

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

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

**МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПЕРЕЇЗНОЇ
СИГНАЛІЗАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМОВАНИХ ЛОГІЧНИХ
КОНТРОЛЕРІВ**

Пояснювальна записка

до випускної кваліфікаційної роботи першого
освітнього ступеня бакалавр

ВКР 01.25.02.39.ПЗ

Виконав здобувачка вищої освіти
групи 101-АКІТ-з20

(робота виконано самостійно, відповідно
до принципів академічної доброчесності)

_____ Катерина РОМАНЕНКО

Керівник кандидат технічних наук, доцент

_____Сергій ЗМІЙ

Рецензент

Харків 2025 рік

Анотація

Робота присвячена модернізації технічного забезпечення системи переїзної сигналізації шляхом впровадження програмованих логічних контролерів для підвищення безпеки руху на залізничних переїздах. Проведено аналіз об'єкту автоматизації, розглянуто існуючі пасивні та активні системи переїзної сигналізації, їх компоненти (світлофори, звукові сигнали, шлагбауми, системи виявлення поїздів – рейкові кола, лічильники осей, колісні датчики) та принципи роботи, включаючи концепцію "fail-safe". Проаналізовано переваги та недоліки різних технологій виявлення поїздів.

В роботі розроблено основну проектну документацію для модернізованої системи, включаючи структурну та функціональну схеми на базі дубльованих ПЛК для забезпечення високого рівня повноти безпеки (SIL). Детально описано підсистеми збору вхідної інформації, обробки логіки, виконавчих механізмів, електроживлення та діагностики. Виконано розрахунок довжини ділянок наближення до переїзду.

Розроблено технічну документацію, що включає принципову електричну схему модернізованої системи керування переїзною сигналізацією з використанням ПЛК та електромагнітних реле для керування шлагбаумами та індикацією. Розглянуто питання електроживлення системи з основним та резервним джерелами. Розроблено алгоритм роботи системи переїзної сигналізації на базі дубльованих ПЛК, що охоплює різні стани переїзду та взаємодію з пультом чергового.

Окремий розділ присвячено питанням охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях при експлуатації та обслуговуванні пристроїв СЦБ.

Ключові слова: ЗАЛІЗНИЧНИЙ ПЕРЕЇЗД, ПЕРЕЇЗНА СИГНАЛІЗАЦІЯ, БЕЗПЕКА РУХУ, СИСТЕМА ВИЯВЛЕННЯ ПОЇЗДІВ, РЕЙКОВЕ КОЛО, ЛІЧИЛЬНИК ОСЕЙ

ABSTRACT

The thesis is devoted to the modernization of technical support for the level crossing signaling system through the introduction of programmable logic controllers to improve traffic safety at railroad crossings. An analysis of the automation object was carried out, existing passive and active level crossing signaling systems, their components (traffic lights, sound signals, barriers, train detection systems – rail loops, axle counters, wheel sensors) and operating principles, including the “fail-safe” concept, were considered. The advantages and disadvantages of various train detection technologies were analyzed.

The thesis developed the basic design documentation for the modernized system, including structural and functional diagrams based on redundant PLCs to ensure a high level of safety integrity (SIL). The subsystems for input information collection, logic processing, executive mechanisms, power supply, and diagnostics are described in detail. The length of the approach sections to the crossing has been calculated.

Technical documentation has been developed, including a schematic diagram of the modernized level crossing signaling control system using PLCs and electromagnetic relays to control barriers and indicators. The issue of power supply to the system with primary and backup sources has been considered. An algorithm for the operation of the level crossing signaling system based on redundant PLCs has been developed, covering various states of the crossing and interaction with the duty officer's console.

A separate section is devoted to occupational health and safety issues in emergency situations during the operation and maintenance of signaling devices.

Keywords: RAILWAY CROSSING, CROSSING SIGNALING, TRAFFIC SAFETY, TRAIN DETECTION SYSTEM, RAIL CIRCLE, AXLE COUNTER

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет інформаційно-керуючих систем та технологій

Кафедра автоматики та комп'ютерного телекерування рухом поїздів

Ступінь: бакалавр

Спеціальність: 151 «Автоматика та автоматизація на транспорті»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри,
доцент, к. техн. наук

_____ В.О. Сотник
«_____» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

Романенко Катерині Олександрівні

1 Тема «Модернізація технічного забезпечення переїзної сигналізації з використанням програмованих логічних контролерів», керівник Змій С.О., к. т. н., доцент, затверджена розпорядженням по факультету інформаційно-керуючих систем та технологій від «24» лютого 2025 року №11

2 Строк подання студентом закінченої роботи «10» червня 2025 року.

3 Вихідні дані

Норми технологічного проектування пристроїв автоматики і телемеханіки на залізничному транспорті України. Схеми електричні принципи, монтажні схеми, описи роботи, технічні паспорти на обладнання. Технічні характеристики, описи, інструкції з програмування обраних моделей ПЛК. Каталоги виробників

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки

4.1. Аналіз об'єкту автоматизації

4.2. Розроблення основної проектної документації

4.3. Розроблення технічної документації

4.4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5 Перелік графічного матеріалу

5.1. Структурна схема модернізованої системи переїзної сигналізації

5.2. Алгоритм функціонування

5.3. Принципова електрична схема підключення обладнання

5.4.

6 Консультанти окремих розділів

Розділ	Прізвище, ініціали, посада та науковий ступінь консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7 Дата видачі завдання «20» лютого 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
1 Аналіз об'єкту автоматизації	01.04.2025 р.	
2 Розроблення основної проектної документації	20.04.2025 р.	
3 Розроблення технічної документації	20.05.2025 р.	
4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	06.06.2025 р.	

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

Здобувач освіти

Катерина РОМАНЕНКО

Керівник

Сергій ЗМІЙ

ДОДАТОК ДО ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ
КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
Реферат	06.06.2025 р.	
Вступ	01.04.2025 р.	
1 Аналіз об'єкту автоматизації	01.04.2025 р.	
1.1 Характеристика об'єкту автоматизації	01.04.2025 р.	
1.2 Аналіз існуючих систем переїзної сигналізації	01.04.2025 р.	
1.3 Огляд сучасних промислових логічних контролерів та їх застосування в системах автоматизації залізничного транспорту	01.04.2025 р.	
1.4 Висновки по розділу	01.04.2025 р.	
2 Розроблення основної проектної документації	20.04.2025 р.	
2.1 Розроблення структурної схеми модернізованої системи переїзної сигналізації з використанням ПЛК	20.04.2025 р.	
2.2 Розроблення функціональної схеми модернізованої системи	20.04.2025 р.	
3 Розроблення технічної документації	20.05.2025 р.	
3.1 Розроблення принципової електричної схеми	20.05.2025 р.	
3.2 Розробка алгоритму роботи системи переїзної сигналізації	20.05.2025 р.	
3 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	06.06.2025 р.	
Висновки	06.06.2025 р.	
Список використаних джерел	06.06.2025 р.	

Здобувач освіти

Катерина РОМАНЕНКО

Керівник

Сергій ЗМІЙ

Зміст

Вступ	9
1 Аналіз об'єкту автоматизації	10
1.1 Характеристика об'єкту автоматизації.....	10
1.2 Аналіз існуючих систем переїзної сигналізації	11
1.3 Огляд сучасних промислових логічних контролерів для можливості застосування в системах автоматизації залізничного транспорту	24
2 Розроблення основної проектної документації	31
2.1 Розроблення структурної схеми модернізованої системи переїзної сигналізації з використанням ПЛК	31
2.2 Розроблення функціональної схеми	36
2.3 Розрахунок довжини ділянок наближення до переїзду.....	39
3 Розроблення технічної документації.....	42
3.1 Розроблення принципової електричної схеми.....	42
3.2 Розробка алгоритму роботи системи переїзної сигналізації.....	51
4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	57
4.1 Загальні положення	57
4.2 Аналіз шкідливих виробничих факторів.....	58
4.3 Розроблення заходів щодо приведення умов праці у відповідність з вимогами	59
4.4 Пожежна безпека та безпека при надзвичайних ситуаціях.....	61
4.4 Розрахунок занулення асинхронного двигуна	62
Список використаних джерел.....	65
Додаток А Однотитковий план перегону	67
Додаток Б Двотитковий план перегону	68

					ВКР 01.25.02.39 ПЗ			
мн.	Арк.	№ докум.	Підпис					
Розробив	Романенко КО.				Модернізація технічного забезпечення переїзної сигналізації з використанням програмованих логічних контролерів	Літ.	Арк.	Аркуші
Перевірів	Змій С.О.						6	
						УкрДУЗТ		
Н. Контр.	Сосунов О.О.							
Затверд.	Сотник В.О.							

Додаток В Алгоритм функціонування	69
Додаток Г Принципова схема керування переїзною сигналізацією.....	70
Додаток Д Принципова схема пульта (щитка) керування переїзною сигналізацією	71
Додаток Е Принципова схема живлення	72
Додаток Ж Принципова схема лічильного пункту.....	73

					ВКР 01.25.02.39 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Вступ

Безпека на залізничних переїздах є критично важливим аспектом як для залізничного, так і для автомобільного транспорту. Залізничні переїзди, де автомобільні шляхи перетинаються із залізничними коліями на одному рівні, являють собою потенційно небезпечні ділянки, на яких часто трапляються зіткнення з серйозними наслідками. Статистика Європейського Союзу свідчить, що значна частина смертельних випадків, пов'язаних із залізницею, відбувається саме на залізничних переїздах, що підкреслює необхідність постійного вдосконалення існуючих систем сигналізації та впровадження нових, більш ефективних рішень. Ефективні системи переїзної сигналізації є ключовим елементом у запобіганні нещасним випадкам, оскільки вони своєчасно попереджають учасників дорожнього руху про наближення поїзда та вживають заходів для уникнення зіткнення. Незважаючи на загальну тенденцію до зменшення кількості аварій на залізничних переїздах протягом останніх десятиліть, проблема залишається актуальною, особливо на переїздах, обладнаних лише пасивними засобами безпеки, де відповідальність за оцінку ризику повністю покладається на водіїв. Людський фактор часто є основною причиною аварій на залізничних переїздах, включаючи помилки водіїв, ігнорування попереджувальних сигналів та недооцінку швидкості поїзда. Тому глибокий аналіз існуючих систем переїзної сигналізації є необхідним для виявлення їхніх сильних та слабких сторін, а також для визначення напрямків подальшого розвитку та вдосконалення з метою підвищення загального рівня безпеки на залізничних переїздах.

					ВКР 01.25.02.39 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаних джерел

1 Highway-Rail Grade Crossings Overview | FRA - Federal Railroad Administration, доступ отримано травня 6, 2025, <https://railroads.dot.gov/program-areas/highway-rail-grade-crossing/highway-rail-grade-crossings-overview>

2 How Railroad Crossings Work - Practical Engineering, доступ отримано травня 6, 2025, <https://practical.engineering/blog/2023/12/29/how-railroad-crossings-work>

3 CHAPTER 2. ENGINEERED TREATMENTS - Part 4 | FHWA - Department of Transportation, доступ отримано травня 6, 2025, <https://highways.dot.gov/safety/hsip/xings/highway-rail-crossing-handbook-third-edition/chapter-2-engineered-treatments-1>

4 Level Crossings in Railways: Key Technologies & Safety Solutions - Intertech Rail, доступ отримано травня 6, 2025 <https://www.intertechrail.com/the-critical-role-of-level-crossings-in-railway-operations-technologies-and-safety-solutions>

5 Train detection - Rail Engineer, доступ отримано травня 6, 2025, <https://www.railengineer.co.uk/train-detection/>

6 Axle Counters vs Tracks Circuits | RSP - Rail Signalling & Power, доступ отримано травня 6, 2025, <https://www.rsprail.co.uk/axle-counters-vs-tracks-circuits/>

7 Using Wheel Sensor for Train Positioning System - Intertech Rail, доступ отримано травня 6, 2025, <https://www.intertechrail.com/articles/using-wheel-sensor-for-train-positioning-system>

8 How Railroad Crossings Work - Practical Engineering, доступ отримано травня 6, 2025, <https://practical.engineering/blog/2023/12/29/how-railroad-crossings-work>

9 Wikipedia, доступ отримано Level crossing signals - отримано травня 16, 2025, https://en.wikipedia.org/wiki/Level_crossing_signals

					ВКР 01.25.02.39 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10 PLC BASED AUTOMATIC RAILWAY GATE CONTROLLER AND OBSTACLE DETECTOR - International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology / International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology Vol.(9)Issue(3), pp.133-139 DOI: <http://dx.doi.org/10.21172/1.93.23>

11 A Beginner's Guide to Programmable Logic Controllers: How They Work and Their Major Benefits. Доступно за посиланням: <https://www.lselectricamerica.com/blog/programmable-logic-controllers/>

12 Railways Solutions and Services | Schneider Electric. Доступно за посиланням: <https://www.se.com/uk/en/download/document/SE11492/>

13 Level Crossing System - Scheidt & Bachmann GmbH, доступ отримано травня 6, 2025, <https://www.scheidt-bachmann.de/en/signalling-systems/products-solutions/level-crossing-system>

14 Grade Crossing Safety - Piper Networks, доступ отримано травня 10, 2025, <https://www.pipernetworks.com/grade-crossing-safety/>

15 Level Crossing Protection Systems - ELECTRANS, доступ отримано травня 16, 2025, <https://www.electrans.es/en/level-crossing-protection-systems/>

16 Level Crossing Protection System RLC23 by ALTPRO - Railway PRO, доступ отримано травня 16, 2025, <https://www.railwaypro.com/wp/level-crossing-protection-system-rlc23-by-altpro/>

17 Axle Counters vs Tracks Circuits | RSP - Rail Signalling & Power, доступ отримано травня 20, 2025, <https://www.rsprail.co.uk/axle-counters-vs-tracks-circuits/>

18 APPENDIX D. Costs and Benefits of Various Crossing Improvements | FHWA, доступ отримано травня 6, 2025, <https://highways.dot.gov/safety/hsip/xings/highway-railway-grade-crossing-action-plan-and-project-prioritization-7>

19 Жуков, В. І. Охорона праці на залізничному транспорті: Навчальний посібник [Текст] / В. І. Жуков. - М.: Транспорт, 1988. - 151 с.

20 Сидорова, Ю.Т. Охорона праці на залізничному транспорті [Текст] / під ред.. Ю.Т. Сидорова - М.: Транспорт, 1981р. - 280с

					ВКР 01.25.02.39 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

21 Правила охорони праці під час Експлуатації Електронних обчислювальних машин ДНАОП 0.00-1.31-99 [Текст]. Київ, 1999 р. - 28с

22 Жидецький, В.У. Основи охорони праці [Текст] / В.У.Жидецький. - К.: Видавничий дім "САМ", 2002. - 152 с.

23 ДСН 3.3.6.037-99. (Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку)

24 Методичний посібник з додержання вимог нормо контролю у студентський навчальній звітності [Текст]. - Х.УкрДУЗТ: 2014 - 38 с.

25 ДСТУ Б А.2.4-4:2009. Система проектної документації для будівництва. Основні вимоги до проектної та робочої документації : затв. наказом Мінрегіонбуду України від 20.03.2009 № 112 ; чинний від 2009-10-01. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009.

26 ДСТУ ГОСТ 2.702:2013 (ГОСТ 2.702-2011, IDT). Єдина система конструкторської документації. Правила виконання електричних схем : надано чинності наказом Мінекономрозвитку України від 29.11.2013 № 1423 ; чинний від 2014-09-01. Київ, 2013.

27 СОУ 45.020-00034045-002:2006. Вироби залізничної автоматики, телемеханіки та зв'язку. Загальні технічні умови : затв. наказом Укрзалізниці від 13.10.2006 № 360-Ц. Київ : Укрзалізниця, 2006. 80 с.

28 ТМП-540/0356/08-ЦЮ. Типові матеріали для проектування виконавчої групи ЕЦ з визначенням місць підключення до мікропроцесорного маршрутного набору : затв. наказом Укрзалізниці від 15.08.2008 № 369-Ц. Київ, 2008. 117 с.

29 ЦШ-0060. Інструкція з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування (СЦБ) : затв. наказом М-ва трансп. та зв'язку України від 07.10.2009 № 090-ЦЗ. Київ, 2009. 59 с.

					ВКР 01.25.02.39 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		