

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Український державний університет залізничного транспорту
Кафедра автоматики та комп'ютерного телекерування рухом поїздів

**ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ РЕЙКОВИХ КІЛ
ТОНАЛЬНОЇ ЧАСТОТИ НА СТАНЦІЯХ ТА ПЕРЕГОНАХ ПРИ
ЕЛЕКТРОТЯЗІ ЗМІННОГО СТРУМУ**

Пояснювальна записка

до випускної кваліфікаційної роботи першого освітнього ступеня «бакалавр»
ВКР 01.25.01.10. ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти

групи 135-ОКСКРП-Д22

(роботу виконано самостійно, відповідно
до принципів академічної доброчесності)



Охріменко Ю. О.

Керівник:



к.т.н. доц. Сотник В. О.

Рецензент:



д.т.н. проф. Ананьєва О.М.

Харків – 2025 р.

АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 14 слайдів презентації, 57 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 6 рисунки, 0 таблиць, 13 літературних джерел.

Ключові слова: БЕЗПЕКА, ВІДМОВОСТІЙКІСТЬ, ДІАГНОСТИКА, АВТОМАТИКА, ЖИВУЧІСТЬ, БЕЗПЕРЕРВНІСТЬ РОБОТИ.

Об'єктом дослідження є живучість систем автоматики і телемеханіки.

Метою даного дослідження є удосконалення методів забезпечення живучості систем автоматики і телемеханіки шляхом розробки та обґрунтування нових або модифікованих підходів до резервування, діагностики, відновлення та захисту від зовнішніх впливів, що дозволить підвищити їхню стійкість до відмов та безперебійність функціонування в порівнянні з існуючими рішеннями.

У кваліфікаційній роботі проведено аналіз живучості та надійності сучасних пристроїв автоматики

ANNOTATION.

This qualification work includes 14 slides of presentation, 57 sheets of explanatory note of A4 format, including 6 figures, 0 tables, 13 references.

Keywords: SAFETY, FAIL-SAVE, DIAGNOSTICS, AUTOMATION, RESILIENCE, CONTINUITY OF OPERATION.

The object of research is automation and telemechanics systems resilience.

The purpose of this research is to improve the methods of providing resilient automation and telemechanics systems by developing and substantiating new or modified approaches to redundancy, diagnostics, recovery and protection against external influences, which will increase their fail-safety and continuity of operation compared to existing solutions.

The qualification work analyzes the survivability and reliability of modern automation devices

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет інформаційно-керуючих систем та технологій

Кафедра автоматики та комп'ютерного телекерування рухом поїздів

Ступінь освіти бакалавр

Спеціальність 273 «Залізничний транспорт»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

К.т.н., доцент

Сотник В.О.



25 лютого 2025р.

ЗАВДАННЯ

НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Охріменко Юлії Олексіївні, гр. 135-ОКСКРП-Д22

- 1 **Тема** „ Дослідження мікропроцесорних рейкових кіл тональної частоти на станціях та перегонах при електротязі змінного струму,, затверджена розпорядженням по факультету інформаційно-керуючих систем та технологій від «24» лютого 2025р. за № 07.
- 2 **Строк подання здобувачем закінченої роботи**« 30 » травня 2025р.
- 3 **Вихідні дані:** Правила технічної експлуатації залізниць України. Інструкція з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування

(СЦБ) СТП 13-005:2020. Норми технологічного проектування пристроїв залізничної автоматики та телемеханіки. ДСТУ 2860-94 "Надійність техніки. Терміни та визначення". Варбанець М.Г. "Системи залізничної автоматики і телемеханіки". Railway Signalling & Interlocking International Compendium, 3rd Edition, Hamburg: PMC Media House GmbH, 2020. Кузьменко Д.М. "Пристрої сигналізації, централізації та блокування. Технологія обслуговування", Залізнична автоматика, 2006. Мойсеєнко В.І., Пархоменко С.Л., Чепцов М.М., Коцюба Т.А. "Автоматизовані станційні системи керування рухом поїздів", Харків, 2013. Басов В.І., Єлисеєв В.В., Петренко О.В. "Мікропроцесорна система централізації МПЦ-У", Київ, 2014. Технічна документація виробників мікропроцесорних рейкових кіл. Методичні вказівки та рекомендації з проектування залізничної автоматики. Наукові статті та патенти в галузі мікропроцесорних систем контролю рейкових кіл.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки

Вступна частина:

- титульний аркуш;
- завдання на випускну роботу (з додатком);
- реферат;
- зміст.

Основна частина:

- вступ;
- суть роботи (назви розділів роботи з висновками по кожному розділу);
- розділ охорони праці;
- перелік посилань.

Додатки

5. Перелік графічного матеріалу

1. Структурна схема мікропроцесорного рейкового кола.
2. Принципова електрична схема рейкового кола.
3. Графік залежності параметрів рейкового кола від тягового струму.
4. Схема заземлення та електромагнітної сумісності.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів	Строк виконання етапів
Вступ	25.02.2025р
Реферат	15.05.2025р
1. Аналіз функціонування мікропроцесорних рейкових кіл тональної частоти.	15.03.2025р
2. Дослідження параметрів мікропроцесорних рейкових кіл.	25.03.2025р
3. Розробка рекомендацій щодо покращення роботи рейкових кіл.	20.04.2025р
4. Охорона праці та екологічні аспекти.	15.05.2025р

***Примітка** – Розгорнутий календарний план виконання дипломного проекту наведений у додатку до завдання.

Здобувач



Ю. О. Охріменко

Керівник



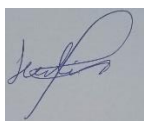
к.т.н., доц. В.О. Сотник

ДОДАТОК ДО ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання	Примітки
Вступ	25.02.2025р.	
Реферат	15.05.2025р.	
1. Аналіз функціонування мікропроцесорних рейкових кіл тональної частоти.	15.03.2025р.	
1.1. Принцип дії рейкових кіл тональної частоти.	17.03.2025р.	
1.2. Вплив електротяги змінного струму на функціонування рейкових кіл.	19.03.2025р.	
1.3. Аналіз існуючих методів компенсації впливу тягового струму.	21.03.2025р.	
1.4. Висновки по розділу.	22 .03.2025р.	

2. Дослідження параметрів мікропроцесорних рейкових кіл	25.03.2025р.	
2.1. Вибір методів аналізу характеристик рейкових кіл.	30.03.2025р.	
2.2. Дослідження електромагнітної сумісності рейкових кіл.	02.04.2025р.	
2.3. Аналіз перешкодостійкості мікропроцесорних рейкових кіл.	10.04.2025р.	
2.4. Висновки по розділу.	19.04.2025р.	
3. Розробка рекомендацій щодо покращення роботи рейкових кіл.	20.04.2025р.	
3.1. Визначення критеріїв оптимізації параметрів рейкових кіл.	25.04.2025р.	
3.2. Розробка рекомендацій з підвищення ефективності роботи.	26.04.2025р.	
3.3. Оцінка економічної доцільності впровадження запропонованих заходів.	29.04.2025р.	
3.4. Висновки по розділу.	10.05.2025р.	
4. Охорона праці та екологічні аспекти.	15.05.2025р.	
4.1. Аналіз потенційних небезпек.	16.05.2025р.	
4.2. Заходи щодо забезпечення безпечних умов праці.	18.05.2025р.	
4.3. Вплив системи захисту на навколишнє середовище.	19.05.2025р.	
4.4. Висновки по розділу.	20.05.2025р.	
Список використаних джерел	20.05.2025р.	
Надання роботи керівникові.	20.05.2025р.	

Здобувач



Ю. О. Охрімєнко

Керівник



доц. В.О.Сотник

Зміст

Вступ.

1. Аналіз функціонування мікропроцесорних рейкових кіл тональної частоти.	11
1.1. Принцип дії рейкових кіл тональної частоти	16
1.2. Вплив електротяги змінного струму на функціонування рейкових кіл	19
1.3. Аналіз існуючих методів компенсації впливу тягового струму	22
1.4. Висновки по розділу	23
2. Дослідження параметрів мікропроцесорних рейкових кіл	25
2.1. Вибір методів аналізу характеристик рейкових кіл	31
2.2. Дослідження електромагнітної сумісності рейкових кіл	34
2.3. Аналіз перешкодостійкості мікропроцесорних рейкових кіл	37
2.4. Висновки по розділу	40
3. Розробка рекомендацій щодо покращення роботи рейкових кіл	42
3.1. Визначення критеріїв оптимізації параметрів рейкових кіл	43
3.2. Розробка рекомендацій з підвищення ефективності роботи	46
3.3. Оцінка економічної доцільності впровадження запропонованих заходів	51
3.4. Висновки по розділу	54
4. Охорона праці та екологічні аспекти	56
4.1. Аналіз потенційних небезпек	56
4.2. Заходи щодо забезпечення безпечних умов праці	58
4.3. Вплив системи захисту на навколишнє середовище	61
4.4. Висновки по розділу	63
Список використаних джерел	65

Вступ

У сучасних умовах розвитку залізничного транспорту ключову роль у забезпеченні безпеки руху змінює система сигналізації, ключовою складовою якої є рейкові кола [1]. Ці дискретні датчики забезпечують важливу роль – виявляють наявність рухомого складу на колійних ділянках станцій та перегонів, а також містять контроль цілісності рейкових ниток [5]. Принцип дії рейкового кола обґрунтовується на замиканні електричного кола через рейки, при виділенні рухомих одиниць на коліях і з'являється колісних пар рухомої одиниці, що змінює напрямок протікання сигнального струму в рейковій лінії, яка фіксує апаратурою на релейному кінці [6].

Серед існуючих типів рейкових кіл особливе місце виділяється рейковим колам тональної частоти. Вони працюють на несучих та модулюючих частотах, через це мають покращену завадостійкість, що дозволяє ефективно використовувати їх на довгих перегонах і в умовах інтенсивного електромагнітного середовища [9]. застосування зменшує взаємні впливи між суміжними ділянками колії та забезпечує стабільну роботу обладнання, навіть у несприятливих умовах [5].

Подальший розвиток автоматизованої системи управління рухом дав поштових до впровадження мікропроцесорних технологій у рейкові кола [8]. Завдяки мікропроцесорам з'явилася можливість лише підвищити точність і надійність роботи системи, що дозволило підключити їх до сучасних цифрових платформ моніторингу та керування [7]. Це відкриває нові перспективи для діагностики та вдосконалення технічних засобів сигналізації.

Проте в умовах електрифікації залізниць змінним струмом зростає інтенсивність електромагнітних завад, що розміщені тяговим рухомих складом і силовими перетворювачами [11]. Ці завади часто збігаються з робочими частотами тональних рейкових кіл, викликаючи порушення в роботі апаратури релейних кінців, гальмівного спрацьовування або навіть відмови системи [11]. Збільшення використання потужних тягових установок лише посилює цю проблему, створюючи нові виклики перед розробниками засобів залізничної автоматики.

У зв'язку з цим актуальним стає питання забезпечення електромагнітної сумісності рейкових кіл із енергетичними та інформаційними системами залізниці [11]. Забезпечення надійної та стабільної роботи мікропроцесорних рейкових кіл в умовах електротяги змінного струму є місцем науково-прикладним завданням, від якого значною мірою забезпечується ефективність і безпечність функціонування залізничного транспорту [1, 3].

Висновок

На основі проведених досліджень у дипломній роботі виконано комплексний аналіз функціонування мікропроцесорних рейкових кіл тональної частоти, їх електромагнітної сумісності, перешкодостійкості та впливу електротяги змінного струму. Встановлено основні принципи дії рейкових кіл, проаналізовано методи компенсації впливу тягового струму та досліджено ключові параметри, що впливають на їх ефективність.

У процесі дослідження визначено оптимальні методи аналізу характеристик рейкових кіл, проведено оцінку їх перешкодостійкості та електромагнітної сумісності, що дозволило виявити потенційні проблеми та розробити рекомендації щодо їх усунення. Запропоновано критерії оптимізації параметрів рейкових кіл, розроблено рекомендації з підвищення ефективності їх роботи та оцінено економічну доцільність впровадження запропонованих заходів.

Особливу увагу приділено питанням охорони праці та екологічним аспектам, зокрема аналізу потенційних небезпек, розробці заходів для забезпечення безпечних умов праці та оцінці впливу системи захисту на навколишнє середовище.

Отримані результати підтверджують можливість підвищення надійності та ефективності мікропроцесорних рейкових кіл шляхом впровадження запропонованих рекомендацій, що сприятиме безпеці руху поїздів, зниженню експлуатаційних витрат та мінімізації екологічного впливу. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на вдосконалення методів компенсації перешкод та адаптацію розроблених рішень до специфічних умов експлуатації.

Список використаних джерел

1. Правила технічної експлуатації залізниць України, Міністерство транспорту України, 2003, 186 с.
2. Інструкція з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування (СЦБ) СТП 13-005:2020, Укрзалізниця, 2020, 120 с.
3. Норми технологічного проектування пристроїв залізничної автоматики та телемеханіки, Міністерство транспорту України, 2003, 98 с.
4. ДСТУ 2860-94 Надійність техніки. Терміни та визначення, Держстандарт України, 1994, 36 с.
5. Варбанець М. Г., Системи залізничної автоматики і телемеханіки, УкрДУЗТ, 2008, 320 с.
6. Кузьменко Д. М., Пристрої сигналізації, централізації та блокування. Технологія обслуговування, Залізнична автоматика, 2006, 210 с.
7. Мойсеєнко В. І., Пархоменко С. Л., Чепцов М. М., Коцюба Т. А., Автоматизовані станційні системи керування рухом поїздів, УкрДУЗТ, 2013, 280 с.
8. Басов В. І., Єлісеєв В. В., Петренко О. В., Мікропроцесорна система централізації МПЦ-У, Київ, 2014, 150 с.
9. Міжнародний збірник залізничної сигналізації та централізації, RMC Media House GmbH, 2020, 512 с.
10. Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів, [видавництво не вказано], 2002, [кількість сторінок не вказано]. Єрмоленко Л. П.,
11. Електромагнітні завади на залізничному транспорті: теоретичні засади та класифікація, Харків, 2019, [кількість сторінок не показано].
12. Панченко С. В., Бунчуков О. А., Сотник В. О., Аналіз проектних рішень мікропроцесорної системи рейкових кіл, 2023, [кількість сторінок не вказано].

13. Мелешко В.В., Щека В.И. Моделирование влияния электромагнитных помех на работу тональных рельсовых цепей // Автоматика, связь, информатика. - 2005. - № 5. - С. 25-28.