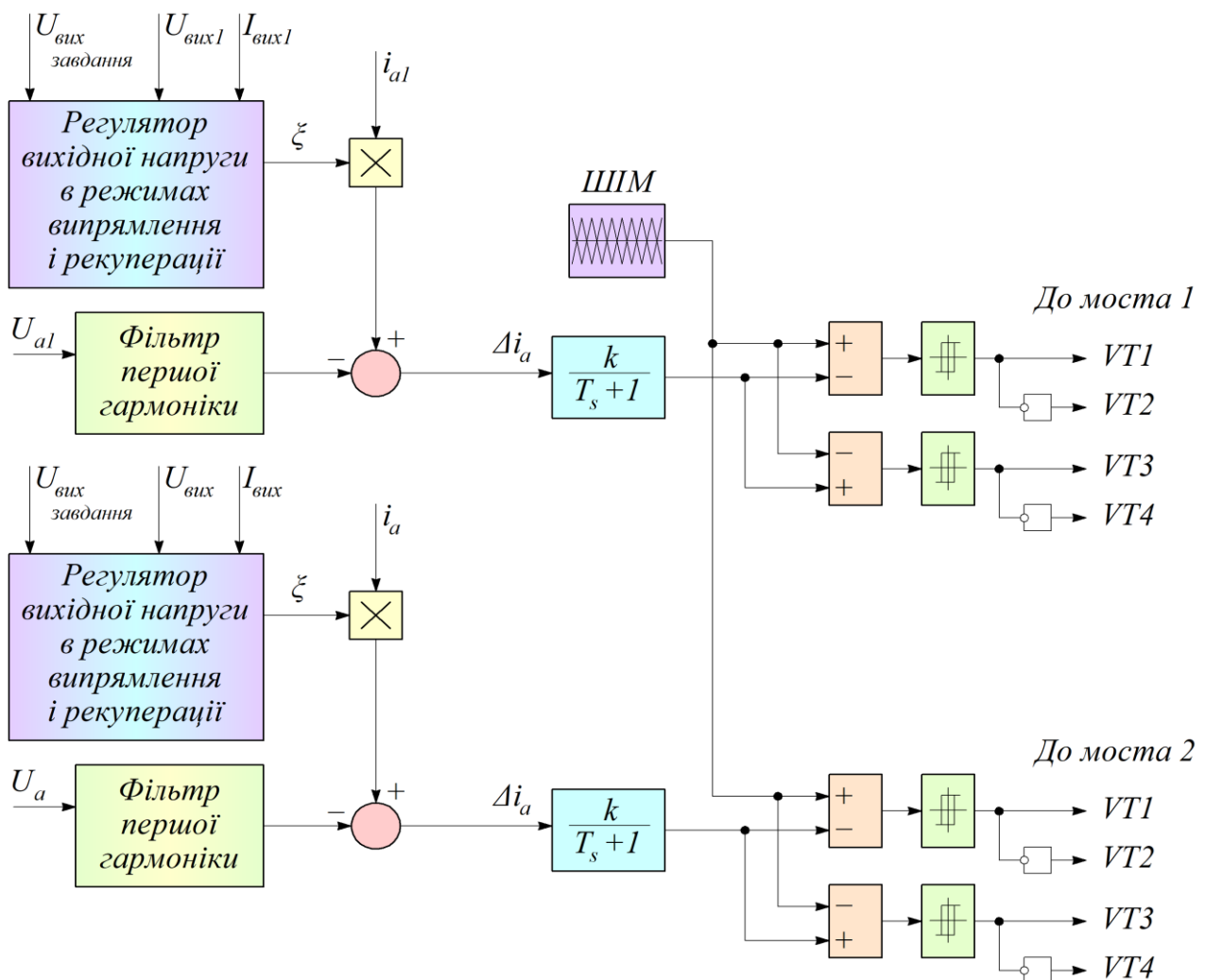


Рис. 1. Система керування компенсційного 4QS-перетворювача

Застосування викладеного принципу керування компенсційним 4QS-перетворювачем дає змогу реалізувати поліпшені показники емісії вищих гармонік вхідного струму та вихідної напруги.

Застосування принципу фазової компенсації вищих гармонік в загальному спожитому струмі за рахунок синхронізації каналів керування паралельно працюючих перетворювачів дозволить отримати покращені показники якості електричної енергії в режимах тяги і рекуперації та знизити частоту комутації силових ключів, що призведе до зниження динамічних втрат в перетворювачі та збільшення загального ККД ЕРС.

[1] Adapa A. K., John V. An auxiliary-capacitor-based active phase converter with reduced device current stress. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*. 2019. Vol. 66, No. 9. P. 6925–6935. DOI: 10.1109/TIE.2018.2877087.

[2] Plakhtii O., Nerubatskyi V., Hordiienko D. Efficiency analysis of DC-DC converter with pulse-width and pulse-frequency modulation. *2022 IEEE 41st International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO)*. 2022. P. 571–575. DOI: 10.1109/ELNANO54667.2022.9926762.

[3] Alotaibi S., Darwish A., Ma X., Williams B. A new four-quadrant inverter based on dual-winding isolated cuk converters for railway and renewable energy applications. *The 10th International Conference on Power Electronics, Machines and Drives (PEMD 2020)*. 2020. P. 926–931. DOI: 10.1049/icp.2021.1033.

[4] Nerubatskyi V. P., Plakhtii O. A., Hordiienko D. A. Scientific foundations of higher energy efficiency and electromagnetic compatibility of semiconductor electric energy converters: Monograph. Kharkiv: LLC “Voskhod-Print”, 2022. 220 p.