

РЕЦЕНЗІЯ

рецензента, к.т.н., доцента Шайди Віктора Петровича

на дисертаційну роботу Кондратьєвої Лілії Юріївни

«Енергоефективне керування тяговим електроприводом кар'єрного локомотива з комбінованою енергетичною установкою»,

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю

141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Детальний аналіз дисертаційної роботи Кондратьєвої Лілії Юріївни на тему «Енергоефективне керування тяговим електроприводом кар'єрного локомотива з комбінованою енергетичною установкою», що представлена для захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії у Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут», дає змогу зробити комплексний висновок щодо її актуальності, ступеня обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій, достовірності та значущості отриманих результатів, наукової новизни, теоретичної та практичної цінності, надати загальну оцінку дисертації.

1. Актуальність теми дисертаційної роботи

Україна входить до 10 найбагатших на запаси залізних руд країн світу, вона має відповідні спеціалізовані добувні і переробні підприємства та розвинуту інфраструктуру для експорту продукції. Кожна структурна ланка виробництва залізорудної сировини потребує значного енергоспоживання. А це призводить до зростання вартості продукції та викидів вуглекислого газу в навколишнє середовище, що негативно впливає на конкурентоспроможність вітчизняної залізорудної сировини.

Розвиток цієї галузі визначається сучасними світовими тенденціями підвищення вартості енергоресурсів та напрямом на декарбонізацію економіки і досягнення кліматичної нейтральності, що потребує як зменшення енергоспоживання у процесі виробництва так і підвищення ефективності використання електроенергії.

В умовах втрати Україною значної кількості енергогенеруючих підприємств, через військові дії, завдання економії енергоресурсів та їх ефективного використання на сьогодні є дуже актуальним і життєво необхідним.

Однією із ланок виробництва залізорудної сировини є її транспортування з кар'єру до збагачувальної фабрики. Електрифікований залізничний транспорт, який використовується на багатьох підприємствах, забезпечує низьку вартість перевезень та рівень шкідливих викидів. Проте існуючий парк електрорухомого складу підприємств України складається із електровозів з тяговими двигунами постійного струму, що мають менший ККД у порівнянні із асинхронними електродвигунами та потребують більших витрат при обслуговуванні. Тому у передових країнах світу натеper використовують залізничний електротранспорт із тяговими асинхронними двигунами.

Звісно, що оновлення тягового електрорухомого складу кар'єрного залізничного транспорту із заміною на сучасні електровози із тяговими асинхронними двигунами дозволить підвищити енергоефективність електрообладнання. Однак, додатком до цього потрібно застосовувати сучасні технології енергозбереження. Найбільш ефективними напрямками енергозбереження наразі є використання рекуперації та впровадження енергоефективних стратегій керування електрообладнанням і рухом поїздів.

Тому дисертаційна робота Кондратьєвої Лілії Юріївни, що спрямована на вирішення науково-практичної задачі підвищення енергоефективності тягового електроприводу кар'єрного локомотива з комбінованою енергетичною установкою, є актуальною.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційна робота відповідає планам науково-дослідних робіт кафедри «Електричний транспорт та тепловозобудування» в рамках науково-дослідної теми «Підвищення енергоефективності електрорухомого складу залізничного транспорту» (№ ДР 0122U201673), в якій здобувачка була виконавцем 1-го розділу.

3. Наукова новизна одержаних результатів

Дисертація містить наукову новизну, з найбільш суттєвих доробок роботи можна назвати:

– вперше запропоновано створення кар'єрного електровозу з комбінованою енергетичною установкою з використанням бортового накопичувача енергії;

– вперше запропоновано спосіб керування для підвищення енергоефективності багатодвигунного тягового електроприводу кар'єрного електровозу, який передбачає відключення частини тягових асинхронних електродвигунів у режимах з частковим навантаженням, що забезпечує зменшення споживання енергії;

– вперше досліджено вплив бортового накопичувача енергії у складі комбінованої енергетичної установки кар'єрного електровозу на споживання енергії, запропоновано спосіб визначення параметрів накопичувача енергії, проведено оптимізацію накопичувача енергії за масо-габаритними і вартісними показниками;

– вперше визначено шматково-лінійну функцію траєкторії управління руху поїзду шляхом вирішення задачі умовної оптимізації за критерієм енерговитрат для кар'єрного електровозу.

Наукова новизна в дисертаційній роботі здобувачки узгоджується із завданнями дослідження, що є складовими поставленої в дисертації мети, не виходить за її межі та характеризується високим рівнем теоретичної обґрунтованості, дає можливість застосуванню сучасного енергоефективного обладнання та впровадження технологій енергозбереження.

4. Практична цінність одержаних результатів та рекомендації щодо їх подальшого використання

Практичне значення наукових результатів полягає в тому, що впровадження кар'єрного електровозу, з тяговими асинхронними електродвигунами, дозволить підвищити енергоефективність транспортування залізної руди і надійність тягового електрообладнання, зменшить витрати на їх обслуговування.

Запропонований спосіб керування тяговими асинхронними двигунами кар'єрного електровозу, шляхом вимикання їх частини в режимах з частковим навантаженням, забезпечує зменшення споживання енергії і може застосовуватися для рухомого складу іншого призначення.

Розроблені методи визначення параметрів бортового накопичувача енергії та способи його оптимізації дозволяють обрати певний тип елементів накопичувача з урахуванням різних критеріїв.

Визначено енергооптимальні шматково-лінійні функції управління рухом кар'єрного локомотиву для вантажного напіврейсу при русі з середніми швидкостями руху від 7 км/год до 17 км/год. Це дозволить зменшити енерговитрати кар'єрного електровозу під час транспортування руди.

Отримані результати можуть бути впроваджені у перспективних розробках рухомого складу для магістральних залізниць, рейкового промислового та міського електротранспорту.

Результати дисертаційної роботи використано при виконанні наукового дослідження за темою: «Підвищення енергоефективності електрорухомого складу залізничного транспорту» (№ ДР 0122U201673, 2022-2023 р.), де здобувачка була виконавцем 1-го розділу.

Результати дисертаційної роботи впроваджено на ТОВ «Миколаївський тепловозремонтний завод» (м. Миколаїв) – профільного підприємства, яке займається ремонтом та модернізацією тягового рухомого складу (акт про впровадження від 18.03.2025 р.), а також у навчальному процесі кафедри електричного транспорту та тепловозобудування НТУ «ХП» (акт про впровадження від 02.04.2025 р.)

5. Повнота викладення матеріалів дисертації в наукових працях, які опубліковані автором

Результати досліджень опубліковані у 17 роботах, серед яких: 3 статі у наукових фахових виданнях України; 3 статті у наукових періодичних виданнях, що індексуються у наукометричній базі даних Scopus; 11 тез у матеріалах конференцій, з них 5 – проіндексовані у наукометричній базі даних Scopus.

Зазначене вище дозволяє стверджувати, що представлена дисертаційна робота є самостійним, завершеним науковим дослідженням, результати якого мають значення для електричного транспорту та електромеханіки.

6. Аналіз змісту дисертації. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації

Дисертаційна робота Лілії Юрїївни є завершеною науковою роботою, містить анотацію – українською та англійською мовами, вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел і додатки.

Дисертація присвячена вирішенню актуальної науково-практичної задачі з розробки енергоефективного керування тяговим електроприводом кар'єрного локомотива з комбінованою енергетичною установкою.

Об'єкт дослідження – процеси електромеханічного перетворення енергії у тяговому електроприводі кар'єрного локомотива з комбінованою енергетичною установкою.

Предмет дослідження – тяговий електропривод кар'єрного локомотива з комбінованою енергетичною установкою.

Метою дисертаційної роботи є підвищення енергоефективності тягового електроприводу кар'єрного локомотива з комбінованою енергетичною установкою.

У вступі наведено обґрунтування вибору теми дослідження; зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами; мету і завдання дослідження; методи дослідження; наукову новизну отриманих результатів; практичне значення отриманих результатів; особистий внесок здобувача; відомості про апробацію матеріалів дисертації та публікації; структуру та обсяг дисертації.

У *першому розділі* проведено огляд електрорухомого складу, який використовується на гірничодобувних підприємствах, та обґрунтовано необхідність його оновлення. Запропоновано та визначено параметри нового електровозу для кар'єрних залізниць. Обрано напрями досліджень, поставлені основні задачі дисертаційної роботи.

У *другому розділі* досліджено режими роботи багатодвигунного тягового електроприводу та обґрунтовано можливість зменшення споживання енергії

шляхом відключення частини тягових асинхронних електродвигунів у режимах часткового навантаженні. Запропоновано спосіб визначення кількості працюючих електродвигунів, при якому досягається зменшення споживання енергії тяговим електроприводом. Розроблено та виконано моделювання руху поїзду для різних випадків керування при русі навантаженого та порожнього поїзду, а також при маневруванні під час навантаження та розвантаження.

У *третьому розділі* досліджено застосування бортової системи накопичення енергії для зменшення енергоспоживання. Запропоновано модель для розрахунку витрат енергії при рекуперації та при акумулюванні у бортовому накопичувачі. Обґрунтовано доцільність використання бортового накопичувача для компенсації потужності при обмеженнях споживання струму з контактної мережі.

Розглянуто використання накопичувача енергії у складі окремої бустерної секції.

Досліджено оптимізацію накопичувача шляхом застосування літій-залізо-фосфатних, літій-титанатних комірок та суперконденсаторів. Проведено оптимізаційні розрахунки за цільовими функціями, які враховують масу, об'єм, вартість елементів та вартість кіловат-години енергії у елементі. Показано, що доцільним є застосування накопичувача на основі літій-титанатних комірок.

У *четвертому розділі* досліджено зменшення енергоспоживання за рахунок оптимізації руху поїзду на ділянці кар'єрної колії при вантажному напіврейсі шляхом вирішення задачі умовної оптимізації за критерієм мінімуму споживання енергії з проміжного контуру.

Висновки, сформульовані у роботі, висвітлюють результати дослідження як вирішення висунутих в дисертації завдань. В цілому висновки відповідають вимогам, які висуваються до результатів дисертаційного дослідження на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Список літератури повний і включає вітчизняні та зарубіжні публікації, присвячені тематиці дисертаційного дослідження.

Додатки містить інформацію про практичне впровадження результатів дисертації.

7. Достовірність отриманих результатів та висновків

Достовірність результатів теоретичних досліджень забезпечується відповідною до мети і задач дослідження методологією дослідження та коректним використанням математичного апарату.

8. Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладення наукових положень та результатів в опублікованих працях

Дисертаційна робота виконана з дотриманням вимог академічної доброчесності. Отримані результати дають підстави говорити про оригінальність роботи. У тексті містяться авторські ідеї, не виявлено використання ідей інших науковців без посилання на їх роботи.

Основні ідеї автора та результати дослідження викладено у: трьох фахових статтях; трьох статтях у наукових періодичних виданнях, що індексуються у наукометричній базі даних Scopus; одинадцяти публікаціях апробаційного характеру, п'ять з яких проіндексовано у наукометричній базі даних Scopus. Здобувачка активно приймала участь в українських та закордонних конференціях, де була проведена апробація ідей, що викладено у дисертаційному дослідженні.

9. Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

1. В анотації автор зазначив актуальність теми роботи лише з точки зору світових тенденції декарбонізації економіки та конкурентоспроможності вітчизняної залізничної сировини. Вважаю, що необхідно було зазначити про скрутний стан енергомережі та генеруючих потужностей України, через військові дії, що підвищує важливість та актуальність теми дисертаційної роботи.

2. Тягові асинхронні електродвигуни кар'єрного електровозу охолоджуються за допомогою мотор-вентиляторів, що по суті також є електродвигунами. Але автор не оцінювала їх вплив на енергоспоживання і заходи щодо зменшення споживання ними енергії.

3. Вартість бортового накопичувача електричної енергії для кар'єрного електровозу складає біля 1,1 млн. євро, а оціночний ресурс для обраного типу елементів 8 років (стор. 141). Не вказано, яку частку вартості кар'єрного електровозу складає вартість накопичувача енергії та строк його окупності.

4. У третьому розділі при оптимізації накопичувача енергії враховуються тільки параметри його елементів. При цьому не враховуються параметри і показники погоджувальних перетворювачів, використання яких необхідно для роботи накопичувача енергії.

5. У розділі 4, стор. 144, вказано що визначення режимів роботи здійснюється на основі методів багатопараметричної умовної мінімізації. Тому не зрозуміло, чому далі йде розгляд і класифікація методів безумовної оптимізації, якщо використовуються методи умовної оптимізації.

6. Бажано було б вказати, які із розрахованих оптимальних траєкторій управління рухом є раціональними для практичного використання.

7. У переліку позначок та скорочень вказано скорочення «EPC», яке пояснюється як електрорухоми́й склад, і одночасно за текстом дисертації використовується теж саме скорочення для позначення електрорушійної сили (стор. 131).

8. В тексті дисертаційної роботи присутні граматичні, орфографічні та стилістичні помилки, деякі формулювання є нечіткими та не завершеними.

Вказані зауваження суттєво не впливають на сутність одержаних наукових результатів та практичну значимість дисертаційної роботи. Вважаю, що у цілому дисертаційна робота здобувачки заслуговує на позитивну оцінку.

10. Висновки

Дисертаційна робота Кондратьєвої Лілії Юріївни є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить науково-обґрунтовані результати, має наукову новизну та дає перспективи подальших досліджень. Тема дослідження відповідає галузі знань 14 – «Електрична інженерія» та спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Отже, враховуючи актуальність теми, отримані результати та певну практичну значущість вважаю, що дисертаційна робота Кондратьєвої Лілії Юріївни «Енергоефективне керування тяговим електроприводом кар'єрного локомотива з комбінованою енергетичною установкою» відповідає вимогам 6, 7, 8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціальної вченої ради Закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» від 12.01.2022 р. № 44 та вимогам до оформлення дисертації МОН України від 12.01.2017 № 40, а авторка, Кондратьєва Лілія Юріївна, заслуговує присудження їй наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Рецензент – кандидат технічних наук, доцент,
завідувач аспірантури Національного
технічного університету «Харківський
політехнічний інститут»

Віктор Шайда
Віктор ШАЙДА

Віктор Шайда
Підпис Віктор ШАЙДА
ЗАСВІДЧУЮ

Проректор з науково-педагогічної
роботи НТУ "ХПІ"



Олександр Труш
Олександр ТРУШ
11.08.2025р