

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет «Комп'ютерні технології і системи»

Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

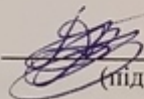
Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи
на здобуття освітнього ступеня «магістр»

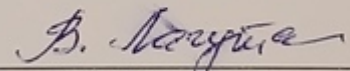
на тему: Дослідження надійності постових пристроїв в системі EBILOCK 950

за освітньою програмою «Системи керування рухом поїздів»
зі спеціальності: 273 «Залізничний транспорт»

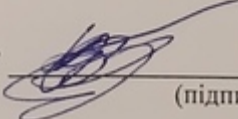
Виконав: студент групи СК2321 (969М)

 / Дмитро Вакулич /
(підпис студента)

Керівник: доцент кафедри АТ

 / Василь ЛАГУТА /
(підпис керівника)

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з
праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент  /
(підпис студента)

Дніпро – 2025 рік

**Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies**

Faculty of Computer Technologies and Systems

Department of Automation and Telecommunication

Explanatory Note

to Master's Thesis

master

(higher education degree)

on the topic: Research on the reliability of station devices in the EBILOCK 950 system
according to educational curriculum «Train movement control systems»
in the Specialty: 273 Railway transport

Done by the student of the group CK2321 (969M)

/ Dmytro Vakulych /

Scientific Supervisor: associate professor

/ Vasyl Laguta /

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: Комп'ютерні технології та системи
Кафедра: Автоматика та телекомунікації
Рівень вищої освіти: магістр
Освітня програма: Системи керування рухом поїздів
Спеціальність: 273 Залізничний транспорт

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри АТ

(підпис) Володимир ГАВРИЛЮК

Дата _____

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу _____
магістр
(ступінь вищої освіти)

студенту Вакулич, Дмитро Петрович
(Прізвище, Ім'я, По батькові)

1. Тема Дослідження надійності постових пристроїв в системі
роботи: EBILOCK 950

Керівник роботи: Лагута Василь Васильович
(Прізвище, Ім'я, По батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом від « 05 » 01 2024 р. № 20 ст

2. Строк подання студентом роботи: 25 . грудень .2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: Спостереження відмов постових пристроїв в системі
МПП

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):

4.1 Аналітична частина: Аналізувати статистичні дані про відмови системи
залізничної автоматики

4.2 Основна частина: Описати мікропроцесорну централізацію EBILOCK 950.

Надати структурну схему надійності.

4.3 Дослідити надійність постових пристроїв в системі МПП

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

Статистичні дані про відмови системи залізничної автоматики.

Мікропроцесорна централізація EBILOCK 950. Структурна схема дослідження

надійності. Дослідження надійності без врахування ТО.

Дослідження надійності з врахуванням ТО.

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)	Завдання прийняв: (підпис студента, дата)
Аналітична частина	Лагута В.В., доцент		
		10.01.2024	
Основна частина	Лагута В.В., доцент		
		10.01.2024	

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ (Актуальність. Мета роботи. Методи дослідження. Практична значення отриманих результатів)	15.09.2024	2-5 с
2	Розділ 1. Статистичні дані про відмови систем залізничної автоматики	20.09.2024	7-10 с
3	Розділ 2. Мікропроцесорна централізація EBILOCK 950	01.10.2024	7-10 с
4	Розділ 3. Структурна схема дослідження надійності	15.11.2024	7-10 с
5	Розділ 4. Дослідження надійності постових пристроїв	01.12.2024	15-20
6	Висновки.	20.12.2024	1-2 с
	Перелік посилань	20.12.2024	
7	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	25.12.2024	
8	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії		

Студент

(підпис)

Дмитро ВАКУЛИЧ

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

(підпис)

Василь ЛАГУТА

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра:

58 сторінок, 12 рисунків, 12 джерел літератури.

Об'єкт розробки – функціональна надійність постових пристроїв системи EBILOCK 950.

Мета роботи – підвищення функціональної надійності постових пристроїв в системі EBILOCK 950 на основі статистичного аналізу їхнього технічного стану, впровадження сучасних технологій моніторингу і діагностики.

Методи дослідження – дослідження виконується шляхом аналізу статистичних даних про відмови постових пристроїв системи EBILOCK 950 в умовах експлуатації з використанням сучасних методів обробки інформації.

У першому розділі здійснено аналіз відмов на залізницях України, розглянуто поняття відмова та безвідмовна робота постових пристроїв. У другому розділі розглянуто будову та принцип дії системи EBILOCK 950, оцінено основні переваги даної системи. У третьому розділі побудовано модель дослідження надійності постових пристроїв в системі EBILOCK 950, розглянуто надійність елементів моделі та вплив на їх надійність дублювання. У четвертому розділі обчислено інтенсивності відмов постових пристроїв в системі EBILOCK 950, проведено аналіз впливу інтенсивності обслуговування на надійність системи.

Висновок. Дослідження надійності в системі EBILOCK 950 дає можливість визначити раціональні періоди технічного обслуговування постових пристроїв з метою підвищення рівня їх функціональної надійності.

Ключові слова: EBILOCK 950, аналіз відмов, надійність системи, технічне обслуговування, залізнична автоматика, мікропроцесорна система.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
СТАТИСТИЧНІ ДАНІ ПРО ВІДМОВИ СИСТЕМ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ.....	11
1.1 Поняття відмови та надійність пристроїв в системах залізничної автоматики.....	11
1.2 Оглядова статистика відмов на залізницях.....	15
1.3 Висновок за розділом.....	19
2 МІКРОПРОЦЕСОРНА ЦЕНТРАЛІЗАЦІЯ EBILOCK 950.....	20
2.1 Призначення та експлуатаційні переваги системи EBILOCK 950.....	20
2.2 Структура системи EBILOCK 950	22
2.3 Висновок за розділом.....	27
3. СТРУКТУРНА СХЕМА ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ.....	28
3.1 Структурна схема дослідження надійності EBILOCK 950.....	28
3.2 Висновок за розділом.....	34
4. ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПОСТОВИХ ПРИСТРОЇВ.....	36
4.1 Дослідження надійності постових пристроїв без врахування технічного обслуговування.....	36
4.2 Технологія обслуговування підсистем EBILOCK 950.....	42
4.3 Дослідження надійності постових пристроїв з врахуванням технічного обслуговування.....	51
4.4 Висновок за розділом.....	53
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	55
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	57

ВСТУП

Актуальність роботи – дослідження надійності постових пристроїв системи EBILOCK 950 визначається необхідністю підвищення рівня безпеки на залізничному транспорті та забезпечення безперебійної роботи системи автоматизації управління рухом поїздів. Постійний контроль за технічним станом постових пристроїв, впровадження сучасних методів діагностики та прогнозування їхньої роботи дозволять зменшити кількість відмов та збоїв у роботі системи, а також забезпечити високу ефективність функціонування залізничної інфраструктури в цілому.

Мета роботи – розробка рекомендацій підвищення надійності постових пристроїв в системі EBILOCK 950 на основі аналізу їхнього технічного стану для впровадження сучасних технологій моніторингу і діагностики. Визначення основних причин відмов постових пристроїв, розробка моделі надійності системи, а також рекомендації щодо впровадження нових методів технічного обслуговування та контролю роботи пристроїв. Виявлення факторів, які впливають на надійність постових пристроїв, розробка методів оцінки їх технічного стану та аналіз можливостей підвищення надійності системи за рахунок оптимізації процесів технічного обслуговування та діагностики. Крім того, важливою частиною дослідження є розробка рекомендацій щодо використання сучасних технологій діагностики та прогнозування для своєчасного виявлення можливих дефектів у роботі постових пристроїв.

Практична значимість - виконані дослідження можуть бути використано для покращення системи утримання постових пристроїв в умовах експлуатації. Результати дослідження також можуть бути використані для оптимізації роботи системи залізничної автоматики та впровадження дослідів в покращення технічного обслуговування і діагностики постових пристроїв. Впровадження результатів дослідження методик дозволить суттєво підвищити рівень безпеки та надійності роботи системи автоматизації управління рухом поїздів, забезпечивши стабільне та безперебійне функціонування залізничної інфраструктури країни.

Методи дослідження. Проведено статистичний аналіз, який включав збір, систематизацію та математичну обробку даних. Це дозволило визначити основні показники надійності, такі як частота відмов, середній час безвідмовної роботи та ймовірність відмови на певному інтервалі часу. Обчислено кількісні параметри, що характеризують роботу мікропроцесорної централізації EBILOCK 950, та проведено порівняння кількості відмов різних підсистем EBILOCK 950.

Забезпечення безпеки та надійності функціонування залізничної інфраструктури є однією з пріоритетних задач транспортної галузі будь-якої країни. У сучасних умовах розвиток залізничного транспорту передбачає постійне вдосконалення систем автоматизації та впровадження новітніх технологій для управління рухом поїздів. Це особливо актуально для України, де залізничний транспорт займає провідне місце в системі перевезень вантажів та пасажирів. Питання ефективного керування залізничними потоками набувають стратегічного значення, оскільки залізниця є ключовим фактором економічного розвитку та національної безпеки держави, розвиток даної галузі стимулює розвиток промисловості в країні в цілому.

Однією з передових технологій в галузі управління рухом є система EBILOCK 950, яка широко використовується на залізницях України. Дана система являється мікропроцесорною, та прийшла на заміну класичних релейних систем. EBILOCK 950 забезпечує централізоване керування стрілками та сигналами, дозволяючи підвищити швидкість та безпеку руху поїздів, при цьому має розширений функціонал в порівнянні з релейними системами. Однак, ефективність функціонування системи залежить від надійності постових пристроїв, які є її невід'ємною складовою. Постові пристрої відповідають за коректну передачу сигналів та команд між централізованим блоком керування та безпосередніми об'єктами залізничної інфраструктури, такими як стрілки, світлофори та інші виконавчі механізми.

Однак, як і будь-які технічні системи, залізнична автоматика не є повністю захищеною від можливих відмов, які можуть виникати внаслідок різних причин, таких як знос елементів, вплив зовнішнього середовища, збої в

електропостачанні, помилки в програмному забезпеченні тощо. Відмова хоча б одного з компонентів системи може спричинити серйозні порушення в роботі всієї залізничної інфраструктури. Вплив таких відмов на рух поїздів є різноманітним і залежить від характеру відмови, рівня автоматизації ділянки, а також від резервування та надійності окремих елементів системи.

Надійність роботи постових пристроїв системи EBILOCK 950 є критично важливою для забезпечення безпеки руху. У разі виникнення відмов або некоректної роботи таких пристроїв можливі збої в керуванні рухом поїздів, що може призвести до порушення графіку руху, зниження пропускну здатності колій та навіть до аварійних ситуацій. Тому дослідження надійності постових пристроїв, а також розробка методів їх діагностики та прогнозування є важливим завданням для інженерів та експлуатаційного персоналу залізниць.

Питання надійності постових пристроїв системи EBILOCK 950 включає аналіз різних аспектів їх функціонування: від технічних параметрів та електронних компонентів до програмного забезпечення, яке забезпечує коректну роботу всієї системи. Відмова або збої в роботі будь-якого з компонентів системи можуть призвести до серйозних наслідків для руху поїздів та безпеки пасажирів. Тому дослідження надійності таких пристроїв потребує комплексного підходу, який включає як аналіз можливих причин відмов, так і розробку заходів для їх запобігання.

Залізнична система управління рухом поїздів EBILOCK 950 розроблена шведською компанією Bombardier Transportation (нині частина Alstom) і є однією з найбільш поширених систем централізації на європейському ринку. Вона була адаптована до умов експлуатації в Україні з урахуванням особливостей вітчизняної інфраструктури та стандартів безпеки. Однак, впровадження таких систем вимагає ретельного дослідження їхньої надійності в умовах інтенсивної експлуатації та регулярного технічного обслуговування. Особливості кліматичних умов, підвищене навантаження на окремі елементи та складні технічні умови роботи вимагають від постових пристроїв високої надійності та стабільності. Впровадження сучасних автоматичних систем, таких як EBILOCK 950, дозволяє

значно знизити вплив людського фактору на управління рухом, покращити точність дотримання графіку та підвищити пропускну спроможність залізничної мережі, але дана система як і всі мікропроцесорні системи є чутливою до завад (тобто потребує екранування) і вимагає високої стабільності живлення для запобігання виходу з ладу елементів системи та виключення можливих відмов в її роботі.

1 СТАТИСТИЧНІ ДАНІ ПРО ВІДМОВИ СИСТЕМ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ

1.1 Поняття відмови та надійність пристроїв в системах залізничної автоматики

Зазвичай при впровадженні нової апаратури визначають показники надійності. В загальному надійність це властивість об'єкта зберігати свої параметри в певних межах на протязі заданого проміжку часу, параметри характеризують можливість виконувати об'єктом свої функції в заданих режимах і умовах використання, зберігання, транспортування та ремонту. Так для прикладу надійність лампи що експлуатується на пульті чергового по станції можна визначити як можливість її давати світло певної якості при номінальній напрузі. Надійність пристроїв оцінюється рядом факторів як при експлуатації приладів так і при їх транспортуванню саме тому надійність є складним поняттям яке складається з наступних понять: безвідмовність, ремонтоздатність, довговічність та зберігаємість.

Перед тим як перейти до властивостей об'єкту розглянемо його стани. В загальному кожен об'єкт може знаходитися в двох станах а саме справний або несправний стан. Справним станом являється такий при якому об'єкт відповідає всім нормам технічної документації або конструкторської документації. При несправному стані об'єкт не буде відповідати хоча б одній із вимог. Об'єкт який є несправним може перебувати в наступних станах: працюючий чи непрацюючий стан та стан на межі відмови. В працюючому стані значення параметрів об'єкта характеризує його здатність виконувати функції та відповідати вимогам нормативної документації. В непрацюючому стані хоч один з параметрів об'єкту не відповідає вимогам нормативної документації. Стан на межі відмови являється таким при якому використання об'єкту небезпечно або не доцільно, до цього стану об'єкт доходить при фізичному або моральному старінню, в цьому випадку різко знижується ефективність експлуатації та може виникнути значне зниження безпеки роботи об'єкту. Тобто для прикладу коли стрілочний електропривід

експлуатується дуже довгий час через зношення його комплектуючих відмови будуть настільки часто що втрачається зміст ремонтувати даний об'єкт з економічної точки зору. Схема зав'язків між станами об'єкту приведена на рисунку 1.1. Подія яка порушує справність об'єкту називається дефектом. Якщо об'єкт переходить в несправний але працюючий стан то такий дефект носитиме назву пошкодження -1 (рисунок 1.1). Якщо об'єкт переходить в непрацюючий стан



Рисунок 1.1- Схема зав'язків між станами об'єкту

або в стан на межі відмови то це буде носити назву відмова -2 (рисунок 1.1). Якщо об'єкт знаходиться в непрацюючому стані то відбувається його ремонт-3 (рисунок 1.1). Якщо об'єкт знаходиться в стані на межі то відбувається його капітальний ремонт - 4 або як альтернатива списання об'єкту (рисунок 1.1).

Відмова – це явище яке призводить до припинення нормальної роботи пристроїв. По характеру виникнення відмови діляться на наступні види: раптові (небезпечні), поступові та перемижаючі. Раптові (небезпечні) відмови виникають в наслідок різких змін параметрів об'єкту. Раптова відмова являється випадковою подією яку практично неможливо запобігти та передбачити. Прикладами таких відмов є пробій діода, перегорання лампи обрив спіралі резистору. Поступові

відмови виникають в наслідок поступових змін основних параметрів об'єкту, поступові відмови досить легко спрогнозувати особливо за допомогою сучасних ЕОМ та нейронних мереж. Прикладом даного виду відмов є поступове зношення контактів реле в результаті тривалої експлуатації. Перемижаючі відмови це вид відмов який має подібні властивості часто виникає а потім сам усувається. До перемижаючих відмов можна віднести збій кодів в системі АЛСН.

Для об'єктів які виконують особливо відповідальні завдання характерно в результаті відмов можливості виникнення аварій або небезпечних ситуацій, до такої групи об'єктів відносяться пристрої залізничної автоматики. В системах залізничної автоматики небезпечні відмови можуть приводити до ситуацій що порушують рух поїздів. Наприклад хибна вільність ізолюваної ділянки може привести до переведення стрілки під поїздом і відповідно його схід з рейок.

В системах залізничної автоматики непрацюючий стан об'єкта ділиться на виду захисний стан та небезпечний (рисунок 1.2). Захисний стан непрацюючий стан при якому об'єкт виконує свої функції по забезпеченню безпеки але має обмежений функціонал. Прикладом захисного стану може бути рух поїзда через ізолювану ділянку яка показує хибну вільність, в цьому випадку поїзд буде рухатися по маршруту зі зниженою швидкістю при цьому умови безпеки будуть виконуватися. Небезпечний стан характеризується тим що хоч один параметр системи має значне відхилення що впливає на здатність забезпечувати безпеку руху. На рисунку 1.2 захисна відмова позначена як цифра 2, небезпечна відмова – 5, пошкодження – 1, ремонт об'єкта – 3, капітальний ремонт об'єкта – 4. Так як до систем залізничної автоматики пред'являють підвищені вимоги то схема рисунку 1.2 доповнена списанням об'єкту.

Безпека систем залізничної автоматики це здатність системи постійно зберігати справний, працездатний чи захисний стан на протязі певного інтервалу часу до напруження на відмову. Множина станів системи S

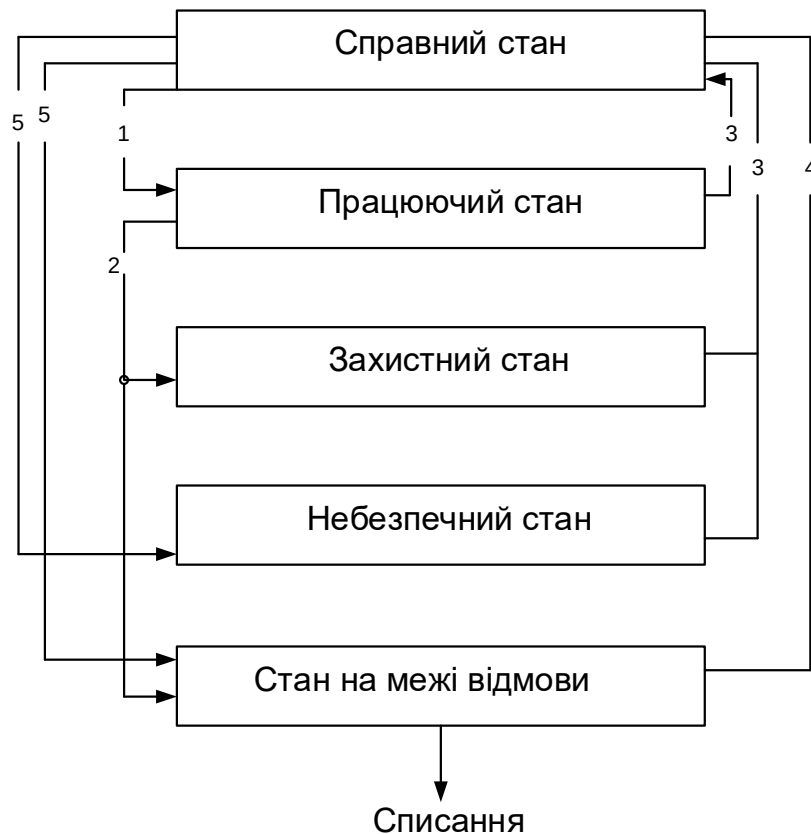


Рисунок 1.2- Схема зав'язків між станами об'єкту в системах залізничної автоматики

зберігати справний, працездатний чи захисний стан на протязі певного інтервалу часу до напрацювання на відмову. Множина станів системи S приведена на рисунку 1.3. і розбивається на підмножини справних $S_{сп}$, працездатних $S_{пр}$, захисних S_z та небезпечних S_n станів.

Захисна відмова відбувається так що порушується безвідмовність системи але безпека її роботи залишається не змінною, а небезпечна відмова при виникненні порушує як безвідмовність так і безпеку системи.

Безвідмовність характеризується множиною станів:

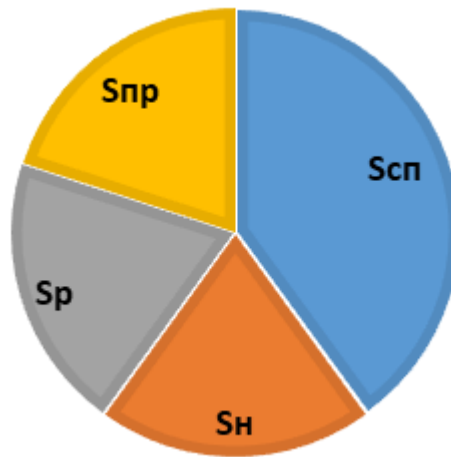


Рисунок 1.3 - Множина станів системи

$$S_{\text{н}} = S_{\text{сп}} \cup S_{\text{п}} \quad (1.1)$$

В свою чергу безпека системи характеризується множиною станів

$$S_{\text{б}} = S_{\text{сп}} \cup S_{\text{п}} \cup S_{\text{з}} \quad (1.2)$$

1.2 Оглядова статистика відмов на залізницях

Причина відмови – це явища, події, стани або процеси які зумовили прояв даної відмови. До явищ відмов залізничної автоматики можна віднести пластичні деформації та зменшення міцності поверхні. До процесів можна віднести зношення, виникнення тріщин, старіння матеріалу та різного виду корозії. Відмови можуть провокувати несприятливі події такі як механічне перенавантаження, стрибки напруги в мережі, попадання бруду в масло та інше. Станами виробів які провокують відмову можуть бути різного роду тріщини та дефекти збірки і інше.

В загальному відмови діляться на конструкційні, експлуатаційні, виробничі. Крім вище приведених видів відмов виділяють відмови пов'язані з впливом грозових та комутаційних процесів та стороннього втручання. До конструкційних відмов можна віднести такі які виникли в результаті недосконалості конструкції

об'єкту а також помилок які виникли при його проектуванню. До виробничих відмов можна віднести такі які виникли в результаті недотримання норм виробництва працівниками підприємства. Експлуатаційні відмови виникають в результаті порушення персоналом правил експлуатації об'єктів та установок які вони обслуговують.

Якщо розглядати статистику відмов то можна зробити висновок що кількість відмов яка припадає на службу сигналізації та зв'язку дорівнює близько 20%, що більш детально показано на рисунку 1.4. З даного рисунку під іншими службами розуміється локомотивна, вагонна та пасажирські служби. З даного рисунку видно що лідируючі місця по відмовам займають господарство колії та сигналізації та зв'язку. Розглянемо більш детально види відмов які відбуваються в службі сигналізації та зв'язку, для цього скористаємося статистикою по відмовах по службі Ш, дана статистика приведена в таблиці 1.1 Розглянемо тепер більш детально кожен вид відмов:

1. Види відмов рейкових кіл на залізниці включають обрив рейкової нитки або кабелю, що призводить до втрати сигналу, коротке замикання, яке викликає хибне визначення зайнятості колії, та несправності приймально-контрольної апаратури. Також на роботу рейкових кіл можуть впливати електромагнітні завади від зовнішніх джерел.
2. Відмови електроприводів на залізниці включають механічні зношення рухомих частин, електричні проблеми (згоряння обмоток, короткі замикання), несправності системи керування, вихід з ладу двигуна, а також зношення контактних елементів, що впливає на стабільність роботи.
3. Відмови релейної апаратури включають зношення контактів, залипання реле, перегрів котушок і механічні проблеми. Безконтактна апаратура зазнає збоїв через несправність електронних компонентів або вплив електромагнітних завад.
4. Відмови елементів захисту на залізниці включають згоряння запобіжників, несправність автоматів, залипання реле, пошкодження грозозахисту та деградацію ізоляції, що може призвести до втрати захисних функцій.

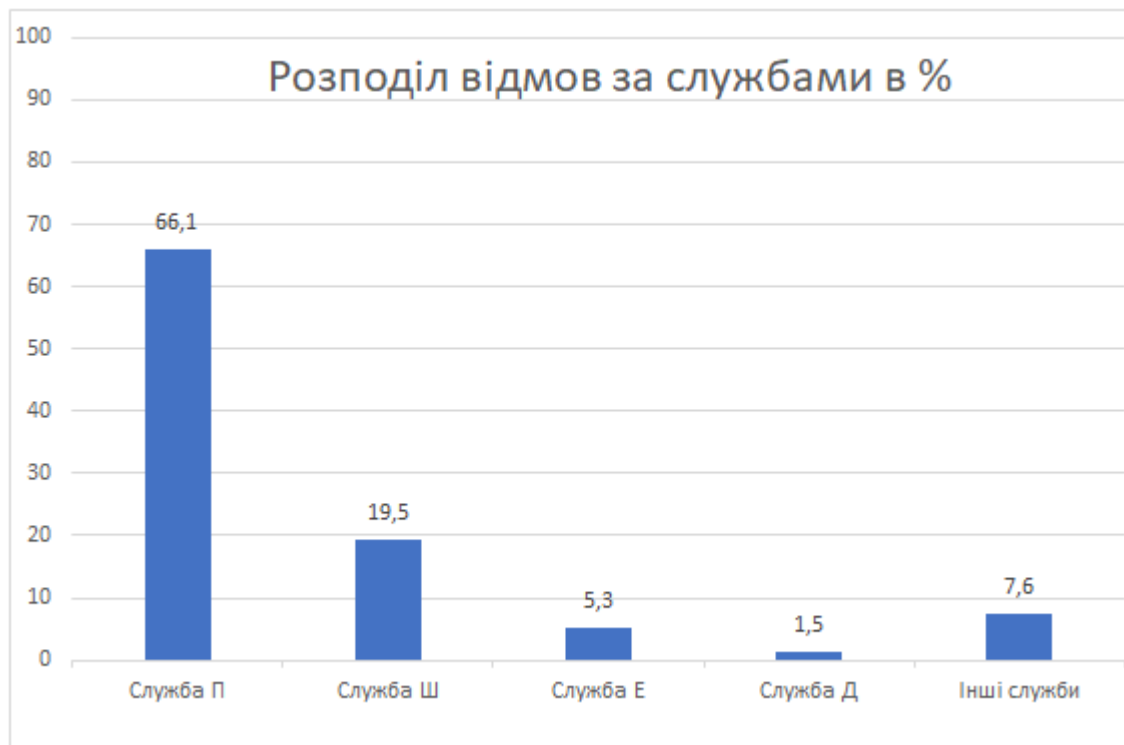


Рисунок 1.4 – Розподіл відмов між службами на залізниці

5. На кабельних лініях залізниці бувають наступні відмови – занижений опір ізоляції кабелю, пошкодження ізоляції, закорочування жил між собою, обрив жил кабелю та ін.
6. Види відмов релейних шаф та стативів на залізниці включають механічні пошкодження, пошкодження електронних компонентів, несправність системи підігріву, корозію та обрив з'єднань та вплив вологи.
7. Види відмов сигналів на залізниці включають несправності світлових елементів (ламп), пошкодження електронних схем, збої в системі живлення, механічні пошкодження конструкції світлофора.
8. Види відмов трансформаторів та перетворювачів на залізниці включають перегрів, короткі замикання, зношення ізоляції, механічні пошкодження, а також вихід з ладу електронних компонентів.
9. Види відмов пульта, табло та апаратури керування на залізниці включають несправності електронних компонентів, збої в системі живлення, механічні пошкодження, неправильне відображення сигналів, вихід з ладу чарунок та елементів комутації.

Таблиця 1.1- Статистика відмов служби сигналізації та зв'язку

Пристрої	Число відмов, %		
	ЕЦ	АБ	ПАБ
1.Рейкові кола	26,87	14,61	9,52
2.Електроприводи	20,41	-	3,13
3.Релейна та безконтактна апаратура	10,52	25,24	8,29
4. Елементи захисту	8,87	6,33	6,85
5. Кабельні лінії	7,92	10,13	10,03
6. Релейні шафи, стативи	7,16	12,43	6,73
7. Сигнали	5,57	6,39	5,42
8. Трансформатори, перетворювачі, електричні машини	4,81	7,19	5,71
9.Пульти, табло, апаратура керування.	2,55	0,66	11,84
10. Акумулятори та первинні елементи	2,24	4,68	8,59
11. Щитові живильні установки	1,22	0,38	0,34
12. Повітряні лінії	0,22	8,52	21,74
13. Невстановлені об'єкти	1,63	3,42	1,31

10. Види відмов акумуляторів на залізниці включають зниження ємності через старіння, короткі замикання, вихід з ладу елементів через перегрів, проблеми з заряджанням і розрядженням, а також корозію контактів.

11. Види відмов щитових живильних установок на залізниці включають несправності електронних компонентів, короткі замикання, перегрів, зношення контактів, а також проблеми з системами живлення та захисту.

12. Види відмов повітряних ліній на залізниці включають обриви провідників, механічні пошкодження опор, корозію елементів, несправності ізоляції, а також вплив зовнішніх факторів, таких як вітрові навантаження та обледеніння.

13. Про невстановлені об'єкти можна сказати що це відмови які виникають на різних об'єктах та є перемижаючими. Найпростіший приклад таких відмов є збій кодів.

Детально проаналізувавши статистику приведену в таблиці 1.1 можна дійти висновку що дані між різними дорогами та станціями будуть дещо різнитися але не зважаючи на те більшість відмов всеодно буде припадати на рейкові. Відмови пов'язані з релейними шафами та стативами є особливо неприємні так як на їх усунення потрібно значний проміжок часу.

1.3 Висновок за розділом

В ході роботи над даним розділом було розглянуто основні поняття надійності, розглянуто види можливих відмов які виникають на залізницях, приведено статистику відмов та визначено які елементи автоматики найбільш схильні до виникнення відмов. Робота над статистикою дає можливість визначити напрямок в якому потрібно проводити дослідження для підвищення надійності та безперебійності роботи пристроїв залізничної автоматики. Для більш швидкого та точного статистичного аналізу рекомендовано використовувати ЕОМ. Перехід від релейної апаратури на мікропроцесорну підвищує надійність системи та спрощує її діагностування. В наступних розділах буде більш детально розглянуто мікропроцесорну систему та статистику відмов в її роботі та методи зменшення кількості відмов.

2 МІКРОПРОЦЕСОРНА ЦЕНТРАЛІЗАЦІЯ EBILOCK 950

2.1 Призначення та експлуатаційні переваги системи EBILOCK 950

EBILOCK 950 — це сучасна електронна мікропроцесорна система для управління залізничною сигналізацією та централізацією стрілок і сигналів. Вона використовується для автоматизації роботи залізничних станцій і ділянок залізниць. Система розроблена компанією Bombardier Transportation і забезпечує високий рівень безпеки та ефективності управління залізничним рухом. Дана система не здобула поки що широкого розповсюдження в Україні але її широке впровадження призведе до економії ресурсів та підвищення безпеки руху поїздів.

Система EBILOCK 950 призначена для:

1. **Управління залізничною інфраструктурою:** EBILOCK 950 контролює стрілки, світлофори, шлагбауми та інші об'єкти на залізничних станціях, забезпечуючи безпечне і ефективне проведення поїздів.
2. **Забезпечення безпеки руху:** Система знижує ризик аварій та нештатних ситуацій завдяки точному і своєчасному управлінню сигналами і стрілками на основі обробки великих обсягів даних в реальному часі.
3. **Автоматизація процесів:** Вона дозволяє автоматично встановлювати маршрути для поїздів та управляти сигналами без потреби в ручному втручанні операторів.
4. **Інтеграція з іншими системами:** EBILOCK 950 може працювати разом з іншими системами управління рухом, такими як системи диспетчеризації та автоматизовані системи захисту поїздів (ATP — Automatic Train Protection).

Експлуатаційні переваги EBILOCK 950:

1. **Висока надійність та безпека:** Система забезпечує безпеку на рівні SIL-4 (найвищий рівень безпеки для залізничних систем), що гарантує захист від збоїв і помилок.
2. **Модульна архітектура:** EBILOCK 950 має модульну структуру, що дозволяє легко модернізувати або масштабувати систему в залежності від потреб конкретної залізничної станції чи ділянки.

3. Гнучкість у використанні: Система може використовуватися на як малих, так і великих станціях, що робить її універсальною і економічно вигідною для різних типів залізничних мереж.
4. Зниження операційних витрат: Автоматизація і оптимізація управління дозволяє значно зменшити потребу в людському факторі, що скорочує експлуатаційні витрати.
5. Швидка реакція на зміну умов: Система здатна швидко реагувати на зміни в графіку руху або нештатні ситуації, що підвищує ефективність залізничної інфраструктури.
6. Інтерфейс для користувача: Система має сучасний графічний інтерфейс, який дозволяє операторам легко управляти процесами та отримувати всю необхідну інформацію в режимі реального часу.

EBILOCK 950 є важливим компонентом у забезпеченні ефективного та безпечного руху на залізниці, забезпечуючи безперебійне управління інфраструктурою та оптимізацію ресурсів. Впровадження системи EBILOCK 950 в Україні має значний потенціал для модернізації та покращення управління залізничною інфраструктурою. Це пов'язано із необхідністю оновлення застарілих систем сигналізації та централізації, підвищення безпеки та ефективності залізничних перевезень, а також інтеграції української залізниці в європейську транспортну систему.

Широке впровадження в EBILOCK 950 в Україні: підвищить безпеку руху, дасть змогу модернізувати застарілу інфраструктуру, дасть змогу інтегруватися в європейські транспортні коридори, збільшить пропускну спроможність, знизить операційні витрати та інше. EBILOCK 950 забезпечує високий рівень безпеки завдяки своїй відповідності міжнародним стандартам безпеки (рівень SIL-4). Впровадження цієї системи допоможе знизити кількість аварійних ситуацій на залізничних станціях і перегонах, особливо в умовах підвищеної інтенсивності руху.

Більша частина залізничної інфраструктури в Україні використовує застарілі системи централізації і сигналізації, які потребують модернізації тому EBILOCK

950 дозволить замінити механічні й електромеханічні системи на сучасні мікропроцесорні рішення, що підвищить надійність і точність управління рухом поїздів. Одним із ключових напрямків розвитку української залізниці є інтеграція в європейську транспортну мережу. Система EBILOCK 950 підтримує міжнародні стандарти, що дозволить Україні відповідати вимогам ЄС і сприяти участі в проєктах типу TEN-T (Транс'європейська транспортна мережа).

EBILOCK 950 дозволяє автоматизувати управління рухом поїздів і оптимізувати маршрути. Це призведе до збільшення пропускної спроможності залізничних ліній, що є особливо важливим для транспортних коридорів з високою інтенсивністю перевезень, таких як вантажні потоки між Україною та ЄС. Автоматизація управління залізничною інфраструктурою зменшить потребу в ручному втручанні чергових і технічного персоналу в роботу, що призведе до зниження витрат на обслуговування системи. Крім того, завдяки оптимізації руху та швидкому реагуванню на нештатні ситуації зменшаться витрати на експлуатацію та технічне обслуговування. Застосування сучасних мікропроцесорних систем, таких як EBILOCK 950, дозволяє ефективніше використовувати енергоресурси (так як електронна база споживає мало енергії), це сприяє зниженню енергоспоживання залізниць і покращенню їх екологічних показників. Система EBILOCK 950 є модульною, що дозволяє її впровадження як на великих вузлових станціях, так і на малих станціях із невеликим обсягом руху. Це надає можливість поступової модернізації залізничної інфраструктури в різних регіонах України. Впровадження EBILOCK 950 є частиною ширших процесів цифровізації залізниці, що передбачає використання нових технологій для автоматизації та моніторингу інфраструктури.

2.2 Рівні та структура системи EBILOCK 950

Структура мікропроцесорної централізації EBILOCK 950 приведена на рисунку 2.1. В загальному випадку EBILOCK 950 можна розділити на 4 підсистеми а саме: діалогову, діагностики, логічних залежностей, управління і контролю стану об'єкту.

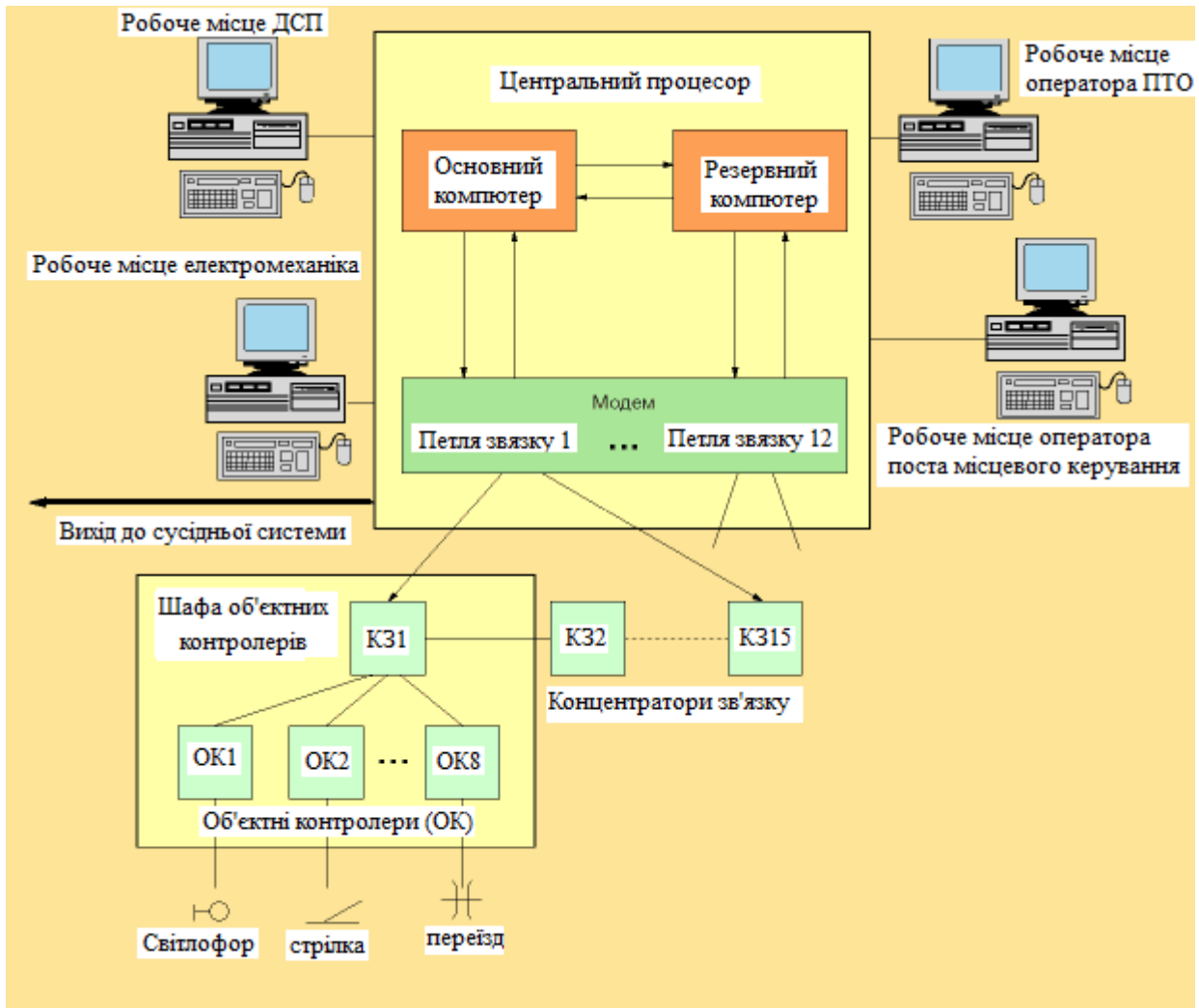


Рисунок 2.1 – Структурна схема мікропроцесорної централізації EBILOCK 950

Діалогова підсистема є ключовою частиною системи EBILOCK 950, оскільки вона забезпечує інтерфейс для взаємодії між оператором і автоматизованою системою управління рухом поїздів. Вона надає інтуїтивно зрозумілий та функціональний спосіб управління процесами на залізничній станції або певній ділянці шляхів. Основна мета цієї підсистеми — забезпечення швидкого та надійного обміну інформацією, що дозволяє оператору контролювати і управляти об'єктами інфраструктури в режимі реального часу. Оператори можуть за допомогою цієї підсистеми здійснювати: моніторинг стану сигналів, стрілок, переїздів та інших об'єктів інфраструктури; вводити команди на виконання маневрів, зміни сигналів або маршрутизацію поїздів; отримувати оповіщення та

повідомлення про несправності або аварійні ситуації. В склад діалогової підсистеми входить АРМ ДСП, який відображає поїзну обстановку та дає можливість керування рухом поїздів. В даній системі використовується звичайний ПК що дає можливість знизити експлуатаційні витрати, та спростити вартість обслуговування.

Підсистема діагностики є однією з ключових складових системи EBILOCK 950, що відповідає за постійний моніторинг, виявлення та локалізацію несправностей у роботі всіх елементів залізничної інфраструктури. Вона забезпечує безперервну перевірку працездатності обладнання, допомагаючи підтримувати його в робочому стані, а також швидко реагувати на аварійні ситуації. Основні функції цієї підсистеми включають: виявлення та локалізація несправностей у роботі обладнання (сигнальних пристроїв, реле, кабелів і т.д.), надання детальної інформації про характер несправностей для оперативного усунення, запис логів та створення звітів про стан системи для подальшого аналізу. Дана підсистема представлена у вигляді робочого місця електромеханіка. Електромеханік в режимі реального часу має можливість отримувати інформацію про несправності в системі такі як : відсутність основного або резервного живлення, пошкодження каналу зв'язку, перегорання ламп світлофорів та інше.

Підсистема логічних залежностей є центральною частиною системи управління рухом поїздів EBILOCK 950. Вона забезпечує безпечне та ефективне управління взаємодією різних елементів залізничної інфраструктури, таких як сигнали, стрілки, колії та переїзди. Ця підсистема відповідає за побудову логічних зв'язків між об'єктами і визначає послідовність їх дій, гарантуючи, що всі команди будуть виконані в правильному порядку і з дотриманням правил безпеки. Вона включає алгоритми, які визначають взаємодію між: сигналами та стрілками, поїздами, що рухаються по різних маршрутах, охоронними та неохоронними переїздами, шлагбаумами та іншими об'єктами безпеки. Основою даної підсистеми є два комп'ютера основний та резервний. Резервний комп'ютер знаходиться в гарячому резерві. В склад кожного комп'ютера входить два канали обробки інформації. Тобто функції безпеки реалізуються по двох незалежних

каналах. Комп'ютер який знаходиться в резерві постійно оновлює свої дані в зв'язку з цим система може перейти на нього в будь-який момент.

Підсистема управління і контролю стану об'єкту в системі EBILOCK 950 є відповідальною за централізоване керування всіма елементами залізничної інфраструктури, а також за моніторинг їх поточного стану. Ця підсистема дозволяє операторам здійснювати безпечне управління рухом поїздів, контролюючи стан ключових об'єктів, таких як стрілки, світлофори, колійні ділянки та інші об'єкти безпеки. Основні функції даної системи: виконання команд на зміну положення стрілок та світлофорів, контроль стану маршрутів та блокувань, забезпечення синхронізації між фізичним станом об'єктів і їх цифровим відображенням у системі. Крім того, ця підсистема взаємодіє з підсистемою діагностики для виявлення несправностей та їх швидкого усунення.

Особливе значення в системі EBILOCK 950 відіграють постові пристрої у забезпеченні безпеки та ефективності управління рухом поїздів на залізничних станціях. Вони є частиною розподіленої архітектури інтерлокінгу, яка дозволяє централізовано керувати елементами станційної інфраструктури (сигнали, стрілки, колійні ланцюги). Постові пристрої в цій системі виконують функції безпосереднього керування обладнанням на рівні станцій, гарантуючи виконання команд та моніторинг стану об'єктів.

Основні типи постових пристроїв у системі EBILOCK 950: локальні пристрої управління (LCP — Local Control Panel), контролери стрілок, світлофорні контролери, датчики стану колій (Track Vacancy Detection Units), комутаційні пристрої (Communication Interface Units).

Локальні пристрої управління (LCP — Local Control Panel) встановлюються на самих станціях або у місцях безпосереднього управління елементами інфраструктури (стрілками, сигналами). LCP взаємодіє з центральним блоком системи EBILOCK 950 та виконує команди, передані з диспетчерського центру.

Основні функції локальних пристроїв управління: отримання команд на перемикання стрілок і світлофорів, зворотний зв'язок про стан стрілок, сигналів, колійних ланцюгів, локальний контроль і діагностика пристроїв.

Контролери стрілок у системі EBILOCK 950 здійснюють перемикання стрілок на залізничних станціях. Ці контролери розташовані в польових умовах та забезпечують електричне переміщення стрілок за командами з центрального процесора або локальної панелі управління. Вони також забезпечують зворотний зв'язок про фактичне положення стрілки (напрямок, замикаючий стан).

Світлофорні контролери здійснюють управління сигналами (світлофорами), передаючи команди на увімкнення відповідних сигнальних вогнів (зелений, жовтий, червоний тощо). Ці пристрої також контролюють коректність роботи світлофорів, фіксують стан ламп та відправляють інформацію про їхній стан до центрального блоку управління.

Датчики стану колій (Track Vacancy Detection Units) відстежують стан зайнятості колії (вільна або зайнята). У системі EBILOCK 950 використовуються різні технології, такі як колійні ланцюги або індуктивні датчики для визначення наявності поїзда на певній ділянці колії. Постові пристрої відповідають за збирання та передавання цієї інформації до центрального блоку управління.

Комутаційні пристрої (Communication Interface Units) забезпечують зв'язок між польовими пристроями (стрілки, світлофори, датчики стану колій) та центральною системою EBILOCK 950. Комутаційні блоки відповідають за передачу даних та команд у реальному часі, забезпечуючи оперативність і надійність взаємодії між компонентами системи.

Особливості постових пристроїв EBILOCK 950: високий рівень безпеки, модульність, надійність. Постові пристрої забезпечують виконання ключових функцій безпеки на рівні станцій, гарантуючи виконання команд з мінімальними затримками та без можливих збоїв. Кожен постовий пристрій може бути адаптований до конкретних умов експлуатації, що дозволяє легко масштабувати систему. Постові пристрої розроблені для роботи в складних умовах, включаючи низькі або високі температури, вологість і механічні впливи. Кожен постовий пристрій постійно надсилає дані про свій стан і виконання команд, що дозволяє оперативно реагувати на будь-які відхилення в роботі.

Таким чином, постові пристрої в системі EBILOCK 950 є важливою складовою частиною інфраструктури управління рухом поїздів. Вони забезпечують точність виконання команд, швидку передачу інформації про стан інфраструктури та допомагають досягти високого рівня автоматизації та безпеки на залізничних станціях

2.3 Висновок за розділом

В ході виконання даного розділу мною було розглянуто систему EBILOCK 950. Враховуючи те що в Україні використовується централізація побудована на застарілих реле аргументовано перехід на сучасну мікропроцесорну систему. Особливу увагу звернено на постові пристрої EBILOCK 950. Дослідження надійності постових пристроїв у системі EBILOCK 950 є критично важливим через їх ключову роль у забезпеченні безпеки та ефективності управління рухом поїздів. Надійність цих пристроїв безпосередньо впливає на безперебійність функціонування залізничної інфраструктури, точність виконання команд, своєчасність передачі інформації та запобігання аварійним ситуаціям. В умовах зростаючої складності транспортних систем і підвищених вимог до безпеки, вивчення надійності постових пристроїв допоможе підвищити стабільність роботи інтерлокінгових систем, зменшити кількість збоїв і простоїв, а також оптимізувати витрати на обслуговування. Це дослідження сприятиме покращенню загальної продуктивності залізничного транспорту та зниженню ризиків аварій завдяки виявленню потенційних проблем і впровадженню заходів для їх запобігання.

3. СТРУКТУРНА СХЕМА ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ

3.1 Структурна схема дослідження надійності EBILOCK 950

За результатами роботи мікропроцесорної системи EBILOCK 950 приведена схема дослідження надійності роботи постових пристроїв даної системи (рисунок 3.1). Згідно даної схеми можна зробити висновок що основні елементи які виконують відповідальні функції зарезервовані та у випадку необхідності можуть перейти на резервний комплект виключенням є лише контролери які з'єднані послідовно без резервування. Розглянемо більш детально кожен елемент схеми які мають позначення А-Е.

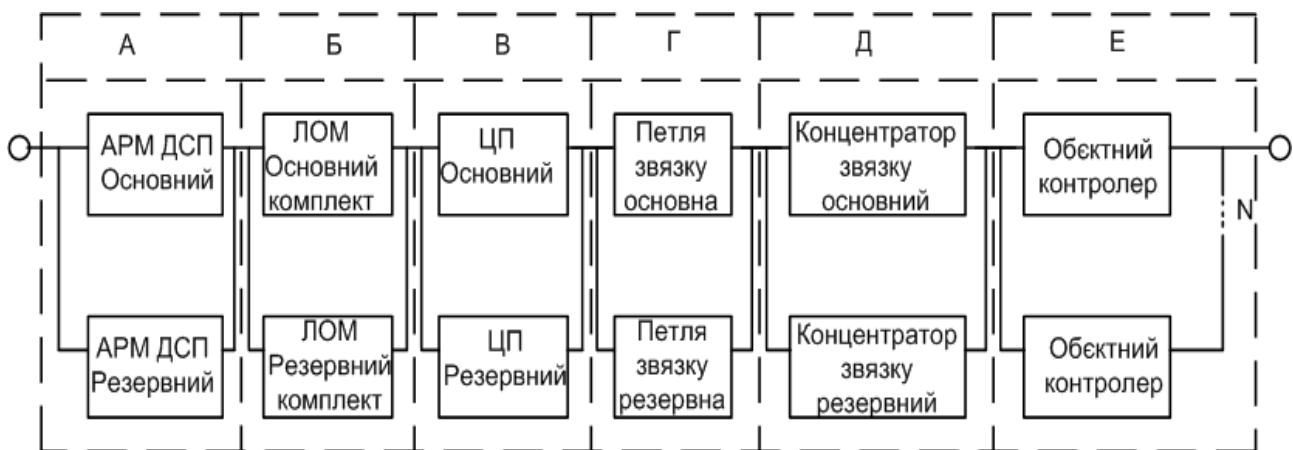


Рисунок 3.1 – Структурна схема дослідження надійності EBILOCK 950

Під літерою „А” (рисунок 3.1) позначено основний та резервний АРМ ДСП. Дані АРМ включають в себе незалежні один від одного монітори, клавіатури та миші. Основний та резервний АРМ ДСП забезпечують надійне та безпечне управління процесами руху поїздів. У разі виникнення несправностей або збою основного обладнання система переходить на резервне. Розглянемо особливості організації основного та резервного АРМ ДСП у цій системі. Основний АРМ ДСП у системі EBILOCK 950 призначений для постійного моніторингу та управління залізничною автоматикою. Основні функції основного АРМ ДСП: моніторинг ситуації на станції, управління сигналами та стрілками, контроль безпеки руху,

взаємодія з іншими системами, реєстрація подій. Моніторинг ситуації на станції здійснює відображення стану сигналів, стрілок, колійних ділянок та інших елементів інфраструктури в реальному часі. Управління сигналами та стрілками дає можливість задавати команди на встановлення маршрутів, переведення стрілок та відкриття або перекриття сигналів. Контроль безпеки руху виконує контроль стану всіх елементів і повідомляє оператора про будь-які нештатні ситуації, що можуть вплинути на безпеку руху поїздів. Взаємодія з іншими системами дає можливість обміну даними з іншими підсистемами, такими як система зв'язку або сусідні станції. Реєстрація подій фіксує всі дії оператора, команди, зміни у стані системи та автоматики для подальшого аналізу.

Резервний АРМ ДСП в системі EBILOCK 950 призначений для забезпечення безперервності управління у випадку виходу з ладу основного АРМ. Основні функції резервного АРМ: повне дублювання функцій основного АРМ, автоматичне або ручне перемикавання, незалежний зв'язок з польовими елементами, синхронізація даних, безперервне тестування. Повне дублювання функцій основного АРМ: резервний АРМ забезпечує ті ж можливості для управління сигналами та стрілками, що й основний. Автоматичне або ручне перемикавання: у разі збою основного АРМ система може автоматично або вручну переключитися на резервний АРМ, зберігаючи при цьому поточний стан керованих об'єктів. Незалежний зв'язок з польовими елементами: резервний АРМ підключений до тих же польових контролерів, що й основний, але через незалежні канали зв'язку. Це підвищує надійність у разі відмови окремих компонентів. Синхронізація даних: основний і резервний АРМ постійно синхронізують дані між собою, щоб резервний АРМ міг негайно прийняти управління в разі необхідності. Безперервне тестування: система регулярно перевіряє справність резервного АРМ, щоб забезпечити його готовність до роботи в будь-який момент.

Використання основного та резервного АРМ ДСП дає можливість: підвищити надійність, зменшити ризики порушення умов безпеки, мінімізація часу реакції. Резервний АРМ забезпечує додатковий рівень надійності, знижуючи ймовірність простою через несправність основного АРМ. У разі аварійної ситуації або

технічного збою в роботі основного АРМ, резервний АРМ дозволяє безперебійно продовжити управління процесом руху. Автоматичне перемикання на резервний АРМ забезпечує мінімальний час реакції на критичні ситуації. Таким чином, в системі EBILOCK 950 основний та резервний АРМ ДСП забезпечують безпечне та безперервне управління рухом поїздів на залізничній станції, а резервний АРМ виступає гарантією безпеки та надійності в разі несправності основного АРМ.

Під літерою „Б” (рисунок 3.1) позначено основну та резервну підсистему локальної обчислюваної мережі між АРМ ДСП та центральним процесором. У системі EBILOCK 950 для забезпечення надійної комунікації між автоматизованими робочими місцями ДСП (АРМ ДСП) і центральним процесором використовується локальна обчислювальна мережа (ЛОМ). Вона складається з основної та резервної підсистем, що функціонують для забезпечення безперервності передачі даних і підвищення надійності системи. Основна підсистема ЛОМ включає: основні мережеві з'єднання, централізований комунікаційний сервер, моніторинг трафіку та стану, високий пріоритет зв'язку. Резервна підсистема ЛОМ забезпечує: незалежні канали зв'язку, автоматичне перемикання, синхронізацію даних, дублювання маршрутизації та комунікації серверів, регулярне тестування та діагностику.

Переваги використання основної та резервної підсистем ЛОМ є: висока надійність зв'язку, захист від технічних збоїв, підвищення безпеки, безперебійна робота системи в аварійних ситуаціях. Таким чином, *основна та резервна підсистеми ЛОМ* у системі EBILOCK 950 створюють надійне, відмовостійке середовище для передачі даних між АРМ ДСП і центральним процесором, що критично важливо для безпеки та ефективності управління залізничним рухом.

Під літерою „В” (рисунок 3.1) позначено підсистему обробки залежностей та логіки, що включає в себе два комплекти центрального процесору. Ці процесори обробляють команди з автоматизованих робочих місць, керують польовими пристроями, такими як стрілки, світлофори, колійні датчики тощо, а також забезпечують постійний моніторинг і контроль безпеки руху.

Основний процесор виконує основну обчислювальну та управлінську роботу системи і є ключовим елементом в управлінні рухом поїздів. Основні функції та характеристики основного процесора включають: обробку команд і контроль руху, виконання логіки безпеки, моніторинг та діагностику, реєстрацію подій, високу продуктивність та надійність. Основний процесор отримує команди від АРМ ДСП, обробляє їх і надсилає відповідні сигнали до польових пристроїв, таких як світлофори та стрілки. Основний процесор виконує складні логічні розрахунки для перевірки безпеки маршрутів і положення рухомих одиниць. Це дозволяє запобігти аваріям на коліях, забезпечуючи безпечне пересування поїздів. Основний процесор постійно відстежує стан усіх підключених пристроїв і елементів інфраструктури, що дозволяє своєчасно виявляти та сигналізувати про несправності. Основний процесор розроблений з урахуванням високих вимог до продуктивності та стабільності роботи, що необхідно для оперативного управління рухом на великих залізничних вузлах.

Резервний процесор є дублюючим компонентом і забезпечує додаткову надійність і відмовостійкість. Він вступає в роботу, коли основний процесор виявляє збої або несправності.

Основний і резервний процесори працюють у тісній взаємодії, постійно синхронізуючи свої дані. Це забезпечує готовність резервного процесора до негайного прийняття керування в разі збою. Дана синхронізація дозволяє не тільки зберігати актуальність даних, але й уникати виникнення суперечливих ситуацій при перемиканні між процесорами. Отже, у системі EBILOCK 950 використання основного та резервного процесорів є важливим елементом, який забезпечує безпеку, надійність і безперебійність роботи системи, що критично важливо для управління рухом на залізниці.

Під літерою „Г” (рисунок 3.1) позначено підсистему основну та резервну лінію зв'язку між основним та резервним центральними процесорами та концентраторами зв'язку. Лінія зв'язку може бути виконана як у вигляді оптоволоконного кабелю так і мідного.

Основна петля зв'язку є головним каналом передачі даних у системі EBILOCK 950. Вона відповідає за обмін інформацією між центральним блоком управління та периферійними пристроями. Ця петля виконує передачу команд на виконавчі пристрої та зчитує інформацію про стан об'єктів (зайнятість колій, положення стрілок, сигнали тощо). Основна петля зв'язку має такі характеристики: висока пропускна здатність, реалізація у вигляді оптоволоконного каналу або через інші канали зв'язку з високою швидкістю обміну, підтримка протоколу передачі з високим рівнем захищеності.

Резервна петля зв'язку забезпечує додатковий (резервний) канал передачі даних, який активується у випадку виходу з ладу основної петлі. Вона працює в режимі очікування (standby), і за необхідності автоматично підключається замість основної петлі, що підвищує надійність системи. Характеристики резервної петлі зв'язку: паралельне функціонування з основною петлею, відсутність втрати даних при переході з одного каналу на інший, може бути реалізована за допомогою інших каналів зв'язку (наприклад радіоканал).

Використання основної та резервної петель зв'язку в системі EBILOCK 950 забезпечує надійність та безперервність роботи системи, оскільки резервна петля автоматично підтримує зв'язок у разі відмови основної. Це рішення підвищує безпеку, знижує ризик аварій та забезпечує стабільний контроль над усіма критичними елементами залізничної інфраструктури. Завдяки миттєвому перемиканню на резервний канал несправності можна оперативно усувати без зупинки роботи системи.

У системі EBILOCK 950 основний і резервний концентратори зв'язку (на рисунку 3.1 позначено літерою „Д’) відіграють важливу роль у забезпеченні надійного зв'язку між центральним блоком керування та польовими пристроями. Концентратори виконують передачу команд на об'єкти залізничної інфраструктури (сигнали, стрілки, датчики) та отримують зворотну інформацію про їхній стан, що забезпечує контроль і керування рухом.

Основний концентратор зв'язку, оснащений платами COM3 та ОСТ, є основним каналом для передачі даних. Плата COM3 виконує функцію зв'язку та

передачі даних, підтримуючи високошвидкісний та захищений обмін інформацією. Плата ОСТ (обробка сигналів та телеметрії) контролює стан польових елементів та надає інформацію про їхнє поточне положення і справність. Взаємодія цих плат забезпечує стабільну і точну роботу системи за допомогою основного каналу.

Резервний концентратор зв'язку дублює функції основного концентратора і також містить плати СОМЗ та ОСТ. У разі збоїв або відмови основного концентратора резервний автоматично активується, зберігаючи безперервність зв'язку та передачі команд. Це забезпечує високу надійність і стійкість системи до відмов, адже дані продовжують передаватися без переривань, а всі критичні функції зберігаються. Завдяки такій структурі з використанням основного і резервного концентраторів система EBILOCK 950 досягає максимальної безпеки та стабільності в управлінні залізничним рухом.

У системі EBILOCK 950 об'єктні контролери (на рисунку 3.1 позначено літерою „Е’) є ключовими елементами, що забезпечують керування польовими пристроями на залізничній інфраструктурі, такими як сигнали, стрілки та інші виконавчі механізми. На відміну від інших пристроїв що показано на рисунку 3.1 об'єктні контролери не дублюються а логічно з'єднані послідовно. Контролери отримують команди від центрального блоку і передають їх на польові пристрої, а також зчитують зворотну інформацію про стан цих пристроїв, гарантуючи безперебійний зв'язок між об'єктами залізниці та системою управління. Основними компонентами об'єктних контролерів є плати ССМ, МОТ1, LMP та SRC, які відповідають за різні функції контролю та обробки даних.

Плата ССМ (Central Control Module) є центральним модулем управління, що виконує основні логічні та комунікаційні функції в об'єктному контролері. Вона обробляє отримані від центрального блоку команди, координує їхню передачу на відповідні польові пристрої та отримує дані про стан об'єктів. ССМ є ядром контролера, забезпечуючи синхронізацію всіх компонентів і безпечне виконання команд.

Плата MOT1 використовується для управління стрілками. Вона забезпечує точну передачу команд на механізм переведення стрілок і контролює їхнє поточне положення. Завдяки MOT1 об'єктний контролер отримує інформацію про те, чи правильно відпрацьована команда на переведення стрілки, що критично для безпеки руху.

Плата LMP (Lamp Module) відповідає за управління лампами сигналів. Вона подає команди на включення чи вимкнення сигналів, контролює стан освітлення та надає зворотну інформацію про коректну роботу ламп. Ця плата відіграє важливу роль у забезпеченні візуальних сигналів для машиністів, що впливає на безпеку залізничного руху.

Плата SRC (Signal Relay Control) призначена для управління релейними ланцюгами сигналізації, координуючи роботу електричних реле, що керують різними пристроями на станціях і ділянках колій. SRC забезпечує безпечну передачу команд і контроль їх виконання через релейні елементи, що дозволяє системі контролювати стан об'єктів з високою точністю та надійністю.

Ці плати працюють у тісній взаємодії, забезпечуючи комплексний контроль над польовими пристроями та реалізуючи надійне керування і моніторинг усіх критично важливих елементів залізничної інфраструктури в системі EBILOCK 950.

3.2 Висновок за розділом

Резервування ключових компонентів системи EBILOCK 950 – таких як автоматизовані робочі місця АРМ ДСП, локальна обчислювальна мережа (ЛОМ), процесори, петлі зв'язку та концентратори зв'язку – суттєво підвищує рівень безпеки та надійності керування залізничним рухом. Кожен із цих компонентів відіграє критичну роль у забезпеченні безперебійної роботи, оперативної передачі команд та моніторингу стану об'єктів.

Резервування автоматизованих робочих місць ДСП забезпечує постійний контроль над залізничними операціями, навіть у разі відмови одного з терміналів, дозволяючи черговому персоналу продовжувати керування рухом без збоїв.

Локальна обчислювальна мережа, побудована з резервуванням, дозволяє зберігати швидкість і точність обміну даними між усіма компонентами системи. Дублювання процесорів запобігає можливим зупинкам системи у випадку апаратних збоїв, забезпечуючи безперервне оброблення інформації та виконання команд.

Наявність основних і резервних петель та концентраторів зв'язку дозволяє системі зберігати працездатність навіть у випадку збоїв каналів передачі даних, що забезпечує своєчасну обробку команд на польових пристроях та швидке відновлення роботи у випадку відмови. Усе це гарантує не лише безпеку руху поїздів, а й загальну безвідмовність системи EBILOCK 950, що є критично важливим для стабільного функціонування залізничного транспорту та зниження ризиків виникнення аварійних ситуацій.

4. ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПОСТОВИХ ПРИСТРОЇВ

4.1 Дослідження надійності постових пристроїв без врахування технічного обслуговування

Аналіз надійності системи EBILOCK 950 без урахування технічного обслуговування дозволяє оцінити здатність системи функціонувати у випадку коли випадкові фактори які впливають на систему не враховуються або їх дія прийнята мінімальною. Такий підхід фокусується на природній міцності системи та її можливостях витримувати навантаження і вплив несподіваних чинників. Зокрема, в даному дослідженні робиться кілька важливих припущень, які дозволяють розглядати показники надійності EBILOCK 950 у більш структурованому вигляді.

У даному дослідженні розглядаються лише раптові відмови компонентів системи, тобто випадок коли робота елементів до відмови описується експоненційним законом розподілу. Це означає, що під час експлуатації ймовірність відмови для кожного елемента залишається постійною. Під елементами системи в даному випадку розуміються такі компоненти, які піддаються тільки раптовим відмовам і працюють із постійною інтенсивністю відмов. Дана особливість важлива для аналізу, оскільки дозволяє уникнути складних розрахунків, пов'язаних із процесами старіння, та зосередитись на виявленні раптових збоїв.

Передбачається, що час, необхідний для відновлення пошкоджених елементів, набагато менший за час їх нормальної роботи до відмови. Це означає, що система швидко відновлюється після збою, не втрачаючи основної працездатності. Однак у цьому дослідженні технічне обслуговування виключено з аналізу, тому вважається, що компоненти працюють без перерви на обслуговування до моменту відмови. Відповідно, відсутність обслуговування може призвести до накопичення дрібних несправностей, які зрештою можуть вплинути на загальну ефективність системи.

Припускається, що всі відмови компонентів системи є незалежними один від одного. Це означає, що відмова одного елемента не впливає на інші елементи системи, і ймовірність одночасного виходу з ладу двох чи більше елементів є практично нульовою. Таке припущення дозволяє розглядати відмови як окремі випадки, що спрощує моделювання та підвищує точність аналізу. Незалежність відмов є важливою передумовою для автоматизованих систем, таких як EBILOCK 950, адже вона забезпечує стійкість системи навіть при виході з ладу окремих компонентів.

У разі відмови основного елемента система миттєво переключається на резервну підсистему, що забезпечує безперервність роботи EBILOCK 950. Практично миттєве перемикання на резерв є критичним аспектом надійності, оскільки дозволяє уникнути затримок у роботі системи та мінімізує ризик збоїв в управлінні залізничним рухом.

Розглядаючи надійність EBILOCK 950 без врахування обслуговування, можна зробити висновок, що система має високу стійкість до раптових відмов і здатна забезпечити безперервну роботу за рахунок резервних компонентів. Однак, в умовах повного виключення обслуговування система може поступово накопичувати приховані дефекти або дрібні несправності, що у тривалій перспективі може призвести до зниження ефективності та ризику повного виходу з ладу. Тому, незважаючи на високу надійність без урахування обслуговування, для тривалої експлуатації рекомендовано регулярне технічне обслуговування для забезпечення оптимальної роботи.

Показник надійності в системі без врахування технічного обслуговування визначається за формулою:

$$\lambda_{\text{ц}} = \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad , \quad (4.1)$$

де λ_i - інтенсивність відмов i -го елемента.

Напрацювання до відмови кола з послідовним з'єднанням елементів має наступний вид:

$$T_{\text{ц}} = \frac{1}{\lambda_{\text{ц}}} \quad (4.2)$$

Напрацювання до відмови системи з резервуванням:

$$T_{\text{пс}} = \frac{1,5}{\lambda_{\text{ц}}} \quad (4.3)$$

Інтенсивність відмов резервованої підсистеми без врахування технічного обслуговування приведено в формулі:

$$\lambda(t)_{\text{пс}} = \frac{2 \cdot \lambda_{\text{ц}} \cdot (1 - e^{-\lambda_{\text{ц}} \cdot t})}{2 - e^{-\lambda_{\text{ц}} \cdot t}} \quad (4.4)$$

Результати розрахунків перелічених показників надійності підсистем МПЦ представлені в таблиці 4.1. Як видно з таблиці 4.1, найбільшою є інтенсивність відмов в підсистемі „А”, а найменшою в підсистемі „Б”.

Найбільше напрацювання до відмови у випадку послідовного з’єднання елементів буде в підсистемі „Г”, а найменше в підсистемі „А”. Найбільше напрацювання до відмови у випадку резервування елементів буде в підсистемі „Г”, а найменше в підсистемі „А”. Таким чином згідно таблиці 4.1 можна прийти до висновку що використання дублювання основних елементів підсистеми збільшує час її безвідмовної роботи, в даному випадку резервні компоненти підсистеми знаходяться в „гарячому” стані тобто включаються в роботу відразу після виходу основного елементу підсистеми і володіють тою ж інформацією що й основний компонент.

Результати розрахунків показано в виді залежності інтенсивності відмов систем що резервуються від часу експлуатації (рисунки 4.1-4.5), на даних рисунках синім кольором показано інтенсивність відмов кола елементи якого

з'єднані послідовно, червоним – інтенсивність відмов резервованих підсистем, помаранчевим- середнє результуюче значення інтенсивності відмов.

Якщо детально розглянути графіки інтенсивності відмов для підсистем „А”- „Д” можливо прийти до висновку що інтенсивність відмови резервованих систем (на рисунках 4.1-4.5 показано червоним) змінюється за експоненціальним законом що в свою чергу дає можливість підвищити надійність системи шляхом впровадження технічного обслуговування.

Таблиця 4.1 – Показники надійності систем МПЦ без врахування технічного обслуговування

Ціль	Підсистема	Інтенсивність відмов $\lambda_{ц}$ ($1 \cdot 10^{-6}$ год)	Напрацювання до відмови $T_{ц}$ (років)	Напрацювання до відмови підсистеми $T_{пс}$ (років)
Системний блок АРМ, дисплей, клавіатура, миша	Органи управління та контролю	72,5	1,6	2,4
Комутатор (мідь) та кабель вита пара	Локальна обчислювальна мережа між АРМ ДСП та центральним процесором	3,03	37	56
ЦП (центральний процесор)	Обробка взаємозалежностей і логіка	26,55	4,3	6,4
Комутатор, оптоволокло і кабелі зв'язку з мідними жилами	Оптоволоконні і кабельні лінії зв'язку між центральними процесорами і концентраторами інформації	5,28	21,6	32,4
Інтерфейсні плати СОМ 3, ОСТ і кабелі зв'язку.	Інформаційні концентратори	5,53	20,6	30,9

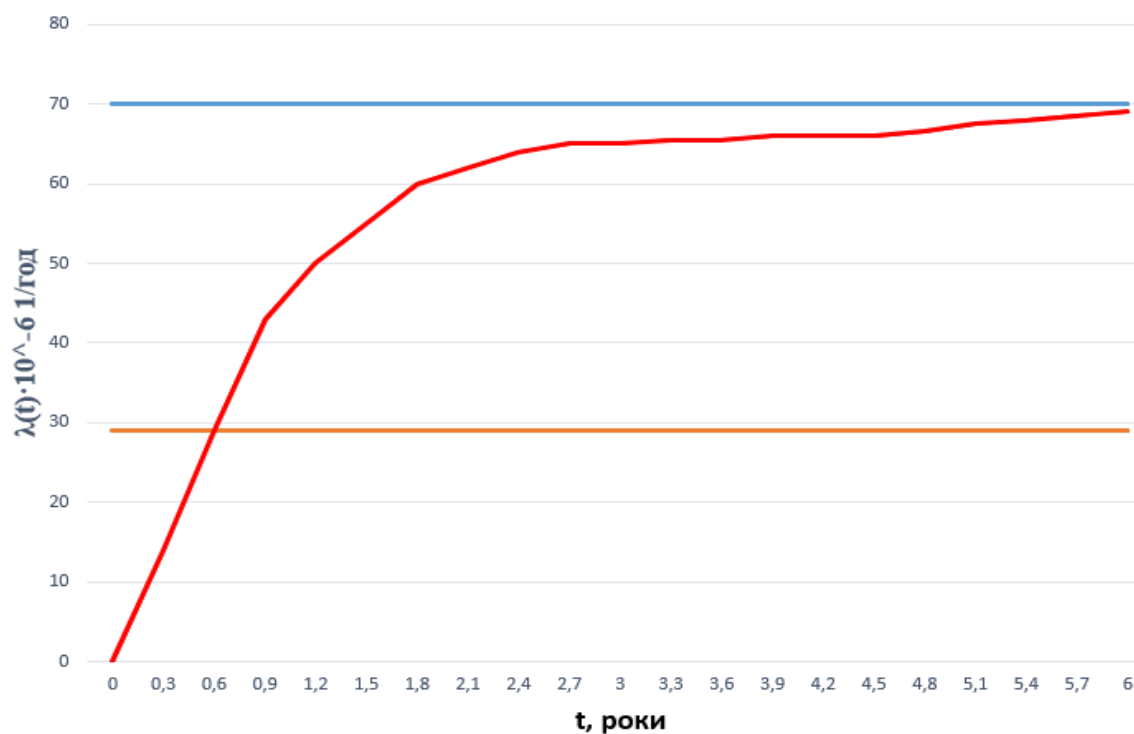


Рисунок 4.1 – Залежність інтенсивності відмов підсистеми „А” від часу експлуатації

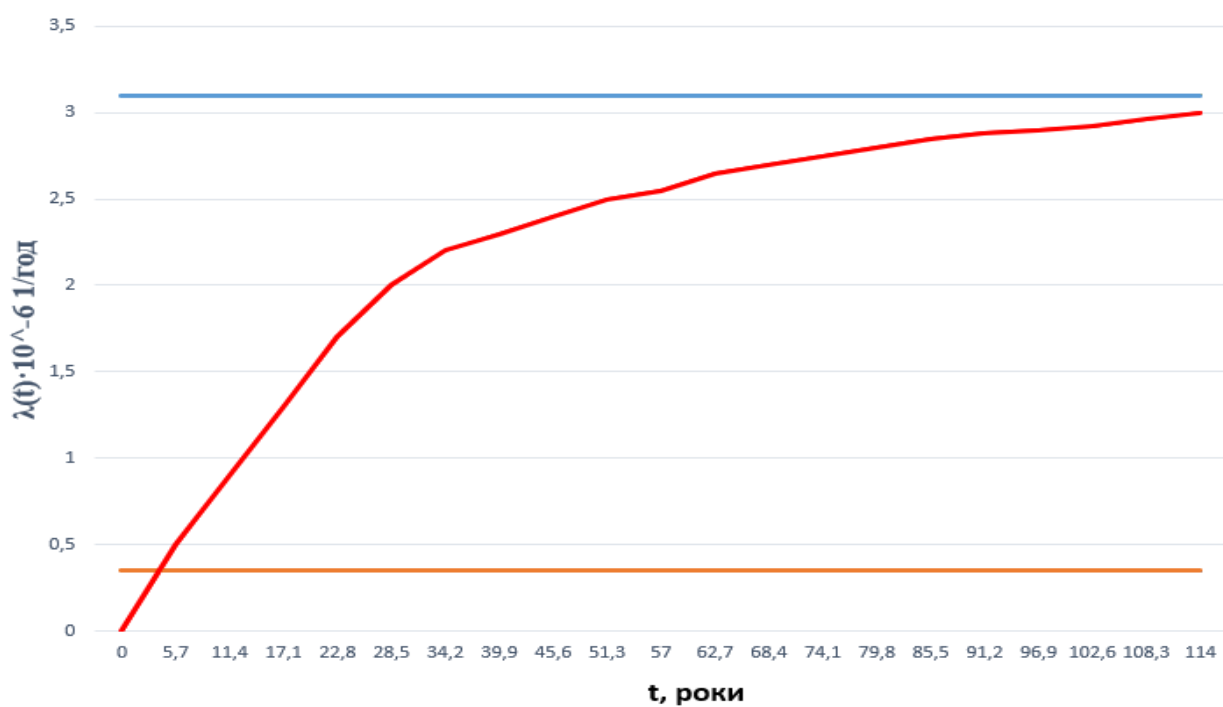


Рисунок 4.2– Залежність інтенсивності відмов підсистеми „Б” від часу експлуатації

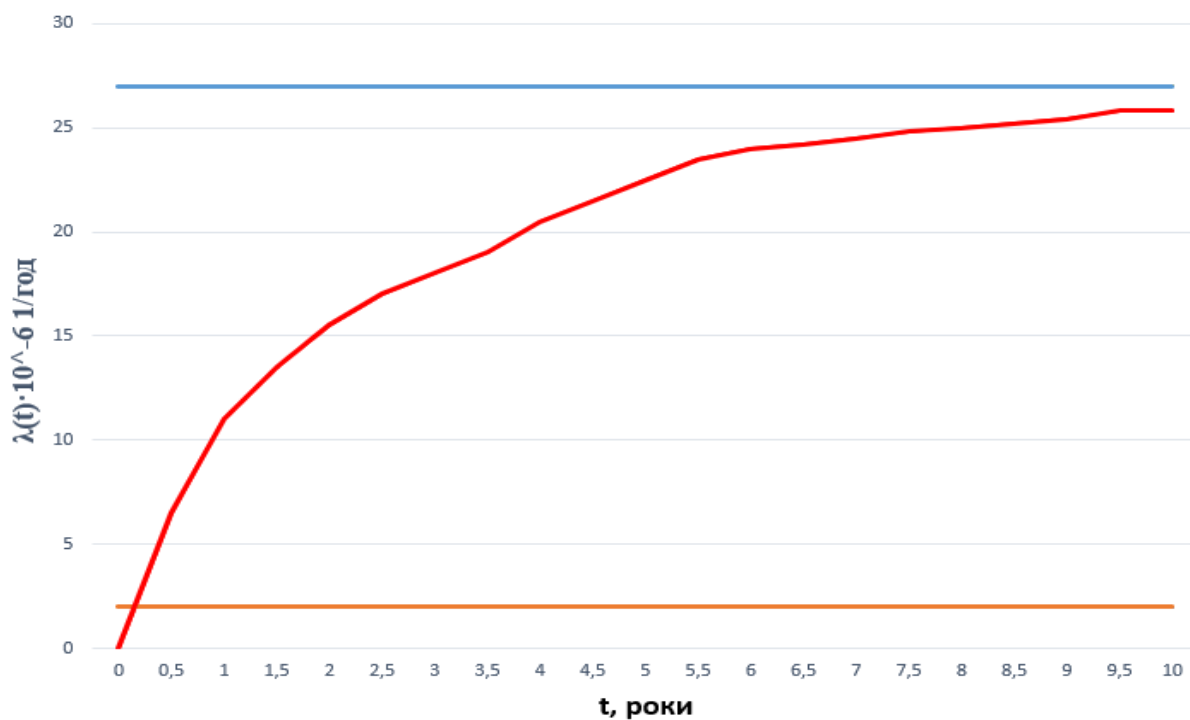


Рисунок 4.3– Залежність інтенсивності відмов підсистеми „В” від часу експлуатації

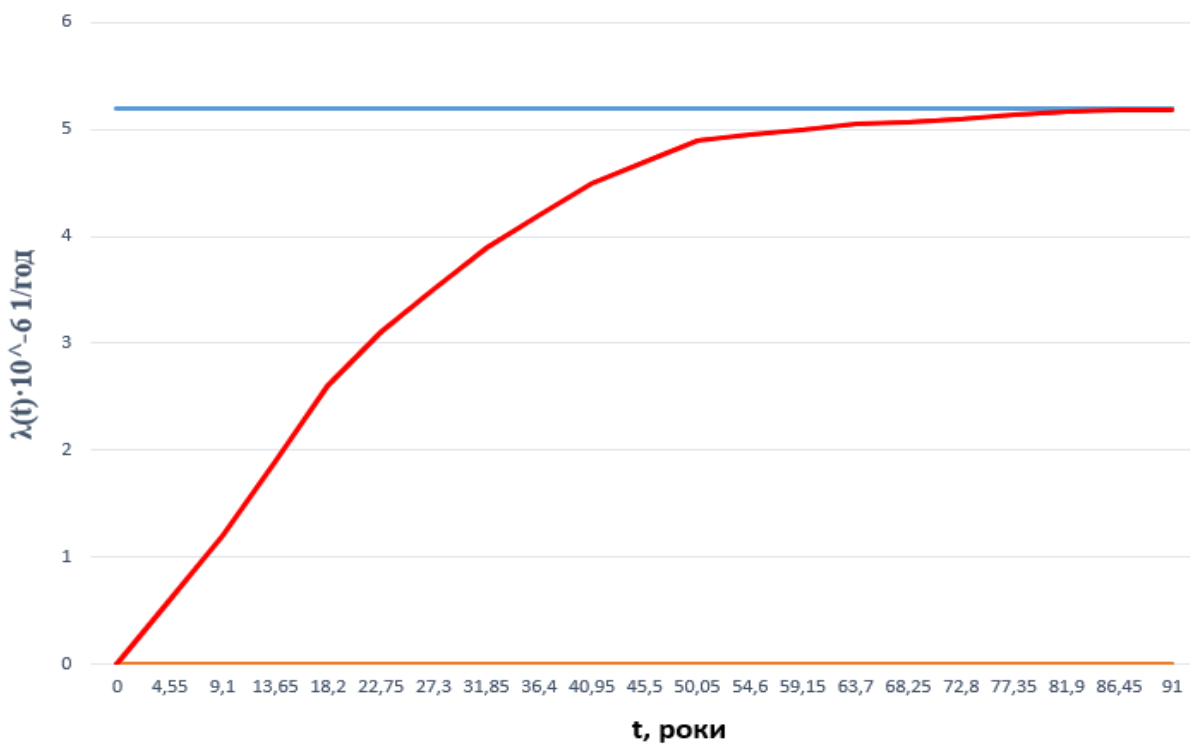


Рисунок 4.4– Залежність інтенсивності відмов підсистеми „Г” від часу експлуатації

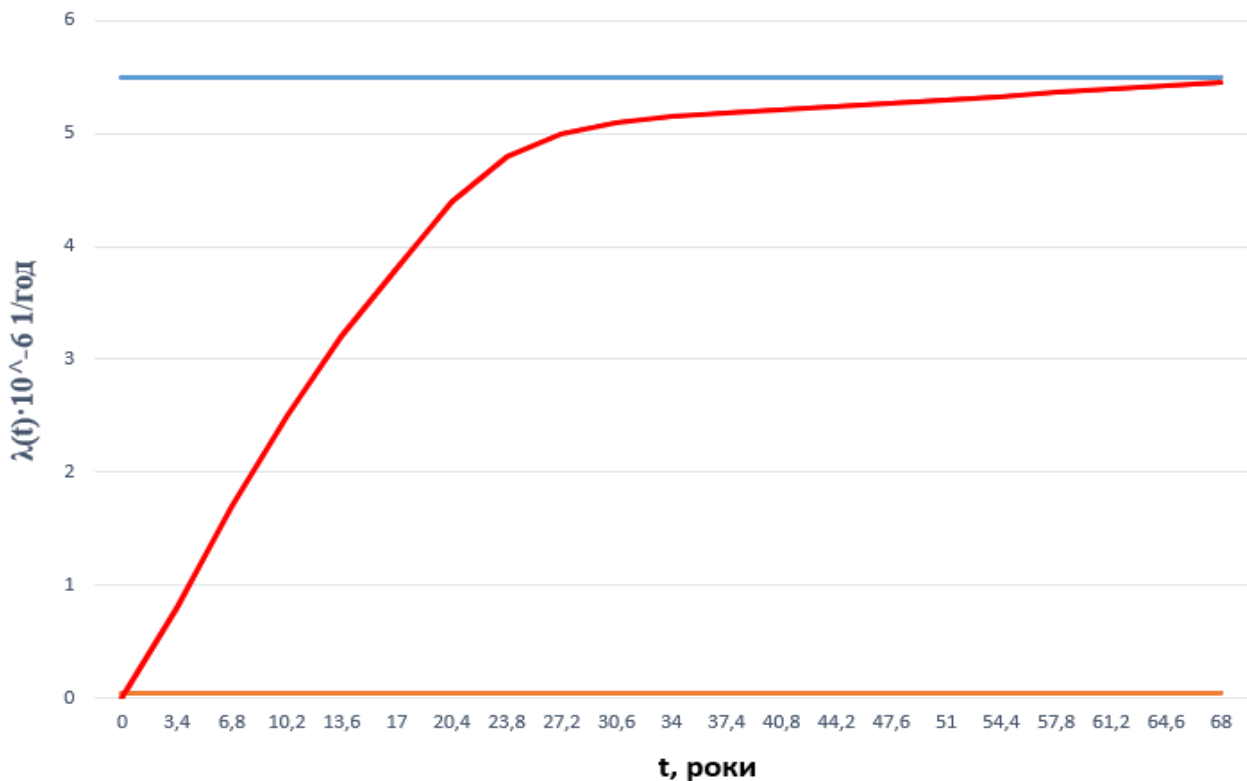


Рисунок 4.5— Залежність інтенсивності відмов підсистеми „Д” від часу експлуатації

4.2 Технологія обслуговування підсистем EBILOCK 950

Пристрої СЦБ (сигналізації, централізації та блокування) відіграють ключову роль у забезпеченні безпеки та безперервності руху на залізничному транспорті. Для підтримки їхньої надійної роботи необхідне регулярне та кваліфіковане обслуговування згідно з встановленими технологічними картами. Ці карти є регламентованими документами, які містять чіткі інструкції, норми та періодичність обслуговування для кожного елемента системи СЦБ.

Основні причини важливості обслуговування за технологічними картами: підтримка надійності елементів та безпека руху, зниження витрат на ремонт, дотримання стандартів і нормативів, оптимізація роботи обслуговуючого персоналу, забезпечення безперервності роботи залізничної інфраструктури.

Регулярне обслуговування дозволяє своєчасно виявляти та усувати потенційні несправності у пристроях СЦБ, зменшуючи ризик раптових відмов. Технологічні карти визначають конкретні процедури, завдяки яким обслуговуючий персонал

може забезпечити безперебійну роботу обладнання, що особливо важливо для гарантії безпеки пасажирів і вантажів. Своєчасне обслуговування згідно з технологічними картами дозволяє мінімізувати витрати на капітальний ремонт та заміну обладнання, оскільки виявлення та усунення дрібних несправностей на ранніх етапах запобігає розвитку серйозніших проблем. Це також продовжує термін експлуатації обладнання, знижуючи загальні витрати на його утримання. Технологічні карти обслуговування пристроїв СЦБ розроблені на основі вимог безпеки та технічних стандартів, що відповідають законодавчим нормам. Виконання робіт згідно з картами гарантує, що обслуговування проводиться у відповідності до галузевих стандартів, що мінімізує ризик відхилень та забезпечує надійну експлуатацію обладнання.

Технологічні карти чітко визначають послідовність дій, необхідних для обслуговування конкретних елементів СЦБ, що дозволяє обслуговуючому персоналу виконувати роботи з максимальною ефективністю. Завдяки картам знижується ймовірність помилок у процесі обслуговування, а також полегшується планування та контроль виконання робіт. Оскільки системи СЦБ є критично важливими для управління рухом, їх стабільне функціонування є основою для безперебійної роботи залізничної інфраструктури. Виконання обслуговування згідно з технологічними картами дозволяє уникнути простоїв і збоїв у роботі обладнання, що сприяє безперервному і безпечному руху.

Обслуговування пристроїв СЦБ згідно з технологічними картами є ключовим елементом у забезпеченні стабільності, безпеки та ефективності роботи залізничного транспорту. Технологічні карти дозволяють проводити обслуговування з дотриманням всіх технічних вимог, що знижує ризик аварійних ситуацій і сприяє продовженню терміну служби обладнання.

Опишемо більш детально технічне обслуговування підсистеми „А”, згідно технологічних карт дана робота виконується відразу на квартал до 1 раз в рік в залежності від технологічної карти та включає в себе: обслуговування системного блоку АРМ, обслуговування дисплея, обслуговування клавіатури, Обслуговування миші, перевірку переходу з основного АРМ на резервний.

Системний блок є основним обчислювальним модулем АРМ чергового, який забезпечує виконання програмного забезпечення EBILOCK 950. Згідно з технологічними картами, обслуговування системного блоку передбачає такі дії: очищення від пилу, перевірку системи охолодження, огляд кабельних з'єднань. Пил може накопичуватися всередині корпусу системного блоку, що може спричинити перегрів і зниження продуктивності. Регулярне очищення внутрішніх компонентів (вентиляторів, радіаторів, материнської плати, блоку живлення) дозволяє підтримувати оптимальний тепловий режим. Періодичний огляд і чистка кулерів, а також заміна термопасти на процесорі за потреби допомагає уникнути перегріву і збоїв у роботі АРМ. Перевірка всіх кабелів і з'єднань забезпечує надійний контакт. Ослаблені чи пошкоджені з'єднання можуть призвести до збоїв або відмови системи.

Дисплей є важливим елементом АРМ, оскільки він забезпечує візуальний контроль за станом пристроїв СЦБ. Згідно з технологічними картами, обслуговування дисплея включає: очищення екрану, перевірка підсвітки та яскравості. Регулярне видалення пилу та плям з поверхні екрана спеціальними засобами для догляду за моніторами, що забезпечує чіткість зображення та знижує навантаження на зір оператора. Виконання оцінки якості зображення, налаштування яскравості та контрасту для комфортної роботи чергового. У разі появи мерехтіння чи інших дефектів може знадобитися заміна дисплея.

Клавіатура є основним засобом введення команд і управління системою EBILOCK 950. Для підтримки її надійності та зручності використання передбачене регулярне обслуговування: чистка клавіатури, перевірка функціональності клавіш. Виконується видалення пилу та сміття між клавішами, що може спричинити залипання або несправності. Зазвичай для цього використовують спеціальні щітки та стиснене повітря. Виконується перевірка роботи всіх клавіш для запобігання їх поломок. Несправні клавіші можуть вплинути на швидкість реагування чергового у випадку екстрених ситуацій.

Миша є важливим елементом АРМ для управління елементами інтерфейсу системи. Для забезпечення її безперебійної роботи технологічні карти

обслуговування передбачають такі процедури: очищення сенсора та поверхні миші, перевірка роботи кнопок і коліщатка прокрутки. Сенсор миші повинен бути чистим, щоб уникнути проблем із точністю курсору. Крім того, слід періодично очищати кнопки від пилу та бруду. Упевненість у тому, що всі кнопки та коліщатко працюють коректно, забезпечує зручність і швидкість у роботі чергового.

Перехід з основного автоматизованого робочого місця (АРМ) чергового по станції на резервне є важливою операцією для забезпечення безперервності та надійності роботи системи управління рухом поїздів у системі EBILOCK 950. Цей процес виконується у разі несправності основного АРМ, технічного обслуговування, модернізації або інших причин, коли виникає потреба тимчасово перенести управління на резервний АРМ. Технологічна карта переходу на резервний АРМ містить детальні інструкції, що дозволяють здійснити процес швидко, безпечно та без ризику збоїв. У ній передбачено послідовність дій, вимоги до обладнання та заходи контролю.

У системі EBILOCK 950 локальна обчислювальна мережа (позначена як підсистема „Б” на рисунку 3.1), яка з’єднує автоматизоване робоче місце (АРМ) чергового по станції з центральним процесором, забезпечує надійну передачу команд і даних для управління залізничною інфраструктурою. Технологія обслуговування цієї мережі має вирішальне значення для стабільної та безперебійної роботи системи, адже збій у комунікації може призвести до порушень у роботі залізничної сигналізації, централізації та блокування. Процес обслуговування локальної обчислювальної мережі включає кілька основних процедур, спрямованих на підтримку її працездатності.

Перш за все, виконується регулярний моніторинг стану мережевих підключень та каналів передачі даних. Це здійснюється як за допомогою програмного забезпечення, що перевіряє швидкість передачі даних, затримки та пакети помилок, так і шляхом періодичної перевірки фізичних компонентів — кабелів, конекторів, маршрутизаторів і комутаторів, що забезпечують зв'язок між АРМ та центральним процесором. У разі виявлення зниження продуктивності або

порушень у роботі мережі, технічний персонал проводить діагностику для виявлення причин несправностей.

Особлива увага приділяється перевірці стану кабельних з'єднань і комунікаційного обладнання, яке схильне до зносу або пошкоджень через вплив навколишнього середовища чи фізичне зношування. Технічні фахівці регулярно оглядають і, за потреби, замінюють або ремонтують зношені кабелі, роз'єми та інші компоненти, що можуть призвести до втрати сигналу або перешкод у передачі даних.

Крім того, мережа обслуговується через оновлення програмного забезпечення мережевого обладнання та контролерів для забезпечення сумісності та безпеки системи. Своєчасні оновлення зменшують ризики вразливостей і гарантують, що мережа функціонує у відповідності до актуальних вимог безпеки та продуктивності. Технічний персонал також періодично перевіряє налаштування мережевих пристроїв, таких як IP-адреси, параметри маршрутизації і протоколи передачі даних, щоб уникнути конфліктів і забезпечити безперебійний потік інформації між АРМ і центральним процесором.

Для забезпечення стабільної роботи мережі, фахівці проводять тестування мережевих шляхів та симуляцію навантаження, щоб переконатися у стабільності передачі даних навіть при інтенсивному використанні системи. Таке тестування дозволяє виявити можливі вузькі місця та проблеми з пропускну здатністю мережі, особливо під час пікових навантажень. У разі виявлення проблем або відхилень від норми, вносяться коригування в конфігурацію мережі для оптимізації її роботи.

Завдяки застосуванню цих процедур та інструментів, технічний персонал забезпечує надійну роботу локальної обчислювальної мережі в системі EBILOCK 950, що є критично важливим для ефективного управління сигналізацією та контролю над рухом на залізниці.

Центральний процесор у системі EBILOCK 950 (позначено як підсистема „В” на рисунку 3.1) є основним елементом, що забезпечує координацію та управління всіма компонентами системи сигналізації, централізації та блокування на

залізниці. Технологія його обслуговування орієнтована на підтримку стабільності, надійності та безперебійної роботи процесора, що критично важливо для гарантії безпеки руху.

Обслуговування центрального процесора включає регулярну перевірку його працездатності, чистку внутрішніх компонентів та моніторинг температурного режиму. Для запобігання перегріву процесора важливо регулярно очищати систему охолодження: вентилятори та радіатори від пилу, що може знижувати ефективність охолодження. Технічний персонал також контролює стан термопасти на процесорі й за потреби здійснює її заміну для забезпечення стабільної роботи процесора навіть під високим навантаженням.

Одним із ключових аспектів обслуговування є моніторинг роботи центрального процесора у режимі реального часу. З цією метою застосовуються діагностичні програми, які оцінюють навантаження на процесор, його температуру, а також наявність помилок у виконанні команд та затримок у передачі даних. Завдяки таким системам моніторингу вдається вчасно виявляти потенційні збої та відхилення у роботі, що дозволяє мінімізувати ризики аварійних ситуацій.

Оновлення програмного забезпечення є ще одним важливим елементом обслуговування центрального процесора. Своєчасне встановлення оновлень дозволяє підвищити безпеку та продуктивність системи, виправляючи можливі помилки та усуваючи вразливості в ПЗ. Критично важливо також забезпечувати відповідність версій програмного забезпечення на центральному процесорі і підключених до нього АРМ для гарантії їх сумісної роботи. Для уникнення простоїв та ризиків збоїв під час оновлень застосовується попереднє тестування нових версій програмного забезпечення у контрольованих умовах.

Періодично проводиться перевірка цілісності та надійності всіх кабельних і електричних з'єднань центрального процесора. Контроль за стабільністю живлення забезпечується перевіркою джерел безперебійного живлення, які є важливим елементом для забезпечення безперервної роботи системи під час можливих перебоїв у мережі електроживлення.

Регулярні резервні копії системи і важливих даних також є частиною технології обслуговування центрального процесора. Резервування дозволяє відновити роботу системи у випадку програмного або апаратного збою, забезпечуючи збереження інформації про стан залізничних об'єктів, графіки руху та інші критично важливі дані.

Ці кроки в обслуговуванні центрального процесора у системі EBILOCK 950 забезпечують безперервність та безпеку роботи всієї системи управління рухом поїздів, мінімізують ризики збоїв і підвищують загальну надійність системи.

Обслуговування петлі зв'язку між основним і резервним центральними процесорами та концентраторами зв'язку в системі EBILOCK 950 (позначено як підсистема „Г” на рисунку 3.1) забезпечує стабільну й надійну передачу команд і даних, необхідних для управління залізничною інфраструктурою. Ця мережа підтримує безперебійне функціонування системи, адже дає змогу миттєво переключатися на резервний процесор у разі відмови основного, мінімізуючи ризик збоїв і забезпечуючи безпеку руху.

Петля зв'язку підлягає регулярному технічному обслуговуванню, що включає діагностику каналів передачі даних, фізичну перевірку з'єднань і перевірку апаратного стану мережевого обладнання. Для цього використовуються спеціальні інструменти для діагностики, які дозволяють виявити зниження пропускної здатності, затримки або втрати даних, що може сигналізувати про потенційні несправності. Одним із головних аспектів обслуговування є контроль параметрів зв'язку та швидкості передачі, які мають відповідати встановленим стандартам, аби підтримувати стабільність роботи між процесорами та концентраторами.

Періодично здійснюється огляд і тестування кабельних систем і роз'ємів, що забезпечують фізичне з'єднання між основним і резервним центральними процесорами та концентраторами. Це важливо для запобігання пошкодженням кабелів, зносу контактів чи корозії з'єднань, що може негативно вплинути на якість сигналу. Крім того, регулярне очищення обладнання від пилу й забруднень є обов'язковим для уникнення перегріву, який може спричинити збої у зв'язку.

Особлива увага приділяється перевірці електромагнітної сумісності в петлі зв'язку, щоб уникнути впливу зовнішніх електромагнітних перешкод на стабільність сигналу. При потребі використовуються екрани та фільтри для зниження рівня шуму в мережі.

Оновлення програмного забезпечення, що контролює роботу петлі зв'язку, є ще одним важливим аспектом обслуговування. Це забезпечує сумісність із актуальними версіями центральних процесорів і концентраторами, підвищуючи безпеку мережі та адаптуючи її до нових вимог. Важливо також синхронізувати оновлення програмного забезпечення на основному і резервному процесорах, щоб уникнути несумісності, яка може призвести до затримок або збоїв у роботі системи.

В разі переходу на резервний процесор тестуються і перевіряються параметри зв'язку, а також проводяться регулярні тренувальні переходи для підтримання готовності системи. Це дозволяє технічному персоналу забезпечити оперативне перемикання без збоїв у зв'язку.

Загалом, технологія обслуговування петлі зв'язку в системі EBILOCK 950 включає комплекс заходів, що гарантують постійну готовність системи до надійного й безперебійного функціонування.

Технологія обслуговування концентратору зв'язку (позначено як підсистема „Д” на рисунку 3.1) не відрізняється особливо від обслуговування петлі зв'язку.

Технологія обслуговування об'єктних контролерів, зокрема плат ССМ, МОТ1, LMP та SRC, у системі EBILOCK 950 орієнтована на забезпечення надійного функціонування польових пристроїв, таких як стрілки, світлофори та датчики колійної зайнятості. Ці контролери відіграють важливу роль у передачі команд від центрального блоку до польових пристроїв, тому їх обслуговування має включати як фізичний догляд, так і регулярну перевірку програмного забезпечення для підтримання стабільної роботи.

Обслуговування плат починається з візуального огляду на наявність пошкоджень, перегріву або корозії на роз'ємах, які можуть спричиняти втрату сигналу або нестабільність у роботі. Очищення від пилу й інших забруднень на

платах CCM, MOT1, LMP та SRC є важливим аспектом догляду, оскільки забруднення можуть знижувати тепловідведення, що підвищує ризик перегріву. Важливо також перевіряти справність та герметичність контактів, щоб уникнути корозії та зносу.

Програмне забезпечення контролерів обов'язково оновлюється до актуальних версій, що забезпечує стабільну роботу плат і сумісність із центральним блоком керування та іншими елементами системи EBILOCK 950. Оновлення та налаштування контролерів мають проводитися з дотриманням процедур безпеки для уникнення збоїв у польових пристроях під час робочого процесу.

Стабільність роботи контролерів перевіряється за допомогою діагностичних тестів, що включають вимірювання струмів і напруг, а також перевірку електричних параметрів і надійності зв'язку між платами та центральним блоком. При виявленні відхилень від номінальних значень технічний персонал проводить налаштування або заміну окремих компонентів контролерів.

Особливу увагу приділяють контролю резервних схем для кожної плати, зокрема, перевіряють швидкість перемикання на резервні канали у випадку виходу з ладу основного шляху зв'язку. Перевірка працездатності резервних схем дозволяє мінімізувати ризики збоїв у випадку несподіваних відмов.

Також обов'язковим елементом обслуговування є перевірка швидкості й точності обробки сигналів на платах. Це гарантує, що команди, передані до польових пристроїв, виконуються своєчасно, що важливо для злагодженого функціонування всієї системи.

Завдяки такій комплексній технології обслуговування об'єктні контролери у системі EBILOCK 950 залишаються надійними й ефективними, забезпечуючи безпеку та стабільність роботи залізничної інфраструктури.

4.3 Дослідження надійності постових пристроїв з врахуванням технічного обслуговування

У випадку впровадження обслуговування зарезервованих підсистем в ЕВІЛОСК 950 на протязі певного проміжку часу з використанням заміни несправних компонентів та діагностуванням системи плавні криві інтенсивності відмов матимуть вигляд приведений на рисунку 4.6. З даного рисунку можна зробити висновок що інтенсивність відмов буде змінюватися в залежності від того скільки часу пройшло з моменту технічного обслуговування. Тобто можна дійти до висновку що після обслуговування інтенсивність відмов в підсистемі повертається до початкового значення. При зменшенні інтенсивності обслуговування максимум шпильо-подібних кривих зменшується.

Середнє результуюче значення для інтенсивності відмов можна визначити за формулою:

$$\lambda(t)_{\text{пс}} = \lambda_{\text{ц}} - (\ln(-e^{-\lambda_{\text{ц}} \cdot \tau})/\tau \quad (4.5)$$

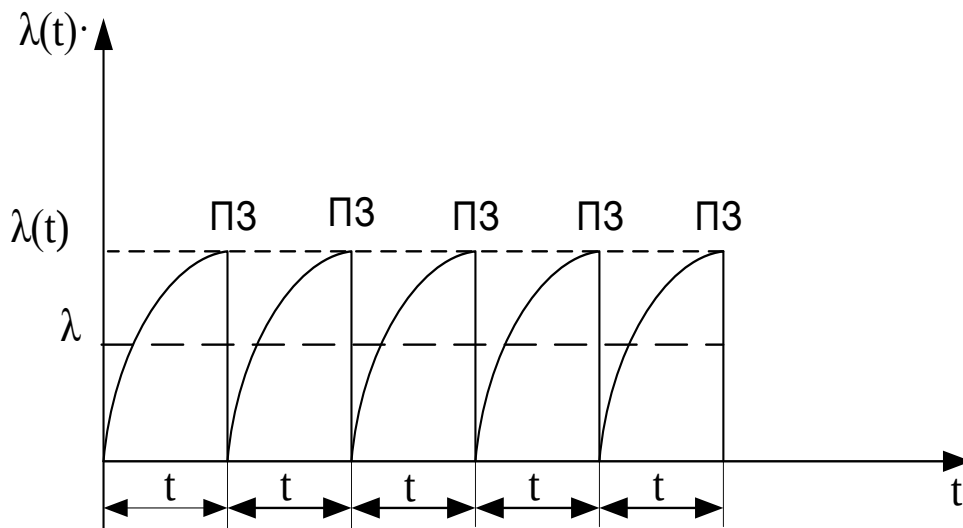


Рисунок 4.6- Зміна інтенсивності відмов в залежності від періодичності обслуговування підсистеми

де t - періодичність технічного обслуговування.

Таким чином згідно (4.4) інтенсивність відмов можна змінювати змінюючи періодичність обслуговування. Результат розрахунку $\lambda(t)_{\text{пс}}$ показано на рисунках 4.1-4.5 помаранчевим кольором а дані приведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 –Середнє результуюче значення інтенсивності відмов при існуючій періодичності обслуговування підсистеми

Коло	Підсистема	Середнє результуюче значення інтенсивності відмов в підсистемі $\lambda_{\text{пс}}(1 \cdot 10^{-6} \text{ год})$	Періодичність тех обслуговування
Системний блок АРМ, дисплей, клавіатура, миша	Органи управління та контролю	28,7	раз в рік
Комутатор (мідь) та кабель вита пара	Локальна обчислювальна мережа між АРМ ДСП та центральним процесором	0,33	раз в рік
ЦП (центральний процесор)	Обробка взаємозалежностей і логіка	0,51	раз в 3 місяці
Комутатор, оптоволокло і кабелі зв'язку з мідними жилами	Оптоволоконні і кабельні лінії зв'язку між центральними процесорами і концентраторами інформації	0,008	Два рази в рік
Інтерфейсні плати СОМ 3, ОСТ і кабелі зв'язку.	Інформаційні концентратори	0,04	Один раз в місяць.

Середнє результуюче значення інтенсивності відмов постових пристроїв ЕВІЛОСК 950 визначається як арифметична сума значень $\lambda(t)_{\text{пс}}$ які показано в таблиці 4.2 та становить $29,59 \cdot 10^{-6} / \text{ч}$. Згідно даної таблиці найбільшу інтенсивність відмов має підсистема „А”, відповідно для підвищення роботи

даної системи потрібно частіше проводити ТО чи замінити ненадійні елементи системи на більш надійні. Також якщо наприклад збільшити періодичність

Обслуговування підсистеми „А” з разу на рік до разу на квартал інтенсивність відмов може бути знижена на 67%.

4.4 Висновок за розділом

Результати досліджень показали, що для забезпечення високого рівня надійності роботи постових пристроїв МПЦ ЕВІЛОСК 950 доцільно використовувати комплексний підхід, що включає як резервування, так і технічне обслуговування. Поєднання цих двох методів дозволяє досягти значно кращих показників безвідмовної роботи, ніж використання кожного з них окремо. Резервування забезпечує можливість виконання технічного обслуговування без відключення пристроїв, що не лише спрощує експлуатацію, але й суттєво знижує ризик раптових відмов та сприяє підтриманню стабільності функціонування системи в цілому.

Крім того, варіативність у періодичності та змісті технічного обслуговування дозволяє більш гнучко підходити до контролю за працездатністю системи. Це означає, що, змінюючи графік обслуговування або його окремі етапи, можна досягти бажаного рівня надійності системи, що задовольняє встановлені нормативи щодо допустимої інтенсивності відмов. Таким чином, комплексний підхід із використанням резервування та регульованого технічного обслуговування може забезпечити стабільну та надійну роботу постових пристроїв системи МПЦ ЕВІЛОСК 950 в умовах реальної експлуатації.

Практичне впровадження цієї системи на показало, що завдяки використанню технології МПЦ ЕВІЛОСК 950 вдається досягти майже безвідмовної роботи постових пристроїв на станціях, що є важливим чинником підвищення рівня безпеки руху поїздів. Надійна робота пристроїв, мінімізація збоїв та відмов, зниження потреби в аварійних ремонтах створюють умови для ефективнішої та безпечнішої експлуатації залізничної інфраструктури. Це не тільки знижує ризик

аварійних ситуацій, але й сприяє безперервності та регулярності руху поїздів, що є важливим аспектом для забезпечення якості обслуговування пасажирів та вантажоперевезень.

Таким чином, упровадження системи МПЦ EBILOCK 950 з комбінованим підходом до резервування та обслуговування є ефективним рішенням для підвищення надійності та безпеки роботи залізничної інфраструктури, що підтверджується успішними результатами експлуатації в реальних умовах.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання дипломної роботи було досліджено актуальні аспекти забезпечення надійності систем залізничної автоматики, зокрема мікропроцесорної централізації EBILOCK 950. Результати дослідження підтвердили важливість впровадження сучасних технологій для забезпечення безпеки руху та ефективності експлуатації залізничного транспорту.

Аналіз статистичних даних про відмови систем залізничної автоматики дозволив ідентифікувати основні типи несправностей, їх причини та наслідки для експлуатації залізниць. Було виявлено, що ключовими факторами, які впливають на стабільність функціонування систем, є якість технічного обслуговування, рівень автоматизації та знос елементів обладнання. На основі цього було підтверджено доцільність використання структурного підходу до вивчення надійності.

Мікропроцесорна централізація EBILOCK 950 продемонструвала високий потенціал у підвищенні рівня безпеки залізничного руху. Її ключовими перевагами є модульна структура, висока швидкість обробки даних, гнучкість у налаштуванні та можливість інтеграції з іншими системами залізничної автоматики. Дослідження структури та функціональних можливостей системи дозволило зробити висновок про її здатність зменшувати вплив людського фактора, що є одним із головних джерел помилок у роботі залізничних систем.

Проведене дослідження надійності пристроїв системи EBILOCK 950 дало змогу створити структурну схему оцінки, яка враховує ключові параметри, що впливають на функціонування системи. Оцінка надійності пристроїв із врахуванням технічного обслуговування дозволила отримати більш точні показники надійності порівняно з традиційними методами.

Дослідження підтвердило, що впровадження сучасних підходів до технічного обслуговування, таких як планово-попереджувальні роботи та діагностика стану обладнання, є ефективним способом мінімізувати кількість відмов. Зокрема, для

системи EBILOCK 950 запропоновано вдосконалені процедури обслуговування, що враховують специфіку її роботи та рекомендації виробника.

На основі отриманих даних було сформульовано рекомендації щодо оптимізації роботи постових пристроїв та систем централізації в цілому. Основними напрямками удосконалення є підвищення якості технічного обслуговування, регулярний моніторинг стану обладнання та впровадження систем прогнозування відмов.

Результати роботи мають прикладне значення для залізничної галузі. Запропоновані заходи сприятимуть зменшенню кількості відмов, підвищенню рівня безпеки руху та зниженню витрат на експлуатацію залізничної інфраструктури. Крім того, отримані висновки можуть бути використані для подальших наукових досліджень у сфері підвищення надійності систем автоматизації, що забезпечить розвиток новітніх технологій у галузі транспорту.

Таким чином, дослідження підтвердило доцільність та ефективність застосування сучасних систем автоматизації в залізничній галузі. Реалізація запропонованих заходів дозволить досягти значних успіхів у підвищенні ефективності та безпеки залізничного транспорту.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Агита к., Накамура Х. Безпека та відмовостійкість мікропроцесорних систем сигналізації // Залізничі світу, 1985 №5, с.28-32.
2. Актуальні проблеми розвитку залізничної автоматики, телемеханіки та зв'язку// Збірка доповідей науково-технічної конференції. Бухарест 1985.
3. Гапанович В. А. Забезпечення надійної роботи технічних засобів / В. А. Гапанович // Залізничний транспорт. – 2008. – № 9. – С. 2–5.
4. Гапанович В. А. Розвиток та впровадження технології УРРАН на залізничному транспорті / В. А. Гапанович // Надійність. – 2013. – № 4. – С. 3–10. – М.Транспорт, 1987.231с.
5. Шалягін Д. В. Надійність і безпека залізничної автоматики та телемеханіки / Д. В. Шалягін, І. Б. Шубінський // Автоматика, зв'язок, інформатика. – 2005. – № 5. – С. 23–25.
6. Володарський В. А. Порівняння методів підвищення надійності / В. А. Володарський // Методи менеджменту якості. – 2016. – № 5. – С. 50–54.
7. ГОСТ 27.601–2011. Надійність у техніці. Управління надійністю. Технічне обслуговування та його забезпечення. – М. : Стандартінформ, 2012. – 29 с.
8. Володарський В. А. Про розрахунок надійності систем із елементів, що не старіють / В. А. Володарський // Методи менеджменту якості. – 2017. – № 3. – С. 42–47.
9. Інструкція з технічного обслуговування і ремонту пристроїв та систем сигналізації, централізації і блокування: затв. розпорядженням ВАТ «ЖД» від 30.12.2015 № 3168 р. – М. : ВАТ «ЖД», 2011. – 35 с.
10. Технологічні карти з технічного обслуговування МПЦ ЕВІЛОСК 950: затв. ЦШ від 30.03.2006. – М. : Трансіздат, 2006. – 207 с.
11. Корнійчук, М.П. Технологія галузі і технічні засоби залізничного транспорту. Ч.1. [Текст] / М.П Корнійчук., Н.В. Липовець., Д.О. Шамрай. – К.: Дельта, 2006. – 500 с.

12. Правила технічної експлуатації залізниць України [Текст] / Київ: Транспорт України, 1995
13. Яцківський Л.Ю., Зеркалов Д.В. Загальний курс транспорту: Навчальний посібник. – Кн. 1. – К.: Арістей, 2007. – 544 с.
14. Інструкція по сигналізації залізниць України, [Текст] / Київ: Транспорт України, 1995.
15. Інструкція по сигналізації залізниць України, [Текст] / Київ: Транспорт України, 1995.
16. Hood C. Shinkansen: From Bullet Train to Symbol of Modern Japan : [англ.]. — Routledge, 2006. — 268 p.
17. Наказ №27 від 01.04.2011 «Про затвердження Положення про систему управління безпекою руху поїздів у Державній адміністрації залізничного транспорту України»
18. Наказ Міністерства інфраструктури України від 01.12.2011 № 586 «Про затвердження Змін до Правил перевезення пасажирів, багажу, вантажобагажу та пошти залізничним транспортом України» (zareestrovano v Ministerstvi yustitsii Ukraini 16.12.2011 za № 1463/20201)