

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

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

РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ СТРІЛКАМИ ТА СИГНАЛАМИ ДЛЯ ЗАДАНОЇ СТАНЦІЇ

Пояснювальна записка

до випускної кваліфікаційної роботи першого
освітнього ступеня бакалавр
ВКР 01.25.09.26.ПЗ

Виконав здобувач вищої освіти
групи 106 – АКІТ – д21

(робота виконано самостійно, відповідно
до принципів академічної
 доброчесності)

Євгеній ШМОНІН

Керівник кандидат технічних наук, доцент



Віктор КУСТОВ

Рецензент кандидат технічних наук,
доцент



Андрій ЄЛИЗАРЕНКО

Харків 2025 рік

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

Василь Сотник



«15» 06 2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
Шмоніну Євгенію Олеговичу, 106-АКІТ-Д21

- Тема** «Розроблення технічного забезпечення мікропроцесорної системи керування стрілками та сигналами для заданої станції»

затверджена розпорядженням по факультету інформаційно-керуючих систем та технологій від «24» 02 2025 р. за № 11

- Строк подання студентом закінченої роботи 10.06.2025 року.

З Вихідні дані:

Колійний план станції «Т». Тип системи мікропроцесорної системи керування стрілками та сигналами для заданої станції (МПЦ) – з централізованим розміщенням апаратури керування з мінімальною кількістю електромагнітних реле. Норми технологічного проектування пристроїв автоматики і телемеханіки на залізничному транспорті України. Нормативні документи із забезпечення функційної безпечності і надійності. Науково-технічна література, інтернет.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

4.1 Аналіз релейних і мікропроцесорних систем керування стрілками та сигналами

4.2 Розроблення технічного забезпечення системи МПЦ.

4.3 Дослідження показників безвідмовності та функційної безпечності системи МПЦ.

4.4. Охорона праці.

5 Перелік графічного матеріалу

5.1 Структури існуючих систем централізації.

5.2 Одонитковий план станції «Т». Двонитковий план станції «Т».

5.3 Структурна схема МПЦ. Схеми керування стрілочним електроприводом.

5.4 Схеми керування світлофорами.

5.5 Схеми контролю вільності та кодування колійних ділянок. Схеми сполучення з суміжними станціями та перегінними системами автоматики.

5.6 Результати дослідження безвідмовності та функційної безпечності системи МПЦ.

6 Дата видачі завдання 26 лютого 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
1 Аналіз існуючих систем централізації стрілок та сигналів	20.03.2025 р.	
2 Розроблення та обґрунтування проектних рішень системи керування стрілками та сигналами на станції «Т»	20.04.2025 р.	
3 Дослідження показників безвідмовності та функційної безпечності системи керування стрілками та сигналами на станції «Т»	20.05.2025 р.	
4 Охорона праці	01.06.2025 р.	

Примітка – Розгорнутий календарний план виконання дипломної роботи наведений у додатку до завдання.

Студент



Євген Шмонін

Керівник



Віктор КУСТОВ

ДОДАТОК ДО ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
Реферат	10.06.2025	
Вступ	01.06.2025	
1 Аналіз існуючих систем централізації стрілок та сигналів	20.04.2025	
1.1 Аналіз релейно-процесорних систем централізації стрілок та сигналів		
1.2 Аналіз закордонних мікропроцесорних систем централізації стрілок та сигналів		
1.3 Аналіз діючих мікропроцесорних систем централізації стрілок та сигналів в Україні		
1.4 Висновки по розділу		
2 Розроблення та обґрунтування проектних рішень системи керування стрілками та сигналами на станції «Т»	20.05.2025	
2.1 Одонитковий план станції «Т»		
2.2 Двонитковий план станції «Т»		
2.3 Розроблення структурної схеми системи керування стрілками та сигналами на станції «Т»		
2.4 Розрахунок кількості об'єктних контролерів для станції «Т»		
2.5 Розроблення схем керування стрілочними електроприводами.		
2.6 Розроблення схем керування світлофорами.		
2.7 Розроблення схем кодування колійних дільниць на станції		
2.8 Розроблення схем сполучення з суміжними станціями та системами автоматики на перегоні		
2.9 Висновки по розділу		
3 Дослідження показників безвідмовності та функційної безпеки системи керування стрілками та сигналами на станції «Т»	20.05.2025	
3.1 Дослідження показників безвідмовності системи керування стрілками та сигналами на станції «Т»		
3.2 Дослідження показників функційної безпеки системи керування стрілками та сигналами на станції «Т»		
3.3 Висновки по розділу		
4. Охорона праці	01.06.2025	
4.1. Аналіз основних небезпек при експлуатації системи МПЦ		
4.2. Електробезпеку персоналу при експлуатації системи МПЦ		
Висновки	10.06.2025	
Список використаних джерел	10.06.2025	

Студент



Євген Шмонін

Керівник



Віктор КУСТОВ

Анотація

Випускна кваліфікаційна робота містить 82 аркушів, включає 16 рисунків, 23 джерела використаної літератури та 7 додатків.

Мета кваліфікаційної роботи – це розроблення технічного забезпечення мікропроцесорної централізації системи керування стрілками та сигналами для заданої станції «Т» з урахуванням сучасних вимог до безпеки, надійності, а також забезпечення відповідності стандартам функціональної безпеки та оптимізації експлуатаційних процесів.

Об'єктом дослідження є мікропроцесорна система керування стрілками та сигналами (МПЦ) на залізничній станції «Т», включаючи її апаратно-програмні засоби та напільне обладнання.

Предметом дослідження є технічні рішення, схеми керування (стрілочні електроприводи, світлофори, колійні дільниці), а також показники безвідмовності та функціональної безпечності мікропроцесорної системи керування стрілками та сигналами на станції «Т».

Методи дослідження: збір та аналіз інформації з літературних джерел, таких як наукові статті, навчальні посібники, методичні вказівки та нормативні документи, аналіз існуючих релейних, релейно-процесорних і мікропроцесорних систем централізації стрілок та сигналів, а також нормативних документів (ДСТУ 4178, ІЕС) для визначення вимог до безпеки та надійності, порівняння характеристик українських та закордонних систем для обґрунтування вибору проектних рішень, розроблення одониткового та двониткового планів станції «Т», структурної схеми МПЦ, схем керування стрілочними електроприводами, світлофорами, а також схем контролю та кодування колійних дільниць. розрахунок ординат стрілок і світлофорів, кількості об'єктних контролерів, дослідження показників безвідмовності, дослідження та розрахунки показників функціональної безпечності.

Ключові слова: МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ, СИСТЕМА ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ, СТІЛКА, СИГНАЛ, ФУНКЦІОНАЛЬНА БЕЗПЕКА, БЕЗВІДМОВНІСТЬ, РЕЗЕРВУВАННЯ, ОДНОНИТКОВИЙ ПЛАН, ДВОНИТКОВИЙ ПЛАН, СХЕМА КЕРУВАННЯ, ОБ'ЄКТНИЙ КОНТРОЛЕР, АВТОМАТИЗАЦІЯ, НАДІЙНІСТЬ, ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

Annotation

The final qualification work consists of 82 pages, includes 16 figures, 23 sources of references and 7 appendices.

The purpose of the qualification work is to develop technical support for the microprocessor-based centralization of the control system for switches and signals for a given station «Т», taking into account modern requirements for safety, reliability, as well as ensuring compliance with functional safety standards and optimization of operational processes.

The object of research is the microprocessor-based track and signal control system (TSC) at railway station «Т», including its hardware and software and floor equipment.

The subject of the study is technical solutions, control schemes (switch electric drives, traffic lights, track sections), as well as indicators of reliability and functional safety of the microprocessor-based control system for switches and signals at the «Т» station.

Research methods: collection and analysis of information from literary sources, such as scientific articles, textbooks, guidelines and regulatory documents, analysis of existing relay, relay-processor and microprocessor systems for centralization of switches and signals, as well as regulatory documents (DSTU 4178,

IEC) to determine safety and reliability requirements, comparison of characteristics of Ukrainian and foreign systems to justify the choice of design solutions, development of single-line and double-line plans of the T station, structural diagram of the MTC, control circuits for switch electric drives, traffic lights, as well as control and coding circuits for track sections. calculation of ordinates of switches and traffic lights, number of object controllers, study of reliability indicators, study and calculation of functional safety indicators.

Keywords: MICROPROCESSOR CONTROL SYSTEM, Centralization SYSTEM, ARROW, SIGNAL, FUNCTIONAL SAFETY, FAULT TOLERANCE, REDUNDANCY, SINGLE-LINE PLAN, DOUBLE-LINE PLAN, CONTROL SCHEME, OBJECT CONTROLLER, AUTOMATION, RELIABILITY, ELECTRICAL SAFETY.

Зміст

Вступ	11
1 Аналіз існуючих систем централізації стрілок та сигналів	13
1.1 Аналіз релейно-процесорних систем централізації стрілок та сигналів	13
1.2 Аналіз закордонних мікропроцесорних систем централізації стрілок та сигналів	15
1.3 Аналіз діючих мікропроцесорних систем централізації стрілок та сигналів в Україні	22
1.4 Висновки по розділу	27
2 Розроблення та обґрунтування проектних рішень системи керування стрілками та сигналами на станції «Т»	29
2.1 Одноритковий план станції «Т»	29
2.2 Двонитковий план станції «Т»	31
2.3 Розроблення структурної схеми системи керування стрілками та сигналами на станції «Т»	34
2.4 Розрахунок кількості об'єктних контролерів для станції «Т»	40
2.5 Розроблення схем керування стрілочними електроприводами.	42
2.6 Розроблення схем керування світлофорами.	44
2.7 Розроблення схем кодування колійних ділянок на станції	45
2.8 Розроблення схем сполучення з суміжними станціями та системами автоматики на перегоні	46
2.9 Висновки по розділу	48

					ВКР 01.25.09.26.ПЗ			
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Шмонін Є.О.		11.06	Розроблення технічного забезпечення мікропроцесорної системи керування стрілками та сигналами для заданої станції	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Кустов В.Ф.		15.06			9	82
Н. контр.		Ананьєва О.М.		15.06		УкрДУЗТ 106 – АКІТ – Д21		
Затв.		Сотник В.О.		15.06				

3 Дослідження показників безвідмовності та функційної безпечності системи керування стрілками та сигналами на станції «Т»	50
3.1 Дослідження показників безвідмовності системи керування стрілками та сигналами на станції «Т»	50
3.2 Дослідження показників функційної безпечності системи керування стрілками та сигналами на станції «Т»	52
3.3 Висновки по розділу	60
4. Охорона праці	61
4.1. Аналіз основних небезпек при експлуатації системи МПЦ	61
4.2. Електробезпечність персоналу при експлуатації системи МПЦ	65
Висновки	69
Список використаних джерел	71
Додаток А Структурна схема електричної централізації	74
Додаток Б.1 Одноритковий план станції	75
Додаток Б.2. Дворитковий план станції	76
Додаток В Структура МПЦ	77
Додаток Г Схема керування стрілочним електроприводом стр. №16	78
Додаток Д Схема керування світлофором М14	79
Додаток Е Кодування ділянок колій	80
Додаток Є Схеми сполучення з суміжними станціями та системами автоматики на перегоні	81

Список скорочень:

РПЦ – релейно процесорна централізація

ЕЦ – електрична централізація

ТРА – техніко-розпорядчий акт

ПТО – пункт технічного обслуговування

МУ – місцеве управління (стрілками)

ЦП – центральний процесорний пристрій

ПЗ – програмне забезпечення

СЦБ – системи централізації та блокування

АРМ – автоматизоване робоче місце

ДСП – черговий по станції

РК – рейкові кола

АЛС – автоматична локомотивна сигналізація

ДТ – дросель-трансформатор

СДПС – система двостороннього паркового зв'язку

SIL – Safety Integrity Level (Рівень цілісності безпеки)

ДСТУ – Державний стандарт України

ІЕС – International Electrotechnical Commision (Міжнародна електротехнічна комісія)

ETCS - European Train Control System (Європейська система керування поїздами)

					ВКР 01.25.09.26.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Наразі залізнична інфраструктура України характеризується значним зносом і потребує термінової модернізації. Деякі ділянки колій, що знаходилися в районах бойових дій, зазнали повного або часткового руйнування. Особливо важливими є заходи з відновлення та оновлення систем управління рухом поїздів на станціях і перегонах, які відіграють ключову роль у забезпеченні безпеки та ефективності транспортного процесу [13].

У зв'язку з цим підготовка кваліфікованих фахівців, здатних реалізувати системи сигналізації, централізації та блокування, є пріоритетним завданням. Сучасні системи залізничної автоматики базуються на цифрових технологіях та інформаційних рішеннях. Цей напрям є безальтернативним через дві основні причини: вичерпання функціональних можливостей релейних систем і відсутність в Україні виробництва реле першого класу надійності.

Станції є критично важливими елементами залізничної мережі, забезпечуючи рух пасажирських і вантажних поїздів, а також виконання маневрових операцій [1].

Відповідно до правил технічної експлуатації, станції мають гарантувати приймання, відправлення, схрещування та обгін поїздів, а також виконувати маневрові й технічні операції.

Для реалізації цих завдань використовуються технічні засоби управління стрілками та сигналами, відомі як пристрої централізації та блокування. Їхнє основне призначення – забезпечення взаємозв'язку між положенням стрілок у маршруті та сигналами світлофорів при централізованому управлінні. Така залежність необхідна для дотримання вимог безпеки руху та максимізації пропускної здатності станції.

Значна кількість застарілих пристроїв із подовженим терміном експлуатації, низька надійність компонентів і відсутність сучасних методів діагностики призводять до зростання витрат на їхнє утримання та обслуговування, пов'язаних із організацією перевізного процесу [1].

					ВКР 01.25.09.26.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Поточний стан і структура технічних засобів гальмують вирішення завдань щодо реформування залізничного транспорту та зниження експлуатаційних витрат.

У зв'язку з цим останнім часом гостро постала потреба у впровадженні мікропроцесорних систем електричної централізації (МПЦ), які оптимально відповідають вимогам створення комплексної системи управління. Такі системи інтегрують функції диспетчерської централізації, автоблокування на прилеглих перегонах і сигналізації на переїздах. Вони оснащені функцією самодіагностики, легко сумісні з різними апаратно-програмними комплексами для формування єдиної автоматизованої системи управління. МПЦ дозволяють розміщувати обладнання в наявних приміщеннях, економити кабельну продукцію при децентралізованому розташуванні апаратури завдяки використанню волоконно-оптичних ліній, що також вирішує проблему стійкості до електромагнітних перешкод. Ці системи забезпечують безконтактне керування стрілками та сигналами. Мінімізація релейної апаратури сприяє скороченню штату та експлуатаційних витрат, але це можливо за умови впровадження нової технології технічної експлуатації, зокрема створення сервісних і фірмових центрів, організації віддаленого моніторингу та адміністрування засобів залізничної автоматики й телемеханіки.

МПЦ має сприяти покращенню умов праці та підвищенню культури роботи експлуатаційного персоналу, а також зменшенню навантаження на чергових по станції (ДСП) та електромеханіків.

Важливим є забезпечення сертифікації системи відповідно до стандартів інформаційної безпеки та захисту від несанкціонованого доступу.

					ВКР 01.25.09.26.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок

В данній випускної кваліфікаційної роботи було виконано дослідження та розроблення технічного забезпечення мікропроцесорної системи керування стрілками та сигналами (МПЦ) для заданої станції «Т». Проведено аналіз існуючих релейних, релейно-процесорних та мікропроцесорних систем централізації. У рамках цих дій було встановлено, що мікропроцесорні системи забезпечують вищий рівень автоматизації, безпеки та надійності порівняно з релейними, завдяки модульній архітектурі, резервуванню та розширеним діагностичним можливостям.

Розроблено однопоточний та двопоточний плани станції «Т», визначено розташування стрілок, світлофорів, ізолюючих стиків та рейкових кіл, а також розраховано їхні ординати відносно поста ЕЦ. Запропоновано структурну схему системи МПЦ, схеми керування стрілочними електроприводами, світлофорами, контролю та кодування колійних ділянок, а також сполучення з суміжними станціями та перегінними системами автоматики. Проектні рішення базуються на використанні тональних рейкових кіл, резервування за схемами «2 з 3» та «2 з 2», що забезпечує високу безвідмовність і функціональну безпеку.

Досліджено показники безвідмовності (інтенсивність відмов, середній наробіток до відмови) та функціональної безпеки (імовірність безпечної роботи, інтенсивність небезпечних відмов, середній наробіток до небезпечної відмови). Застосування трирівневої структури, променевої топології, резервування та інтеграції з іншими системами СЦБ дозволяє МПЦ-С відповідати сучасним вимогам безпеки (SIL4) та перевищувати показники релейних систем.

Розділ з охорони праці включає аналіз небезпек (ураження струмом, пожежі, несприятливий мікроклімат, шум) під час експлуатації МПЦ. Запропоновано організаційні та технічні заходи: ізоляція струмоведучих частин, заземлення, протипожежна автоматика, вентиляція, належне

					ВКР 01.25.09.26.ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

освітлення, шумоізоляція, навчання персоналу та інструктажі. Це забезпечує безпечні умови праці для чергового по станції та електромеханіка.

Проектні рішення МПЦ-С відповідають нормам технологічного проектування, стандартам безпеки (ДСТУ, ГОСТ, ІЕС) та вимогам ефективної експлуатації, сприяючи підвищенню безпеки руху, оптимізації процесів керування та зниженню експлуатаційних витрат на станції «Т». Отримані результати створюють основу для модернізації залізничної інфраструктури в Україні.

					ВКР 01.25.09.26.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаних джерел

1. Мойсеєнко, В. І. Навчальний посібник «Технології та технічні засоби систем керування рухом поїздів» / В. І. Мойсеєнко, М. С. Курцев, О. В. Лазарєв. – Х. : УкрДУЗТ, 2020. – 97 с.
2. Релейно-процесорна централізація стрілок та сигналів <https://rwa.ua/uk/resheniya/promyishlennyiy-zheleznodorozhnyiy-transport/rpts.html> (дата звернення:25.04.2025)
3. “Ebilock-950”. Опис системи. ООО АББ Даймлер-Бенц Транспорейшн (Сигнал), 2000.
4. В.І. Басов, В. В. Єлісєєв, О. В. Петренко, А. Б. Бойнік, С.О. Радковський Мікропроцесорні системи керування рухом поїздів МПЦ-У ТА МАБ-У Навчальний посібник Донецьк 2014
5. Мойсеєнко, В. І. Навчальний посібник «Технології та технічні засоби систем керування рухом поїздів» / В. І. Мойсеєнко, М. С. Курцев, О. В. Лазарєв. – Х. : УкрДУЗТ, 2020. - 37-58 С.
6. Аналіз зарубіжних пристроїв та систем забезпечення безпеки руху поїздів, їх функціональні можливості та порівняльні характеристики <https://studfile.net/preview/4550744/> (дата звернення: 26.04.2025).
7. Електрична централізація стрілок та сигналів на базі керуючого вичіслювального комплексу НВК ЕМЦ (МПЦ-2) Інструкція з експлуатації
8. Релейно-процесорна централізація ЕЦ-МПК <http://scbist.com/wiki/7466-ec-mpk.html> (дата звернення: 26.04.2023).
9. Мойсеєнко, В.І. Навчальний посібник «Автоматизовані системи керування рухом поїздів на станціях» / В. І. Мойсеєнко, В. О. Сотник, С. О. Змій – Х. . УкрДУЗТ, 2024. – 130 с.
10. Розроблення структурної схеми системи управління типу ец <https://studfile.net/preview/6860216/page:2/> (дата звернення: 12.05.2025).
11. Структурна схема електричної централізації <https://studfile.net/preview/432357/> (дата звернення: 12.05.2025).

					ВКР 01.25.09.26.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Структурна схема електричної централізації
<https://studfile.net/preview/432357/> (дата звернення: 13.05.2025)

13. Мойсеєнко В. І. Навчальний посібник «Автоматизовані станційні системи керування рухом поїздів» / В.І. Мойсеєнко, С. Л. Пархоменко, М. М. Чепцов, Т. А. Коцюба. -Х. УкрДУЗТ, 2013 – 393 с.

14. Пояснювальна записка Будівництво комплексу з виробництва гарячекатаних рулонів. Проект. Пусковий комплекс №1: ПАО «Запоріжсталь» - 40 с.

15. Розробка системи контролю колійних ділянок на основі мікропроцесорної системи рахунку осей рухомого складу
<https://rwa.ua/uk/stati/razrabotka-sistemyi-kontrolya-putevyih-uchastkov.html>
(дата звернення: 18.05.2025)

16. Басов В.І. Навчальний посібник «Мікропроцесорна система централізації МПЦ-У: Навчальний посібник для студентів вузів залізничного транспорту» / Басов В.І., Єлисеєв В.В., Петренко О.В., Бойнік, А.Б. Радковський С.О. – К.Макрос, 2014. – 318 с.

17. Перспективи розвитку систем централізації
<https://poezdvl.com/avtomatika-telemehanika-i-sviaz/perspektivy-razvitiya-sistem-tsentralizatsii.html> (дата звернення: 18.05.2025)

18. Кустов В. Ф. Навчальний посібник «Основи теорії надійності та функційної безпечності систем залізничної автоматики». Харків. УкрДАЗТ, 2008 – 156 с.

19. ДСТУ 4178-2003. Комплекси технічних засобів. Системи керування та регулювання руху поїздів. Функційна безпечність і надійність. [Текст]. - чинний з 2003-07-01. Вид. офіц. Київ, 2003. 35 с.

20. Техніка безпеки при будівництві та експлуатації пристроїв і систем А і Т <https://studfile.net/preview/381552/> (дата звернення: 02.06.2025)

21. Організаційні і технічні заходи електробезпеки <http://um.co.ua/13/13-1/13-109649.html> (дата звернення: 02.06.2025)

					ВКР 01.25.09.26.ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

22. Обладнання станції мікропроцесорною електричною централізацією
https://revolution.allbest.ru/transport/00849258_2.html (дата звернення:
02.06.2025)

23. Роздорожний, А.А. Охорона праці та виробнича безпека [Текст]:

Навчально-методичний посібник для студентів вищих навчальних
закладів / А.А. Роздорожний. - М: Вид-во «Іспит», 2005. – 512 с.

					ВКР 01.25.09.26.ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		