

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертацію **Заїки Дениса Олександровича**

за темою: **«Вдосконалення управління тяговою передачею маневрових локомотивів шляхом використання методів штучного інтелекту»** подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 273 –
Залізничний транспорт галузі знань 27 – Транспорт

Актуальність теми дисертації та її зв'язок з державними науковими програмами.

Тема дисертаційної роботи є актуальною та наведеною на покращення енергетичних показників маневрових тепловозів, які відіграють ключову роль в організації залізничних перевезень. За рахунок автоматичної зміни параметрів силової схеми тепловоза та можливості під'єднання різної кількості тягових електричних двигунів відбувається покращення коефіцієнта корисної дії генератора, тягового електричного двигуна та локомотива в цілому. В основі роботи лежить реальна, практично підтверджена при експлуатації, можливість роботи тягових двигунів в діапазоні навантаження з максимальним значенням ККД. Рух локомотива на різних варіантах під'єднання ТЕД в залежності від експлуатаційних умов дозволяє зменшити витрати палива на маневрову роботу локомотива.

Актуальність теми дисертації підтверджується зв'язком з пріоритетними напрямками розвитку України. Робота була виконана в Державному університеті інфраструктури та технологій на кафедрі електромеханіки та рухомого складу залізниць в рамках науково-дослідних робіт: «Модернізація маневрових тепловозів типу ЧМЕЗ шляхом впровадження системи дистанційного управління і контролю» (№ДР0121U107991) та «Розробка наукових засад комплексного підвищення безпеки, ефективності експлуатації та управління критичними об'єктами залізничного транспорту в умовах післявоєнного розвитку України» (проект за грантової підтримки Національного фонду досліджень України, реєстраційний номер проекту 2022.01/0224), у яких автор дисертації є виконавцем і автором звітів.

Оцінка змісту дисертації.

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 100 найменувань та п'яти додатків. Загальний обсяг дисертаційної роботи становить 180 сторінок, у тому числі 103 сторінки основного тексту, 34 сторінки додатків, 10 таблиць та 50 рисунків. Робота виконана на достатньому професійному рівні, характеризується логічним викладанням та чіткою структурованістю.

У вступі

Обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету і задачі дослідження, наукову новизну і практичне значення роботи, наведено дані про особистий внесок автора, апробацію результатів роботи та публікації.

У першому розділі досліджено існуючі методи тягових розрахунків, які базуються на використанні комп'ютерного моделювання. Використовуючи метод апроксимації та існуючі характеристики маневрового локомотива ЧМЕЗ отримано аналітичні вирази струмової характеристики, навантажувальної характеристики та інших, які увійшли в основу математичної моделі для визначення тягово-енергетичних показників маневрового локомотива. Також проведено аналіз штучного інтелекту, основні концепції, теоретичні підходи, та практичні аспекти застосування в залізничному транспорті. Виконано дослідження побудови нечітких систем керування.

Другий розділ присвячено створенню математичної моделі для визначення тягово енергетичних показників маневрового локомотива ЧМЕЗ. Головною відмінністю запропонованої моделі є можливість визначення основних параметрів локомотива на часткових навантаженнях тягової електричної передачі. Модель дає можливість введення початкових параметрів, які враховують позицію контролера машиніста, кількість підключених тягових електродвигунів, масу складу, інтервал часу, профіль руху та швидкість. Результатами розрахунку моделі є значення прискорення, сили тяги, потужності, опору руху, поточної швидкості, кількості пройденого шляху, кількість витраченого палива, сили струму тягового генератора, тягового

двигуна, ККД передачі маневрового локомотива ЧМЕЗ. В моделі є обмеження за коефіцієнтом зчеплення коліс з рейкою, швидкістю руху локомотива та струму генератора та двигунів. Отримані результати розрахунку математичної моделі підтверджують можливість використання 4-х тягових електричних двигунів для виконання маневрової роботи локомотивом ЧМЕЗ. Такий метод керування дозволяє використовувати тягові електричні двигуни на максимальних ККД, що в свою чергу покращує енергетичні та експлуатаційні характеристики.

В третьому розділі розроблено математичну модель автоматизованої системи управління тяговою електричною передачею маневрового локомотива.

На основі методів штучного інтелекту створена база знань моделі з використанням таких сучасних інформаційних технологій, як нечітка логіка, для обробки та аналізу знань. Дослідження енергетичних параметрів та роботи системи управління за допомогою моделі, створеної на базі програмних засобів MatLab FuzzyLogic, говорять про можливість реалізації досить різноманітних режимів управління тяговою передачею маневрового локомотива, що відрізняються від прийнятих при тягових розрахунках і зазначених в режимних картах. Використовуючи створену базу даних, система реалізує рух маневрового локомотива на 4-х ТЕД використовуючи частково 3-тю, та повністю 4-ту та 5-ту позицію контролера машиніста. В результаті запропонованого режиму руху та впровадження методів штучного інтелекту для вдосконалення систем управління тяговою електричною передачею маневрових локомотивів є можливість зменшити витрати енергоресурсів та підвищити ефективність експлуатації тепловозів.

Четвертий розділ присвячено дослідженню режимів роботи маневрового тепловоза на часткових навантаженнях тягової передачі та розрахунку економічної доцільності використання запропонованого методу керування. Отримано відсоток використання позицій контролера машиніста за 12 годин роботи (не враховуючи час простою) на певній ділянці руху. Виконано розрахунок годинної витрати палива на різних варіантах підключення ТЕД для

позицій контролера машиніста. Отримано загальні значення витрати палива за 12 годин роботи тепловоза використовуючи для руху 4 ТЕД на частково 3-й та повністю 4-й та 5-й позиції контролера машиніста. Отримані дані говорять про економію палива за робочу зміну в розмірі 14.66 літрів дизельного палива, а термін окупності запропонованої системи складає 8 місяців та 3 тижні.

Наукова новизна роботи полягає у наступному:

- створено математичну модель для визначення тягово-енергетичних показників маневрового локомотива ЧМЕЗ, головною відмінністю від існуючих моделей є можливість визначення основних параметрів локомотива на різних варіантах підключення тягових електричних двигунів при маневровій роботі;
- створено математичну модель інтелектуальної автоматизованої системи управління тяговою передачею маневрового локомотива ЧМЕЗ, яка враховує можливість руху локомотива на різних варіантах підключення тягових електричних двигунів використовуючи базу знань інтелектуальної системи, яка для формалізації та представлення знань в пам'яті інформаційної системи використовує продукційну модель.
- доопрацьовано методи тягових розрахунків, шляхом застосування в розрахунках для маневрового локомотива ЧМЕЗ додаткового коефіцієнта n_{ted} , який враховує кількості підключених ТЕД відповідно до поїзної ситуації.

Практичне значення отриманих результатів

Запропонована інтелектуальна система управління тяговою передачею маневрових локомотивів з використання методів штучного інтелекту дозволяє підвищити енергоефективність експлуатації в маневровій роботі локомотивів ЧМЕЗ, на даний час найпоширеніших в АТ «Укрзалізниця». Створена математична модель дає обґрунтовані та адекватні дані.

Основні наукові результати роботи впроваджені в ТОВ НВП «Локомотив Транс Сервіс» при модернізації маневрових тепловозів типу ЧМЕЗ шляхом удосконалення систем управління тяговою електричною передачею.

Результати роботи впроваджені у навчальний процес Держаного університету інфраструктури та технологій при підготовці магістрів за спеціальностями 273 «Залізничний транспорт», та 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньо-професійних програм «Локомотиви та локомотивне господарство», та «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». В теоретичну складову дисципліни «Інтелектуальні технології в локомотивному господарстві» (обсяг дисципліни 6 кредитів, 15 лекцій, 30 лабораторних робіт, 15 практичних занять) додано теоретичні основи створення бази знань інтелектуальної системи управління тяговим рухомим складом. В практичну складову дисципліни «Інтелектуальні технології в локомотивному господарстві» (обсяг дисципліни 6 кредитів, 15 лекцій, 30 лабораторних робіт, 15 практичних занять) додано практичне заняття «Створення моделі автоматизованого керування тяговою електричною передачею маневрового локомотива шляхом використання методу Мамдані».

Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій

Результати дисертаційної роботи є достатньо обґрунтованими, що підтверджується коректністю прийнятих припущень, використанням сучасної теорії аналізу, теорії автоматизованого управління та комп'ютерного моделювання, систем штучного інтелекту, які використовують нечітку логіку. Достовірність підтверджено актами про впровадження, авторськими публікаціями та результатами апробації дисертації.

Повнота викладу результатів в опублікованих працях.

Матеріали дисертації опубліковані у 4-х основних наукових працях, що відповідають п. 8 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» затвердженого постановою КМУ № 44 від 12.01.2022 р. із змінами внесеними згідно з Постановою КМ №507 від 03.05.2024 р. , з яких 1 праця у закордонних виданнях (індексована в наукометричній базі Scopus та має квартиль Q2), 3

праці у фахових виданнях затверджених МОН України. Також опубліковано 7 додаткових праць (1 патент України на корисну модель та 6 праць апробаційного характеру).

Дотримання принципів академічної доброчесності. Не виявлено ознак академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації, текстових запозичень чи інших порушень доброчесності дисертанта. Усі ідеї та положення, викладені в роботі, належать автору. У дисертації є посилання на джерела, щодо використання тверджень, розробок тощо.

Зауваження та дискусійні положення. Відзначаючи загальний високий рівень обґрунтованості теоретичних і прикладних положень дисертаційної роботи Заїки Дениса Олександровича, її цілісність та логіку викладу матеріалів, можна висловити деякі зауваження та пропозиції.

1. В математичній моделі в якості вхідних даних використані регресійні залежності паспортних енергетичних характеристик тепловоза. Відомо, що при регресійному аналізі використовують імовірнісні моделі залежності між змінними, де різниця між модельним та реальним значенням характеризує так звані випадкові помилки моделі. Відповідно, відхилення реальних значень від модельних передбачається вже в самій моделі.

2. Відсутність аналізу похибки регулювання системи. В роботі не достатньо висвітлено величину похибки запропонованої системи управління тяговою передачею маневрового локомотива ЧМЕЗ, та відносно чого дана похибка розраховується.

3. Деякі стилістичні неточності: на сторінці 7 в реченні: «Використовуючи створену базу даних...» після слова «даних» слід поставити кому для розділення речення.

4. На сторінці 60 допущено орфографічну помилку в слові «Фазифікація», дане слово пишеться з одною літерою «з».

5. На сторінці 60 відсутній пробіл між визначеннями з формули та наступним абзацом.

Юрій ДУБРАВІН