Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра експлуатації та ремонту рухомого складу

Розроблення пропозицій з удосконалення моніторингу стану тягових електричних двигунів тягового рухомого складу

Пояснювальна записка і розрахунки
до кваліфікаційної роботи магістра

МКРМЕ 410.10.01 ПЗ

Розробив: студент групи 212-ВРС-Д22
Спеціальності 273Залізничний транспорт
Куров А.О.

Керівник: Проф., д.т.н.
Дацун Ю.М.

Рецензент: доц., к.т.н.
Обозний О.М.

2025

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет механіко-енергетичний
Кафедра експлуатації та ремонту рухомого складу
Освітньо-кваліфікаційний рівень: магістр
Спеціальність: 273. Залізничний транспорт («Локомотиви та локомотивне господарство»)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри,
професор, д-р техн. наук
_____В.Г. Пузир
(підпис)
«___» _____2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Курова Артема Олександровича

1. Тема «Розроблення пропозицій з удосконалення моніторингу стану тягових електричних двигунів тягового рухомого складу»
керівник Дацун Юрій Миколайович, проф., д.т.н.
затверджено розпорядженням по механіко-енергетичному факультету
від «30» вересня 2024 року № 38.
2. Строк подання студентом закінченої роботи «11» січня 2025 року.
3. Вихідні дані Методичні вказівки по збору статистичної інформації в локомотивних депо (№471)
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: - Аналіз швидкісного рухомого складу; - Аналіз швидкісного рухомого складу та їх тягових електродвигунів на залізницях світу; - Моделювання теплового стану тягового двигуна; - Аналіз методів, що застосовуються для розрахунку температурного поля електричних машин; - 3 Математична модель сталого теплового стану тягового електродвигуна; - Розроблення пропозицій з удосконалення моніторингу стану тягових електричних двигунів тягового рухомого складу; - Вібраційні характеристики тягового двигуна; - Вібраційні характеристики коробки передач; - Розрахунок економічного ефекту від впровадження вібродіагностичного комплексу.
5. Перелік графічного матеріалу - Загальна характеристика роботи; - Тягові двигуни високошвидкісних поїздів; - Принципова схема системи тягового приводу для високошвидкісного поїзда; - Вібраційні характеристики тягового двигуна; - Розподіл тестових точок тягового двигуна та їх розташування; - Частотно-часовий аналіз вібрації двигуна за трьох режимів роботи; - Вібраційні характеристики коробки передач;

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Техніко-економічне обґрунтування	Яковенко В.Г, доц., к.е.н.		

7 Дата видачі завдання «20» вересня 2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Отримання завдання на кваліфікаційну роботу. Формування змісту та етапів роботи.	20.09–06.10	Виконано
2	Збирання та обробка статистичної інформації	07.10–31.10	Виконано
3	Виконання роботи по розділам дипломного проекту. Аналіз одержаних даних, їх розрахунок та обробка	1.11–08.11	Виконано
4	Перевірка виконаних завдань у керівника дипломного проекту, виправлення помилок, виконання робіт по розділам консультантів	09.11–20.11	Виконано
5	Робота над оформленням графічної частини, проведення розрахунків та створення на їх підставі графічних матеріалів	21.11–01.12	Виконано
6	Перевірка виконаних робіт у керівника проекту, виправлення помилок, чистове виконання розділів дипломного проекту	02.12–06.12	Виконано
7	Нормоконтроль, виправлення помилок та підготовка до захисту	07.12–15.12	Виконано

Студент _____Куров А.О.

(підпис)

Керівник _____Дацун Ю.М.

(підпис)

Зміст

Вступ	6
1 Аналіз швидкісного рухомого складу	9
1.1 Аналіз швидкісного рухомого складу та їх тягових електродвигунів на залізницях світу	9
1.2 Оцінка теплового стану електродвигунів рухомого складу	26
2 Моделювання теплового стану тягового двигуна	30
2.1 Аналіз методів, що застосовуються для розрахунку температурного поля електричних машин	30
2.2 Математичний апарат для створення теплової математичної моделі тягового електродвигуна	37
2.3 Математична модель сталого теплового стану тягового електродвигуна	38
2.4 Розрахунок нагрівання асинхронного тягового електродвигуна	46
2.5 Розрахунок температур вузлів тягового синхронного електродвигуна через постійні нагріву	57
3 Розроблення пропозицій з удосконалення моніторингу стану тягових електричних двигунів тягового рухомого складу	63
3.1 Вібраційні характеристики тягового двигуна	66
3.2 Вібраційні характеристики коробки передач	75
4 Розрахунок економічного ефекту від впровадження вібродіагностичного комплексу	92
4.1 Коротка технічна характеристика вібродіагностичного комплексу	92
4.2 Розрахунок економічної ефективності впровадження	93
Список використаних джерел	98

АНОТАЦІЯ

Курова Артема Олександровича на тему «Розроблення пропозицій з удосконалення моніторингу стану тягових електричних двигунів тягового рухомого складу»

Дана магістерська кваліфікаційна робота включає в себе 11 слайдів презентації, 102 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 40 рисунків, 7 таблиць, 19 літературних джерел.

Ключові слова: ОНЛАЙН-МОНІТОРИНГ, ТЯГОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД, ДВИГУН, ТЕМПЕРАТУРА, ВІБРАЦІЯ.

Мета дослідження - розробка пропозицій з вдосконалення процесу онлайн-моніторингу стану тягових двигунів з використанням температурних та вібраційних сигналів.

Об’єкт дослідження – двигуни швидкісного рухомого складу.

Точне прогнозування показників тягового двигуна високошвидкісних поїздів може ефективно підвищити безпеку та надійність роботи поїзда. У цій кваліфікаційній роботі розглядаємо явище «дрейфу концепції», спричинене потоком даних датчиків у реальному часі з боку поїзда, тобто розподіл ймовірностей даних постійно змінюється з часом, і модель, навчена історичними даними, не може адаптуватися.

ABSTRACT

Artem Oleksandrovych Kurov on the topic "Development of proposals for improving the monitoring of the condition of traction electric motors of traction rolling stock"

This master's qualification work includes 11 presentation slides, 102 sheets of explanatory notes in A4 format, including 40 figures, 7 tables, 19 literary sources.

Keywords: ONLINE MONITORING, TRACTION ROLLING STOCK, ENGINE, TEMPERATURE, VIBRATION.

The purpose of the study is to develop proposals for improving the process of online monitoring of the condition of traction motors using temperature and vibration signals.

The object of the study is high-speed rolling stock engines.

Accurate prediction of the performance of the traction motor of high-speed trains can effectively increase the safety and reliability of train operation. In this qualification paper, we consider the phenomenon of “concept drift” caused by the real-time sensor data flow from the train side, that is, the probability distribution of the data is constantly changing over time, and the model trained on historical data cannot adapt.

Вступ

Актуальність теми. Актуальність теми виникає з необхідності ефективного функціонування залізничного транспорту для відновлення економіки України та подолання довготривалої кризи. Залізничний транспорт відіграває ключову роль, забезпечуючи 83% вантажного обороту та 38% пасажирообороту. Однак останні роки показують негативну динаміку у розвитку галузі, оскільки споживачі очікують європейської якості послуг, надійності, швидкості та безпечності перевезень, а ці очікування не виконуються.

Модернізація та розвиток залізничного транспорту сприятимуть не лише підвищенню продуктивності та конкурентоспроможності галузі, але й створять сприятливі умови для розвитку інших секторів економіки. Збільшення обсягів вантажних та пасажирських перевезень сприятиме відновленню промисловості, розвитку торгівлі та туризму, що, в свою чергу, генеруватиме нові робочі місця та зростання валового внутрішнього продукту.

Поліпшення транспортної інфраструктури, зокрема залізничного транспорту, також сприятиме залученню іноземних інвестицій та розширенню міжнародного співробітництва. Ефективно працююча залізнична система стане привабливим фактором для іноземних інвесторів, що сприятиме розвитку національної економіки та укріпленню місця України на світовому ринку. Отже, відновлення та модернізація залізничного транспорту в Україні не лише забезпечать ефективніше функціонування самої галузі, але й буде ключовим кроком у відновленні економічного потенціалу країни після труднощів, пов'язаних із воєнними подіями та економічною кризою.

Організація високошвидкісного залізничного руху базується на двох основних принципах, які визначають ефективність цієї системи. По-перше, вона вимагає використання складної інфраструктури, що включає в себе ряд

технічних пристроїв, технологічних рішень, фінансово-економічних інструментів та інших аспектів. Всі ці компоненти повинні працювати взаємодіючи, спрямовані на досягнення конкурентоспроможності та ефективної економії часу для пасажирів. По-друге, важливо зауважити, що високошвидкісні залізничні магістралі можуть мати схожі функції, але завжди будуть відрізнятися за їхньою експлуатаційною та комерційною характеристикою.

Високошвидкісні системи, оцінювані за параметрами швидкості, пропускної спроможності та вартості проекту, можуть відрізнятися в різних країнах або навіть в різних регіонах однієї країни з урахуванням їхніх експлуатаційних та комерційних особливостей. Однак об'єднує їх прагнення до досягнення найвищих стандартів швидкості та ефективності, враховуючи при цьому унікальні потреби та вимоги кожної конкретної місцевості.

Мета дослідження - розробка пропозицій з вдосконалення процесу онлайн-моніторингу стану тягових двигунів з використанням температурних та вібраційних сигналів.

Для досягнення вказаної мети в роботі поставлені задачі:

- Провести аналіз використання електричних машин швидкісного рухомого складу;

- Проаналізувати існуючи підходи до визначення моніторингу стану електричних машин;

- Розробка пропозицій з моніторингу стану двигунів швидкісного рухомого складу;

Розрахувати економічний ефект від впровадження пропозицій.

Об’єкт дослідження – двигуни швидкісного рухомого складу.

Предмет дослідження - методи та засоби вібродіагностики електричних машин рухомого складу.

Практичне значення отриманих результатів. Запропоновані заходи з вібродіагностики можуть бути впроваджені в локомотивному господарстві під час проведення ремонтів та технічного обслуговування рухомого складу.

Результати дослідження були обговорені на 83-й студентській науково-технічній конференції.

Список використаних джерел

1 Собкевич, О. В. Удосконалення механізмів реформування та розвитку залізничного транспорту в контексті реалізації структурних реформ в галузі. Аналітична записка. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/-http://www.niss.gov.ua/articles/1662/ (Дата звернення: 03.10.2019).

2 Транспорт і зв'язок, статистична інформація URL: http://www.ukrstat.gov.ua. (Дата звернення: 03.10.2019).

3 Панченко С.В., Бабанин А.Б., Каграманян А.А., Устенко А.В. Особенности эксплуатации высокоскоростных поездов: Монография. Харьков, 2018. 300 с.

4 Нурієв Р.Ш. Концептуальний проект швидкісного рухомого складу на засадах перспективних технологій для залізниць України. Системи управління, навігації та зв'язку, 2017. Випуск 5(45) с. 27 – 34.

5 Правила ремонту електричних машин електровозів і електропоїздів 105.86000.94111. ЦТ-0204 [затв. наказ Укрзалізниці №451-Ц від 28.07.2011]. 2012. 360 с.

6 Основні положення системи технічного обслуговування та ремонту з діагностуванням тягового рухомого складу ЦТ-0035 [затв. наказ Укрзалізниці №47-Ц від 01.02.2002 р.] К., 2002. 47 с.

7 Інструкція з технічного обслуговування та ремонту вузлів з підшипниками кочення локомотивів та моторвагонного рухомого складу ЦТ- 0165 [затв. наказом Укрзалізниці від 26.02.2008 № 096]. К. 2010. 201 с.