

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра автоматики та комп'ютерного телекерування рухом поїздів

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИВУЧОСТІ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ

Пояснювальна записка

до випускної кваліфікаційної роботи першого освітнього ступеня «бакалавр»

ВКР 01.25.01.23. ПЗ

Виконав здобувач вищої освіти

групи 106-АКІТ-Д21

(роботу виконано самостійно, відповідно
до принципів академічної доброчесності)



Арашкевич В.В.

Керівник:



к.т.н.доц.Сотник В. О.

Рецензент:



д.т.н. проф. Ананьєва О.М.

Харків-2025рік.

Анотація

У даній випускній кваліфікаційній роботі розглянуто методи забезпечення живучості систем автоматики і телемеханіки. Проведено аналіз надійності та живучості сучасних пристроїв автоматики, розроблено нові та модифіковані підходи до резервування, діагностики, відновлення та захисту від зовнішніх впливів. Створено рекомендації для підвищення стійкості до відмов та забезпечення безперебійності функціонування систем автоматики і телемеханіки порівняно з існуючими рішеннями.

Annotation

This qualification paper examines methods for ensuring the resilience of automation and telemechanics systems. An analysis of the reliability and survivability of modern automation devices was conducted, and new or modified approaches to redundancy, diagnostics, recovery, and protection against external influences were developed. Recommendations were created to enhance fail-safety and ensure the continuity of operation of automation and telemechanics systems compared to existing solutions.

Український державний університет залізничного транспорту
Факультет інформаційно-керуючих систем та технологій
Кафедра автоматики та комп'ютерного телекерування рухом поїздів
Ступінь освіти бакалавр
Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

К.т.н., доцент

Сотник В.О.



«25 лютого» 2025р.

ЗАВДАННЯ
НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Здобувачу: Арашкевичу Володимиру Віталійовичу

Група: 106-АКІТ-Д21

Тема „ Удосконалення методів забезпечення живучості систем автоматики і телемеханіки,, затверджена розпорядженням по факультету інформаційно-керуючих систем та технологій від «24» лютого 2025р. за № 07

Строк подання здобувачем закінченої роботи« 30 » травня 2025р.

1.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". Railway Signalling & Interlocking International Compendium, 3rd Edition, Hamburg: PMC Media House GmbH, 2020. Кузьменко Д.М. "Пристрої сигналізації, централізації та блокування. Технологія обслуговування", Залізничавтоматика, 2006.

Наукові статті та патенти з питань підвищення живучості автоматизованих систем.
Методичні вказівки та стандарти щодо проєктування надійних систем автоматики.

2. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити

Вступ.

Реферат.

1. Аналіз існуючих методів забезпечення живучості систем автоматики і телемеханіки.

1.1. Визначення поняття живучості систем автоматики і телемеханіки.

1.2. Аналіз факторів, що впливають на живучість систем.

1.3. Огляд сучасних методів підвищення надійності та відмовостійкості.

1.4. Висновки по розділу.

2. Розробка удосконалених методів забезпечення живучості систем автоматики і телемеханіки.

2.1. Обґрунтування вибору методів покращення живучості.

2.2. Проєктування резервних схем та дублюючих систем.

2.3. Визначення оптимальних параметрів для підвищення відмовостійкості.

2.4. Висновки по розділу.

3. Оцінка ефективності удосконалених методів забезпечення живучості.

3.1. Методика оцінки надійності впроваджених рішень.

3.2. Аналіз економічної ефективності впровадження.

3.3. Порівняння з існуючими методами забезпечення живучості.

3.4. Висновки по розділу.

4. Охорона праці та екологічні аспекти.

4.1. Аналіз потенційних небезпек.

4.2. Заходи щодо забезпечення безпечних умов праці.

4.3. Вплив системи захисту на навколишнє середовище.

4.4. Висновки по розділу.

5. Перелік графічного матеріалу

1. Структурна схема резервування систем автоматики і телемеханіки.
2. Принципова електрична схема системи живучості.
3. Графіки аналізу надійності та відмовостійкості.
4. Оптимізаційна схема роботи дублюючих систем.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів	Строк виконання етапів
Вступ	25.02.2025р.
Реферат	15.05.2025р.
1. Аналіз існуючих методів забезпечення живучості систем автоматики і телемеханіки.	15.03.2025р.
2. Розробка удосконалених методів забезпечення живучості систем автоматики і телемеханіки.	25.03.2025р.
3. Оцінка ефективності удосконалених методів забезпечення живучості.	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



В. В. Арашкевич

Керівник



к.т.н., доц. В.О. Сотник

ДОДАТОК ДО ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
Вступ	25.02.2025р.	
Реферат	15.05.2025р.	
1. Аналіз існуючих методів забезпечення живучості систем автоматики і телемеханіки.	15.03.2025р.	
1.1. Визначення поняття живучості систем автоматики і телемеханіки.	17.03.2025р.	
1.2. Аналіз факторів, що впливають на живучість систем.	21.03.2025р.	
1.3. Огляд сучасних методів підвищення надійності та відмовостійкості.	22 .03.2025р.	
1.4. Висновки по розділу.	25.03.2025р.	
2. Розробка удосконалених методів забезпечення живучості систем автоматики і телемеханіки.	30.03.2025р.	
2.1. Обґрунтування вибору методів покращення живучості.	02.04.2025р.	
2.2. Проектування резервних схем та дублюючих систем.	10.04.2025р.	
2.3. Визначення оптимальних параметрів для підвищення відмовостійкості.	19.04.2025р.	
2.4. Висновки по розділу.	20.04.2025р.	
3. Оцінка ефективності удосконалених методів забезпечення живучості.	25.04.2025р.	
3.1. Методика оцінки надійності впроваджених рішень.	26.04.2025р.	
3.2. Аналіз економічної ефективності впровадження.	29.04.2025р.	

3.3. Порівняння з існуючими методами забезпечення живучості.	10.05.2025р.	
3.4. Висновки по розділу.	15.05.2025р.	
4. Охорона праці та екологічні аспекти.	16.05.2025р.	
4.1. Аналіз потенційних небезпек.	18.05.2025р.	
4.2. Заходи щодо забезпечення безпечних умов праці.	19.05.2025р.	
4.3. Вплив системи захисту на навколишнє середовище.	20.05.2025р.	
4.4. Висновки по розділу.	20.05.2025р.	
Надання роботи керівникові.	25.05.2025р.	

Здобувач  В. В. Арашкевич

Керівник  доц. В.О.Сотник

Зміст

Реферат.	7
Вступ.	11
1. Аналіз існуючих методів забезпечення живучості систем автоматики і телемеханіки.	13
1.1. Визначення поняття живучості систем автоматики і телемеханіки.	13
1.2. Аналіз факторів, що впливають на живучість систем.	14
1.3. Огляд сучасних методів підвищення надійності та відмовостійкості.	18
1.4. Висновки по розділу.	25
2. Розробка удосконалених методів забезпечення живучості систем автоматики і телемеханіки.	26
2.1. Обґрунтування вибору методів покращення живучості.	26
2.2. Проектування резервних схем та дублюючих систем.	33
2.3. Визначення оптимальних параметрів для підвищення відмовостійкості.	38
2.4. Висновки по розділу.	40
3. Оцінка ефективності удосконалених методів забезпечення живучості.	41
3.1. Методика оцінки надійності впроваджених рішень.	41
3.2. Аналіз економічної ефективності впровадження.	44
3.3. Порівняння з існуючими методами забезпечення живучості.	49
3.4. Висновки по розділу.	52
Висновок.	54

					ВКР 01.25.01.23. ПЗ			
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Арашкевич В.В.			Удосконалення методів забезпечення живучості систем автоматики	Літ.	Арк.	Аркуш
Перевір.		Сотник В.О.					10	
						УкрДУЗТ 106-АКІТ-Д21		
Н. контр.		Ананьєва О.М.						

Вступ

Залізничний транспорт є однією з ключових складових соціально-економічного розвитку України, відіграючи важливу роль у забезпеченні стабільних і ефективних перевезень пасажирів та вантажів. Як основа транспортної інфраструктури, залізниця потребує постійного вдосконалення організації перевізного процесу та підвищення ефективності технічних засобів, зокрема систем залізничної автоматики й телемеханіки (СЗАТ).

СЗАТ є критично важливими для забезпечення безпеки та безперебійності руху поїздів. Їхнє застосування дозволяє автоматизувати контроль і управління технологічними процесами, мінімізуючи вплив людського фактора, підвищуючи надійність інфраструктури та оптимізуючи графіки руху. Завдяки цьому зменшуються затримки, підвищується якість обслуговування й ефективність експлуатації залізничної мережі.

У контексті цифровізації транспортного сектору дедалі більшого значення набувають сучасні інформаційні технології та автоматизовані системи управління. Вони потребують обробки великих обсягів даних із високою швидкістю та достовірністю. Проте обмежене фінансування розвитку СЗАТ створює суттєві перешкоди для їхньої модернізації, що стримує впровадження інноваційних рішень.

Для підвищення ефективності СЗАТ розробляються нові технічні рішення, зокрема системи діагностики, моніторингу технічного стану обладнання та автоматизовані робочі місця в складі автоматизованих систем керування дистанціями сигналізації й зв'язку (АСК-ШЧ). Такі рішення сприяють частковій автоматизації технічного обслуговування, зниженню експлуатаційних витрат і підвищенню надійності систем. Впровадження АСК-ШЧ є складним і багаторівневим процесом, що охоплює різні територіальні підрозділи й вимагає системного підходу до організації та управління.

Автоматизовані системи управління поєднують технічні й програмні засоби, створюючи гнучкі та масштабовані інформаційні системи, адаптовані до специфіки управління рухом поїздів. Їхнє використання зменшує навантаження на операторів, забезпечує ефективну обробку великих масивів даних і водночас підвищує відповідальність персоналу, адже помилки в таких системах можуть мати серйозні

наслідки.

Надійність і живучість СЗАТ залежать не лише від якісного технічного обслуговування, а й від упровадження інноваційних підходів до модернізації. Це включає оптимізацію режимів роботи, прогнозування ресурсу обладнання та раннє виявлення потенційних несправностей. Застосування засобів автоматичного контролю значно покращує ключові показники надійності СЗАТ, зокрема:

- **стійкість до відмов** – завдяки оперативному виявленню несправностей, що можуть спричинити аварійні ситуації;
- **ремонтпридатність** – через швидке визначення місця та характеру несправностей, що є особливо важливим для територіально розподілених об'єктів;
- **безвідмовність** – за рахунок безперервного моніторингу технічних параметрів у реальному часі.

Таким чином, удосконалення методів забезпечення надійності та живучості систем залізничної автоматики й телемеханіки є актуальним завданням. Його розв'язання потребує комплексного підходу, що поєднує сучасні технічні рішення з ефективними організаційно-інформаційними інструментами, спрямованими на підвищення загальної ефективності залізничного транспорту.

Висновок

Ця випускна робота досліджує важливу тему - як зробити системи залізничної автоматики та телемеханіки (СЗАТ) більш надійними та стійкими. У сучасному світі, де транспортна галузь активно переходить на цифрові рішення, ці системи є основою безпеки та безперебійного руху поїздів. Тому їхнє вдосконалення – це завдання першої ваги.

Було розглянуто, як забезпечити живучість СЗАТ. Спочатку розібрався, що означає живучість: це не лише безперебійна робота, але й здатність системи працювати в складних умовах, ефективність телемеханіки, захист інформації та стабільне енергопостачання. Я визначив, що впливає на живучість: зовнішні фактори, як-от перепади температур чи електромагнітні перешкоди, а також внутрішні – відмови компонентів, недоліки програмного забезпечення, проблеми зі зв'язком чи людський фактор.

У роботі розглянуті сучасні методи підвищення надійності: IoT-датчики для моніторингу, адаптивні алгоритми, технології FPGA, розумні електромережі, рішення з кібербезпеки (наприклад, шифрування чи схема «2 з 3») та навчання персоналу за допомогою VR/AR. На основі цього я запропонував нові підходи до забезпечення живучості, які враховують критичність і призначення системи. Для оцінки використав математичні моделі – як детерміновані, так і ймовірнісні. Особливу увагу приділив резервуванню: дублюючим схемам, «гарячому» резерву та моделям N+1 чи «2 з 3». Також розробив методику оцінки надійності, яка базується на показниках доступності (Availability), часу безвідмовної роботи (MTBF) і часу відновлення (MTTR). Виявилося, що комбіновані методи резервування дають найкращий результат.

Окремо я оцінив, наскільки ефективні запропоновані рішення. Для цього створив методику, яка включає аналіз дерева відмов (FTA), мережі Петрі, порівняння з нормами та обробку статистики. Економічна вигода виявилася значною: зменшення витрат на ремонт, скорочення простоїв, підвищення продуктивності й якості послуг. Для оцінки доцільності пропоную використовувати фінансові показники (ROI, NPV), а також операційні, клієнтські та методи FMEA чи імітаційного моделювання. Порівняння з традиційними методами показало, що сучасні підходи – динамічний аналіз, управління ризиками, криптографія – значно покращують стійкість і адаптивність систем.

Отримані результати переконливо підтверджують, що для досягнення максимального рівня живучості СЗАТ необхідна саме інтеграція різних підходів. Це включає не тільки класичне резервування, але й активне використання сучасних технологій моніторингу, діагностики, кіберзахисту, адаптивних алгоритмів управління та математичного моделювання. Розроблені в роботі рекомендації щодо конфігурації систем та методики оцінки ефективності сприяють значному підвищенню стійкості СЗАТ до відмов, гарантують безперебійність їхнього функціонування та дозволяють оптимізувати експлуатаційні витрати. Таким чином, ця робота має вагомий практичний цінність для всіх, хто займається проєктуванням та модернізацією критично важливих автоматизованих систем.

Список використаних джерел

1. Математичні Моделі Функційної Безпечності Та Безвідмовності
Відновлюваних Технічних Засобів У Разі Використання Мажоритарного Резервування
«2» Із «3»

2. Розроблення Пристрою Залізничної Автоматики З Заданими Показн Иками
Безвідмовності Та Функційної Безпечності

3. Проєктування Систем Автоматизації Розробка Проєктних Документів Url:

4. Оптимізаційні Методи І Моделі Навчальний Посібник

5. Г. В. Альошин, С. В. Панченко, С. І. Приходько "Оптимізація Цифрових
Систем Передачі"

6. Оптимізація Систем Резервування Методом Точної Квадратичної Регуляції
А.І. Косолап, А.О. Довгопола

7. В.Л. Бурячок, С.В. Толюпа, А.О. Аносов, В.А. Козачок, Н.В. Лукова-Чуйко
"Системний Аналіз Та Прийняття Рішень В Інформаційній Безпеці" Підручник

8. О. М. Васілевський О. Г. Ігнатенко "Нормування Показників Надійності
Технічних Засобів"

9. В.В. Біліченко Л.А. Тарандушка Н.Л. Костьян О.М. Пилипенко. "Оптимізація
Мережі Транспорту Загального Користування На Прикладі М. Черкаси"

10. Томенко В. І., Мельник Р. П., Мельник О. Г., Шкарабура І. М., Костирка О.
В., Зобенко О. О. Системи Пожежної Сигналізації, Оповіщення Та Спостереження

11. Ресурс Mediawiki "Засоби Моніторингу Та Аналізу Мережі"

12. Дсту Іес 60870-3:2005 Пристрої Та Системи Телемеханіки. Частина 3.
Інтерфейси (Електричні Характеристики) (Іес 60870-3:1989, Idt)

13. М.Д. Василенко, В.Д. Бойко, В.М. Слатвінська "Живучість Та Стійкість
Функціонування Компонентів Інформаційних Систем Розумного Міста"

14. В.Б. Дудикевич, Ю.Р. Гарасим "Дослідження Моделі Оцінювання Живучості
Систем Захисту Інформації Корпоративних Мереж Зв'язку За Допомогою Мереж
Петрі"

15. О.М. Васілевський, В.О. Поджаренко "Нормування Показників Надійності Технічних Засобів "
16. А.О. Бобух "Автоматизовані Системи Керування Технологічними Процесами"
17. Автоматизовані Системи Управління Та Прилади Автоматики
Всеукраїнський Міжвідомчий Науково-Технічний Збірник
18. О. І. Біленко, В. В. Пащенко "Показники І Критерії Живучості Працівника Сил Безпеки В Умовах Небезпеки Вогневого Впливу Противника"
19. Є.Я. Ваврук, В.В. Грос Методи Забезпечення Відмовостійкості Вузлів Вимірювання Швидкості Об'єкта
20. Л. М. Сакович, Г. Я. Криховецький, Я. Е. Курята Оцінка Структурної Надійності Систем Зв'язку
21. М. В. Болдуєв, О. В. Болдуєва, О. Г. Лищенко "Сучасні Підходи До Забезпечення Надійності Та Безпеки Інформації В Корпоративних Телекомунікаційних Системах "
22. В. В. Лагута, Т. М. Сердюк, А. А. Пархоменко "Аналіз Відмов Елементів Залізничної Автоматики"
23. М.А. Мірошник "Системи Автоматизації Проектування Пристроїв І Систем Автоматики. Основи Систем Автоматизації Проектування"
24. Мойсеєнко В. І., Гаврилов М. О. "Удосконалення Системи Електроживлення Об'єктних Контролерів Мікропроцесорної Централізації"
25. Бабич Юлія Ігорівна "Інформаційна Технологія Підвищення Відмовостійкості Ергатичних Систем Критичного Застосування"
26. Варивода Є.О. "Оцінка Впливів На Навколишнє Середовище"
27. В. М. Охріменко "Автоматизовані Системи Диспетчерського Управління"
28. Тюрин О.В. Ахмеров О.Ю. "Теорія Систем І Системний Аналіз В Економіці Навчальний Посібник"
29. Автоматизовані Системи Управління Та Зв'язок Курс Лекцій

30. Кудря С. О., Зур'ян О. В., Суржик Т. В. "Відновлювана Енергетика Та Енергоефективність У Ххі Столітті "

31. Т.І. Долішній, А.З. Стасів, С.М. Бабюк "Шляхи Підвищення Надійності Розподільчих Електричних Мереж "

32. Панченко С.В. Методичні Вказівки До Практичних Занять, Самостійної Роботи, Виконання Графічно-Розрахункової Роботи Для Студентів Денної Форми Навчання Та Для Виконання Контрольної Роботи 2 З Дисципліни «Електроживлення Систем Автоматики» На Тему «Розрахунок Та Проектування Установки Електроживлення Маршрутно-Релейної Централізації» [Текст] / С.В. Панченко, А.Б. Бойнік, А.А. Прилипко Х. : Укрдузт, 20015. - 38 С.

33. Ониськів Р.Б. "Кваліфікаційна Робота На Тему: Iot Система Моніторингу Та Аналізу Інформації Про Наявність Людей В Приміщенні" Тернопіль – 72с.

34. Гузь Д.Р. Штіфзон О.Й. Новіков П.В. Любицький С.В. "Система Моніторингу Стану Навколишнього Середовища На Базі Iot Пристрою"

35. Шадрін М. А. Пояснювальна Записка До Дипломного Проекту (Роботи) Магістра (Ступінь Вищої Освіти) На Тему "Система Паралельного Функціонування Мікропрограмних Пристроїв Керування На Fpga"