

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет «Комп'ютерні технології і системи»

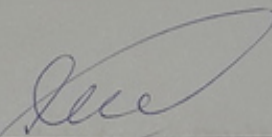
Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи
на здобуття освітнього ступеня «магістр»

на тему: Дистанційна діагностика станційних рейкових кіл

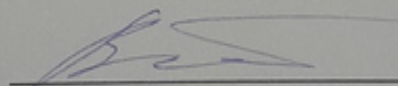
за освітньою програмою: «Системи керування рухом поїздів»
зі спеціальності: 273 «Залізничний транспорт »

Виконав: студент групи СК2121 (969М)


(підпис студента)

Станіслав Мацкевич

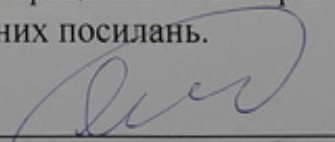
Керівник: доцент кафедри АТ


(підпис керівника)

Володимир ПРОФАТИЛОВ

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

Студент


(підпис студента)

Дніпро – 2022 рік

**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: Дистанційна діагностика станційних рейкових кіл

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

Виконав: студент групи СК2121 (969М)

_____ Станіслав Мацкевич
(підпис студента)

Керівник: доцент кафедри АТ

_____ Володимир ПРОФАТИЛОВ
(підпис керівника)

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

Студент _____
(підпис студента)

Дніпро – 2022 рік

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

Faculty of Computer Technologies and Systems

Explanatory Note
to Master's Thesis

(higher education degree)

on the topic: Remote diagnostic of signal track circuits on station

according to educational curriculum «Train traffic control systems»
in the Specialty: 273 Railway transport

Done by the student of the group CK2121 (969M) Stanislav MATSKEVYCH

Scientific Supervisor: associate professor Volodymyr PROFATYLOV

Dnipro – 2022

Спеціальність
Спеціалізація

Кафедра «Автоматика та телекомунікації»
151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
Автоматика та автоматизація на транспорті

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Завідувач кафедри АТ

Володимир ГАВРИЛЮК
20__ р.

ЗАВДАННЯ

до дипломної роботи на здобуття освітнього ступеню «магістр»
Мацкевича Станіслава Сергійовича

(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема роботи Дистанційна діагностика станційних рейкових кіл

Затверджена наказом по університету № ст. від жовтня 2022 року

2. Термін подання студентом закінченої роботи

3. Вихідні дані до роботи Система дистанційної діагностики станційних рейкових кіл

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу	Обсяг	Кількість креслень
1. Аналіз існуючих систем діагностики рейкових кіл		
2. Метод автоматизованої діагностики рейкових кіл 50 Гц		
3. Розробка автоматизованої системи діагностування рейкових кіл на перегоні 50 Гц		

Студент
Науковий керівник

РЕФЕРАТ

Відомості про об'єм пояснювальної записки: 59 сторінок, 1 таблиця, 9 рисунків, 19 джерел використаної літератури.

Об'єкт розробки - системи залізничної автоматики

Мета роботи - проектування цифрової автоматизованої системи діагностування рейкових кіл 50 Гц на перегоні.

Методи дослідження – методи розрахунку рейкових кіл, теорія чотирьохполюсників, експериментальні дослідження з використанням математичного апарату теорії ймовірності та математичної статистики.

В першому розділі проаналізовано існуючі сучасні системи діагностування, приведено аналіз роботи рейкових кіл за перше півріччя 2022 року, та проведено аналіз відмов, котрі трапляються в обладнанні залізничної автоматики та насамперед у рейкових колах.

В другому розділі йдеться про одні з основних вимог щодо рейкового кола, вибрано точки контролювання параметрів РК системи автоматичного блокування, було спроектовано математичну модель розрахунків РК 50 Гц та вироблено на базі даних розрахунків спосіб автоматизованого діагностування. Також проведено експериментальну перевірку спроектованого способу завдяки порівнянню прорахованих та базових значень коефіцієнтів чотирьохполюсника рейкової лінії.

У третьому розділі розроблено структурні схеми системи автоматизованого діагностування РК, центрального та лінійних контролерів, спроектовано принципову схему лінійного та центрального контролерів.

Висновок: Впровадження спроектованої системи діагностування станційних РК 50 Гц надасть можливість аналізу функціонування рейкового кола дистанційно та придатна для використання на залізницях України.

Ключові слова: ДІАГНОСТУВАННЯ РЕЙКОВИХ КІЛ, КОДОВЕ АВТОБЛОКУВАННЯ, РЕЖИМИ РОБОТИ РЕЙКОВИХ КІЛ, ПІС-МІКРОКОНТРОЛЕР, CAN-КОНТРОЛЕР, ЗАЛІЗНИЧНА АВТОМАТИКА.

Зміст

Вступ.....	6
Аналіз існуючих систем діагностики рейкових кіл.....	8
1.1. Аналіз роботи рейкових кіл.....	8
системи діагностики рейкових кіл закордонних виробників....	11
м спетчерського контролю «ДЦ КАСКАД».....	11
Цифрова діагностика рейкових кіл Математична модель РК. Параметри рейкових кіл станційних рейкових кіл 50 Гц.....	23
2.1. Вимоги до рейкових кіл.....	23
2.2 Математична модель РК. Параметри рейкових кіл.....	24
2.3. Вибір точок вимірювання.....	27
Методика автоматизованого визначення параметрів рейкового кола 50 Гц.....	29
2.5. Експериментальна перевірка розробленого методу.....	42
3. Розробка апаратної частини цифрової частини діагностики рейкових кіл.....	43
Структурна схема цифрової системи діагностики рейкових кіл	43
Принципова схема лінійного контролера системи ДК.....	46
Висновки Висновки роботи центрального контролера системи ДК.....	50
Джерела використаної літератури.....	58

Вступ

Рейкові кола (РК) є основним елементом пристроїв залізничної автоматики та телемеханіки: автоблокування, автоматичної локомотивної сигналізації, електричної централізації стрілок та сигналів, автоматичної переїзної сигналізації, диспетчерського контролю руху поїздів та інших систем.

В цих системах рейкові кола виконують наступні функції: автоматично контролюють цілісність рейок та вільність колійних на перегонах та станціях, контролюють неможливість переводу стрілки під рухомими складом, з їх допомогою передаються кодові сигнали з колії на локомотив, та між сигнальними установками, забезпечують контроль переїздів та станцій на момент наближення потягу.

Рейкові кола є колійними датчиками інформації про пересування залізничного транспорту по станції або перегону. РК безпосередньо визначають безпеку поїздів і тому є найважливішими серед елементів залізничної автоматики. Завдяки інформації, отриманій з рейкових кіл працюють системи електричної централізації та системи автоблокування.

Рейкові кола також забезпечують контроль робочого стану елементів зворотної тягової мережі, по яких протікає зворотний струм. При контрольному режимі рейкові кола відстежують цілісність рейок. Крім того, рейкові кола передають значення світлофорів, що наближаються до поїзда, до локомотивів та інших пересувних одиниць, а також максимально допустиму швидкість на ділянці руху. Тому робота автоматичної локомотивної сигналізації (АЛС) та автоматичного управління гальмами тісно пов'язані з роботою рейкових кіл.

На цій основі рейкові кола впливають на безпеку руху поїздів на таких об'єктах, як: колійні та будівельні господарства, локомотивні господарства, електрифікація та електропостачання, а також у залізничній автоматиці та телемеханічних пристроях.

Рейкові кола є основним компонентом системи безпеки, проте через складність обслуговування потребують значних експлуатаційних витрат. Покращення надійності роботи рейкових кіл потребує не лише постійних

фінансових витрат, але і постійної пильності від керівників та робітників будь якого рівня. Хоча у РК є альтернативна система підрахунку осей, яка дозволяє керувати локомотивом без використання рейкових кіл. Проте наразі рейкові кола незамінні для контролю цілісності рейок.

Передчасне виявлення пошкоджень рейкових кіл упереджає серйозні наслідки та запобігає аваріям на перегоні. У першому півріччі 2022 року було виявлено 43 випадки пошкодження рейкових кіл, у порівнянні з даним періодом минулого року відмови РК скоротились на 20%, проте кількість відмов досить велика. Тому вдосконалення способів діагностики рейкових кіл є важливою задачею з точки зору наукових досліджень та проектування технічних засобів. Підвищення надійності рейкових кіл сприятиме поліпшенню якості систем СЦБ та підвищенню безпеки руху поїздів.

1 Аналіз існуючих систем діагностики рейкових кіл

1.1 Аналіз роботи рейкових кіл

Аналіз відмов пристроїв у службі Ш за об'єктами та їх відсотки щодо загального числа відмов приведено у таблиці 1.1[1]

Таблиця 1.1 - Аналіз відмов пристроїв у службі Ш

Перелік пошкоджень	Кількість, шт.	Кількість, %
Реле, блоки, трансформатори, випрямлячі, безконтактна апаратура, пристрої захисту	90	26,62
Штативи, релейні шафи, колійні коробки	60	17,75
Рейкові кола	49	14,49
Стрілочні електроприводи, гарнітура, замки Мелент'єва	45	13,31
Кабельні лінії	33	9,76
Світлофори	28	8,28
Пульти, табло, апарати управління	7	2,07
Установки електроживлення	6	1,77
Акумулятори	3	0,88
Повітряні лінії	0	0
Електроприводи автошлагбаумів	0	0
Пристрої механізованих та автоматизованих сортувальних гірок	0	0
Інші	17	5,02
Всього відмов	338	100

З таблиці можна побачити що рейкове коло є однією з першорядних відмов. Як повідомляє «Укрзалізниця», у першому півріччі 2022 року сталось 43 випадки порушень нормальної роботи пристроїв СЦБ через відмову рейкових кіл, що на 11 випадків менше, ніж за той же період у минулому році. Майже половина від всієї кількості порушень нормальної роботи елементів сигналізації, централізації та

блокування - це відмови рейкових кіл.

На сьогодні в мережі залізниць України працює близько 73 000 перегінних рейкових кіл та 174 000 станційних рейкових кіл. З 2014 року на сьогоднішній день кількість відмов рейкових кіл зменшилась на 28%, але в цілому цифра ще занадто велика.

Найпоширенішими причинами відмов рейкових кіл і припинення їх нормальної роботи є: обрив ізоляційних з'єднань, розрив тягових і з'єднувальних кабелів (джемперів), перемичок, стикові з'єднання, вплив зовнішніх джерел живлення, поломки рейок, неправильне регулювання режиму роботи, низький опір баласту, стяжної смуги, стрілочної гарнітури, розпірки хрестовини, короткі замикання з різними елементами (дріт, інструменти тощо). Особливо небезпечні відмови ті, котрі вказують на хибну вільність ділянки колії. Найпоширенішою причиною появи хибної вільності є виникнення інших ланцюгів (не враховуючи рейки) проходження сигнального струму: через металеві конструкції або опори контактної мережі.

Втрата шунта в рейковому колі з'являється через поломки перемичок або з'єднувачів, забруднення площини головки рейки або неякісне зварювання, підживлення колійних реле джерелами зовнішнього середовища, проходження рухомого складу із поганим шунтом та вихід з ладу стиків через роботи на колії.

В основному відмова рейкових кіл відбувається через вихід з ладу ізостиків або ізоляції стрілок. Загалом відбувається ушкодження ізоляційного стика через пошкодження деталей або ізоляції при збереженні цілісності накладки. Поширеною відмовою ізостиків з металевими накладками являється ушкодження бокової ізоляції та ізоляції на кріпленні накладки.

Саме ізоляційні бічні накладки показують термін служби та частоту ремонту ізостиків, тому що на них найбільше впливають динамічні сили рухомого складу. Факторами, які порушують цілісність ізоляції ізостиків є: неякісне з'єднання шпал, замикання ізостика фрагментами металу, деформація рейкової лінії тощо. Всі металеві деталі кріплень і рейок мають властивість пропускати струм, а вологі баласт та шпали можна сприймати окремим видом електроліту, який певною мірою

також є струмопровідним. Через збільшення температури та відсотку вологості баласту та шпал потужність електрохімічного процесу виростає, через що знижується опір ізоляції. Солі значною мірою діють на інтенсивність електрохімічних процесів, що призводить різкого пониження опору ізоляції.

Важливим фактором є вплив сторонніх осіб на роботу рейкових кіл. За вказаний період зафіксовано 12 випадків умисного короткого замикання. Є необхідність у проведенні заходів упередження вандалізму

Відмова елементів рейкових кіл не є основною часткою відмов, але по при це цифра достатньо значна . Як приклад – у рейкових колах змінного струму крім втрати активної потужності струму в сигналі може виникати перемагнічування сталі рейок або потоку вихрового струму. По при це, не враховуючи колійні реле та пристроїв запобігання перенапруги можна помітити позитивне скорочення кількості відмов.

Усі вище описані методи застосовуються до експлуатації звичайних рейкових кіл. На сьогоднішній день на залізницях України активно впроваджуються системи автоматичного блокування із тональними рейковими колами (ТРК). Дані рейкові кола виробляються на основі сучасної елементної бази і суттєвий плюс цих систем - мізерний вплив на опір баласту та відсутність ізостиків. Завдяки цьому забезпечення нормальної роботи тональних рейкових кіл залежить лише від працівників на дистанції.

Аналіз показує, що у порівнянні на 1000 колійних ланцюгів зі звичайними рейковими колами тональні РК працюють втричі надійніше. Дивлячись на цю залежність було віддано пріоритет тональним рейковим колам з централізованим розміщенням апаратури. Використання тональних рейкових кіл (ТРК) з централізованим розміщенням апаратури великою мірою знижує витрати на обслуговування системи та скорочує час на виявлення та усунення причини відмови. При перших запусках систем автоблокування з тональними рейковими колами виявлено такі недоліки, як: "плаваючі" межі рейкових кіл, відсутність прохідних світлофорів та складність приймально-передавальних пристроїв(існує проблема надійного масового виробництва). Колійний приймач теж може

працювати ненадійно через зсув порога чутливості, це може бути зумовлено коливанням напруги (наприклад збій в електромережі або несправний акумулятор) або зміна опору та температури в ланцюгах каскада транзисторів. Дані недоліки мають методи вирішення, проте слід звернути увагу на великі коливання параметрів елементів тональних рейкових кіл та їх недостатню надійність. Проте основною проблемою ТРК являється те, що частота рейкового кола збігається з частотою завад від електровозу з широтно-імпульсним регулюванням струму в двигунах (не менше 400 Гц). Тому тональні рейкові кола на частотах 25 та 50 Гц мають бути завадостійкими. Проте ТРК використовуються лише у новітніх проектах.

Якщо стандартизувати сьогоденне обладнання автоматичного блокування способом технічної реалізації окремих модулів на функціональному рівні, конструктивних рішень та використання базових основних компонентів можна дійти значного економічного та технологічного ефекту. Кодове автоблокування вимагає сучасних дистанційних систем діагностики та контролю рейкових кіл без необхідності перевірки співробітниками, що значно скоротить час усунення відмови та повернення рейкового кола до нормальної роботи.

1.2 Діючі системи діагностики рейкових кіл від закордонних виробників

1.2.1 Система диспетчерського контролю «ДЦ КАСКАД»

Програмно-апаратний комплекс мікропроцесорної системи диспетчерської централізації (МСДЦ) «КАСКАД» застосовується на залізниці задля забезпечення певної пропускнуєї спроможності та безпечного пересування рухомого складу при диспетчерському управлінні приладами автоматики та автоматизації на лінійних підприємствах (станціях) , забезпечення інформацією автоматизованих робочих місць (АРМ), котрі входять до складу центру управління перевезеннями (ЦУП) а також взаємодію в рамках автоматичної системи управління рухомого складу з вантажем на залізницях України (АСК ВП УЗ).

Ділянка, котра переводиться на централізоване управління системою з застосуванням МСДЦ «КАСКАД», може складатися з дільниць (1-10), у кожній дільниці до 14 точок лінійних постів та перегонів (загалом кількість постів може

нараховувати до 140 одиниць). МСДЦ «КАСКАД» забезпечує моніторинг роботи рухомого такої ділянки або станцій.

Система «КАСКАД» надає методи вирішення недоліків, пов'язаних з застосуванням комплексів ДЦ на лінійних станціях, насамперед при відсутності працівників на станції. Дана система забезпечує якісний безперебійний зв'язок, можливість подавати та вимикати електроживлення дистанційно, вмикання систем пожежної безпеки та сигналізації тощо.

На зображенні 1.2 показано структурну схему центрального посту «ЦП КАСКАД». Враховуючи недоліки системи ЧДК, компанія «АНТРОН» розробила та оптимізувала систему «ДК КАСКАД» - мікропроцесорна система, призначена для дистанційного контролю стану приладів та об'єктів автоматики на перегоні.

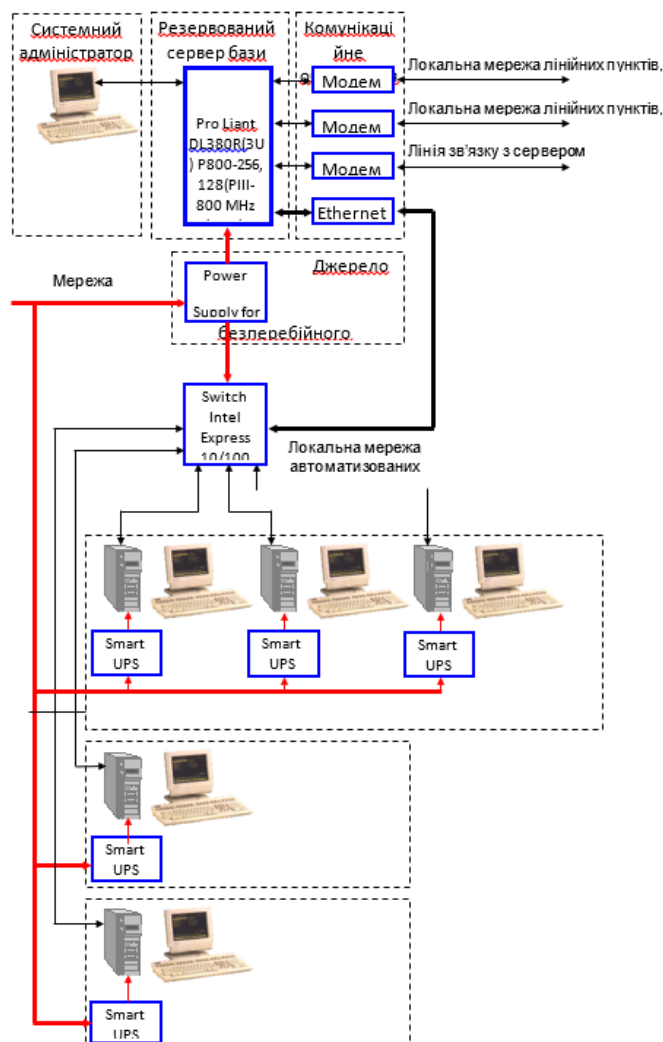


Рис. 1.2. Структурна схема центрального поста системи «КАСКАД»

Система використовується для інформування працівників залізниці про стан

обладнання автоматики на перегоні. «ДК КАСКАД» - багатофункціональна система, працююча автономно. За виникнення належної потреби системи «КАСКАД» та «ДК КАСКАД» об'єднуються та починають працювати на рівні «ЛП КАСКАД» за допомогою внутрішнього інтерфейсу RS485, тобто «ДК КАСКАД» починає бути інформаційною підсистемою МСДЦ. При даному випадку про стан обладнання для автоматизації перегонів інформується на два рівні управління – черговому по станції (ДСП) та поїзному диспетчеру (ДНЦ) або іншим користувачам мережі диспетчерського центру управління перевезеннями.

Система складається з модулів мікропроцесорних контролерів на станції та перегоні, відповідно «СК2202» та «ПК2202».

Модуль «ПК2202» виконує контроль стану та роботоспроможності імпульсної установки кодового імпульсу автоматичного блокування (АБ або АБТ) способом отримання дискретної інформації про стан контрольних реле:

- контроль потужності джерел живлення (основного та запасного);
- контролює подвійне зменшення напруги;
- контролює правильний бік встановленого руху;
- контролюється працездатність сигналізації;
- виконується контроль стану реле КВ (для АБТ);
- контроль нормальної роботи рейкових кіл блок-ділянки (для АБТ);
- контроль працездатного стану ділянки;
- контроль правильних показань прохідних світлофорів (сигнальні та вогневі реле);
- контроль стану ламп прохідних світлофорів.

Також модуль виконує контроль нормального стану та роботи приладів переїзної сигналізації. При цьому інформується про:

- безперебійне електроживлення фідерів (основного та запасного);
- правильне положення автоматичного загородження (шлагбаума);
- роботу засобів сигналізації світлофорів на переїздах;
- працездатний стан ламп світлофорів;
- контроль справності на ділянці наближення ;

- роботу засобів охорони релейних шаф;
- активація засобів сигналізації загородження;
- правильний бік руху рухомого складу;
- нормальний стан мигаючих реле.

Максимальна кількість засобів контролю, котрі підключаються до модуля - 14, об'єктів керування - 2. Також модуль «ПК2202» використовується для керування, контролю та роботоспроможності світлового індикатору (СП). Даний індикатор застосовується в системах технічної перевірки працездатного стану рухомого складу (ПОНАБ, ДИСК, АСДК-Б).

Модуль контролера стану перегону «ПК2202» обробляє інформацію, отриману з сигнальних установок кодового сигналу або переїзної автоматики через лінії сигналу ТС1..ТС14, керування реле ДСН, підтримки протоколів обміну з використанням локальної мережі зв'язку, передача інформації від модулів наступних сигнальних установок кодового сигналу контролеру на станції (рис. 1.2).[6]

Мікропроцесорний контролер на програмно-апаратному рівні забезпечує:

- отримання та обробку вхідних сигналів транспортних засобів;
- керування ДСН-ключами;
- керування та перевірка стану LAN-модемів;
- забезпечення протоколу обміну інформацією через мережі зв'язку;
- нормальну роботу світлодіодного індикатору живлення у мережі зв'язку.

У якості вхідного сигналу управління ТС використано «сухий» контакт реле, який пропускає струм 5-10 мА в оптоелектронне роз'єднувальне коло. На мікроконтроллер для опрацювання поступають вихідні сигнали схеми у вигляді логарифму 0/1.

Вихідний управляючий сигнал «TU1a», «TU1b» ізольований гальванічно і є «сухим» електронним нормально розімкнутий контакт, захищений від небезпечного підвищення струму та напруги, котрий застосовується для перемикання змінного або постійного струму до 0,1А.

Усім під'єднаним модулям до мережі необхідно мати свою унікальну

адресу, котра не збігається з адресами в інших модулях, які під'єднані до локальної мережі RS-232/485.

Кодування адреси модуля відбувається за рахунок перемикача різних положень (усього їх 14). Нормальна робота мікропроцесора можлива лише при збігу фізичної та логічної адреси модулів, мікроконтролер запрограмований відстежувати дані коди. У мережу під'єднуються до 14 модулів. Кодові адреси модуля «0» і «С» не використовують.

Модуль ПК2202 працює зі мінним струмом, який надходить з трансформатора СУ. Контролер обладнано внутрішнім захистом у вигляді схеми для захисту від підвищення напруги з заземленням - 500 В, входною напругою 30 В та колами захисту від імпульсних завад.

У «ПК2202» вбудовано модем для забезпечення обміну інформацією в різних топологіях локальної мережі «DKnet». З мережею зв'язку він з'єднаний двопровідно.

Модеми з використанням інтегральних схем DA10, DA14 є аналоговими (analog data modem) з тональною частотою 0,3 ... 3,4 кГц та виробляються згідно вимогам міжнародного стандарту (специфікації) ITU-T V.22 bis, V.22, V.23 та V.21; Bell 212A та Bell 103.

Передача інформації між об'єктами керування або точками безпеки (сигналізації) може відбуватись на відстані до 20 км.

Модуль контролера на станції «СК2202» обробляє інформацію, отриману з контролера на перегоні «ПК2202» по мережі зв'язку та сповіщує працівників станції про пересування рухомого складу по маршруту, нормальний стан переїздів та світлофорів.

Пульт ДСП світлодіодами показує положення кожної ділянки, котра керується модулем «ПК2202»:

- світлодіод вимкнений – блок-діляниця вільна, у робочому стані, рухомому складу дозволено проходити переїзд;
- світлодіод горить червоним – ділянка зайнята, у справному стані, для переїзду – шлагбаум закритий;

- червоне мигання з інтервалом 1 секунда - ділянка вільна, але несправна .

Для переїзду - шлагбаум піднято, відмова пристроїв сигналізації;

- червоне мигання з інтервалом 0.2 секунди - ділянка зайнята та несправна.

Для переїзду – шлагбаум опущено, відмова в обладнанні автоматики.

Мікропроцесорний контролер на апаратно-програмному рівні забезпечує:

- Отримання вхідних сигналів ТС та їх опрацювання;
- Керування та контроль модему локальної мережі;
- Контроль індикації на пульті ДСП;
- Контроль індикації нормального стану живлення та мережі зв'язку;
- Контроль протоколу обміну інформації мережею зв'язку.

Вихідним сигналом контролю ТС є «сухий» контакт реле, струм пропускання 5-10 мА в коло оптоелектронної ізоляції. До мікроконтролера поступають вихідні сигнали системи у вигляді логарифму 0/1.

Вихідний сигнал керування обмежено струмом 7-10 мА, він вмикає індикацію контролю стану ділянок на пульті ДСП. Вихідний сигнал керування «Alarm» - електронний роз'єднаний контакт з захистом від небезпечного підвищення струму, застосовується для включення сигналізації (пропускає струм до 0.1А).

Модулі «СК2202», встановлені на станції можуть зростати кількісно при під'єднанні в системи вищого рівня (наприклад, МСДЦ «КАСКАД»), і через це також має мати унікальну адресу (кодування відбувається не вказаним на схемі перемикачем).

Модуль СК2202 працює від постійного струму акумуляторного комплексу на пості ЕЦ. Схеми захищені від підвищення напруги з заземленням-500 В, вхідна напруга -36В та має імпульсні фільтри, котрі усувають завади.

Модеми «СК2202» виробляються тими ж міжнародними стандартами, що й модулі на перегоні «ПК2202».

Модуль «ПК2202» здійснює контроль та передачу інформації про справну роботу приладів АБ, ПС, СП до лінійного пункту по виділеній мережі. Пара ліній зв'язку може підтримувати до 14 модулів «ПК2202» та 2 модулі «СК2202». Кожен з

модулів «ПК2202», розташованих на протязі перегону, забезпечує нормальний обмін даними та повторну передачу пакетів із сусідніх модулів у декількох напрямках. Модуль «ПК2202» реалізовано з двох модемів, один з яких під'єднано до мережі зв'язку на станції, а інший - до перегону.

1.2.2 Система діагностики та контролю МПЦ-У

МПЦ-У – система мікропроцесорної централізації, що виконує усі функції контролю та безпечного керування рухом поїздів на станціях та перегонах. У МПЦ-У інтегровані функції МАБ-У та МПАБ-У. Для контролю вільності ділянок колії в системі застосовуються рейкові кола або системи рахунку осей. Система дозволяє виконувати керування залізничними станціями та колійними постами дистанційно.

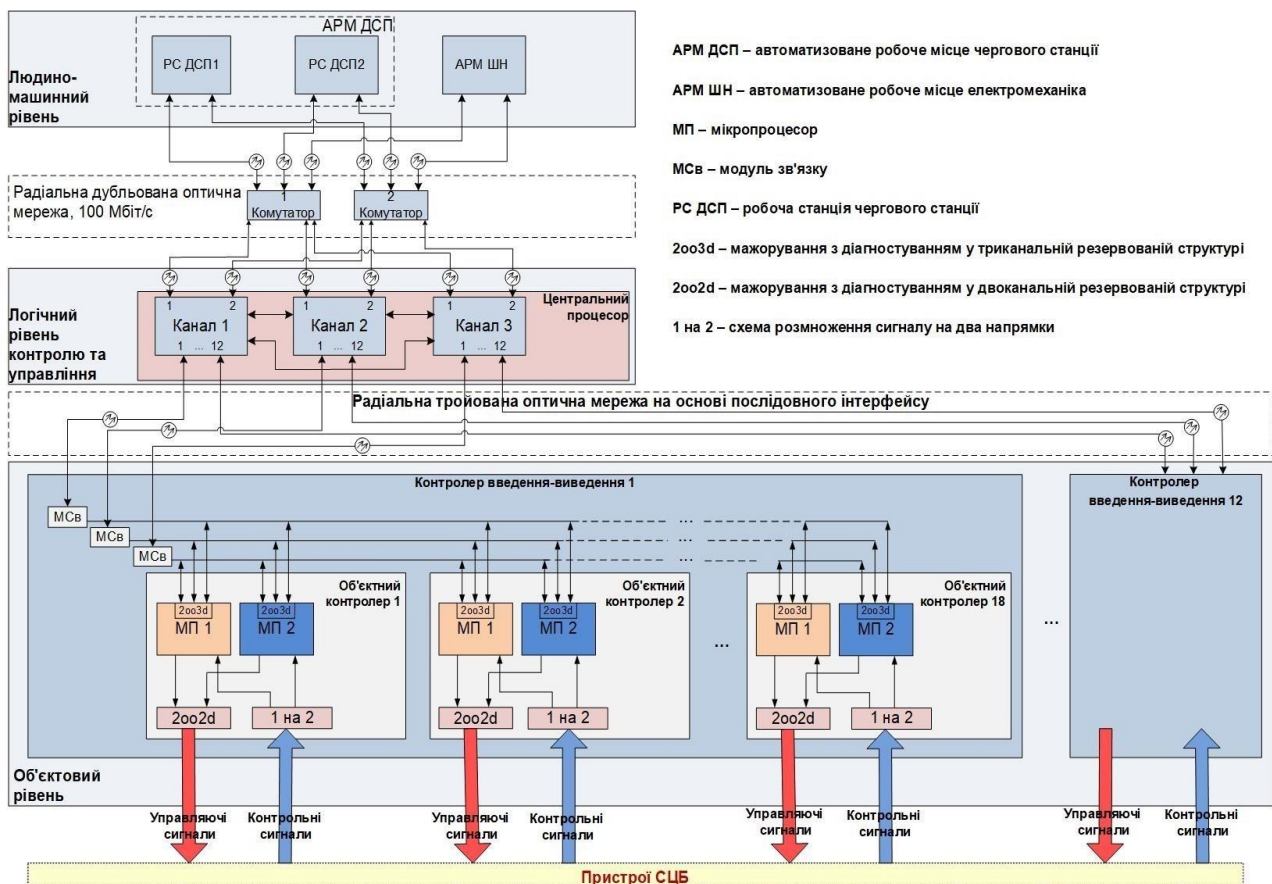


Рис. 1.3. Структурна схема системи МПЦ-У

Система має трьохканальну структуру безпечного центрального процесора,

що працює за схемою «2oo3d» (мажоритарний принцип з діагностуванням) з диверсифікацією програмного забезпечення. При відмові одного з каналів робота продовжується за схемою «2oo2d» (резервування з діагностуванням), а інформація про помилку фіксується в базі даних. Несправний модуль можна замінити та ввести в роботу без зупинки системи. Виконується внутрішнє резервування об'єктних контролерів, які мають по два диверсних канали і працюють за схемою «2oo2d», при чому обробка команд управління від трьох каналів центрального процесора здійснюється за схемою «2oo3d» з реконфігуруванням при відмові одного з каналів (2oo3d → 2oo2d);

До особливостей системи можна віднести те, що одиничні дефекти апаратних та програмних засобів не призводять до небезпечних відмов та виявляються при робочих або тестових впливах.

З'єднання між кожним каналом центрального процесора та кожним контролером вводу-виводу відбувається резервованим волоконно-оптичним кабелем за схемою «точка-точка» (відмова будь-якої сполуки не впливає на роботу інших з'єднань)

Також серед особливостей слід виділити дубльоване виконання АРМ ДСП, можливість додавання додаткових АРМ ДСП та безпеку взаємодії оператора та МПЦ-У. В основному режимі керування система унеможлиблює створення аварійної ситуації для руху поїздів при неправильних діях оператора та виконує чітку індикацію дій оператора, а також перевіряє усвідомленість його дій у допоміжному режимі керування (повторний запит оператора та отримання від нього відповідної відповіді, підтвердженої натисканням спеціальної кнопки).

Система відмовостійка, при відмові розроблена чітка стратегія безпечної поведінки. Виконується безперервний контроль та діагностування станів пристроїв СЦБ та програмно-технічних засобів МПЦ-У зі збором, обробкою, зберіганням та відображенням інформації на АРМ ІІН.

МПЦ-У, враховуючи її особливості розробки та сучасність, має низку переваг, серед яких:

- високий рівень безпеки, що відповідає як європейським (CENELEC, SIL4),

так і національним стандартам безпеки;

- можливість побудови систем централізації відповідно до стандартів «простору 1520» та європейськими стандартами (ERTMS/ETCS);

- кіберзахищеність МПЦ-У, що відповідає вимогам відповідних стандартів ISO та IEC;

- безконтактне керування стрілками та сигналами з повним винятком релейних компонентів;

- апробовані в МПЦ-У програмно-технічні засоби є основою для побудови інших систем (МАБ-У, МДЦ-У, МРЦ-У та ін), забезпечуючи високі показники уніфікації, надійності та безпеки СЗАТ;

- наявність всіх необхідних інтерфейсів для поєднання з різними електричними централізаціями (ЕЦ), диспетчерськими централізаціями (ДЦ), системами керування перевезеннями та ін.;

- застосування системи автоматизованого проектування при розробці та модифікації прикладного програмного забезпечення із захистом від несанкціонованого доступу;

- наявність системи єдиного часу, що отримує сигнали точного часу від супутникових систем навігації;

- надійний захист від атмосферних та комутаційних перенапруг, коротких замикань, імпульсних перенапруг;

- відсутність вентиляторів (як найбільш ненадійних елементів) для відведення тепла від електронних компонентів;

- виконання апаратури МПЦ-У, що дозволяє розміщувати її в транспортабельних модулях та експлуатувати у широкому діапазоні кліматичних умов.

Інформація щодо стану рейкових кіл знімається з контактів колійних реле. Для цього застосовують модуль безпечної нормалізації сигналів МБН-1. Опитування стану контактів колійних реле або їх повторювачів до МБН-1 здійснюється у безпечному режимі. МПЦ-У також контролює наявність живлення генераторів та приймачів тональних рейкових кіл.

1.2.3 Локальна діагностична система LDS

Локальна система діагностики LDS, була вироблена та використовується в Чехії, завдяки системі LDS працівники дистанції можуть контролювати нормальну роботу приладів СЦБ та іншого обладнання автоматики та автоматизації, знаходити відмови та упереджувати їхню появу. Заздалегідь знайдена відмова може бути виправлена та не призведе до серйозних наслідків аварій. Система LDS та її методи забезпечують безпеку працівників та завдяки ній обслуговувати обладнання стає більш економно. Система зменшує витрати часового ресурсу на польові роботи, а основна робота зосереджується на центрі технологічного обслуговування, котрий забезпечено базою даних про роботу обладнання при експлуатації. Черговим плюсом є економія мастила (воно використовується лише при певних випадках, а не регулярно), це знижує витрати коштів та у меншій мірі забруднює навколишнє середовище.

Перелік обладнання діагностики. Локальна діагностична система LDS версії 2.0 (далі LDS) - це модульна виробничо-діагностична система, котру застосовують для збору даних з локальних діагностичних приладів, запису цих даних в окрему базу, класифікації та контролю стану. Перелік обладнання діагностики нараховує: окреме станційне обладнання СЦБ типу ESA 11 (далі ESA 11), прилади переїзної сигналізації PZZ-AZD 71 / RE / AC / EA / EPA (далі PZZ), уніфікований комплекс електроживлення UNZ та система електронного автоматичного блокування ABE-1 (далі ABE-1). Потрібні виміри надходять з центральної станції вимірювань, котра розділяє системи DMS та розумні датчики виміру. Більш сучасна версія LDS може виконувати контроль нормальної роботи лічильників осі AZ, системи електричного обдування та підігріву стрілочних переводів EOVA-1, експлуатованих електричних кіл та перетворювача DAK-2.X.

Технологічний опис LDS. LDS складається з певного сервера діагностики (Diagnostic Local Server), задача котрого - знаходити інформацію, обробляти та виконувати зберігання впродовж значних проміжків часу, розробляти інформацію для діагностики на підставі її обробки та надавати дані до діагностичного

комп'ютеру з локальним доступом (DLA – Diagnostic Local Access). Задача DLA полягає у тому, щоб задовольняти потреби користувачів візуальним оновленням даних. DLA допомагає користувачу визначати пограничні значення розрахунків, котрі надають можливість класифікувати відмови. Розширена версія DLS надає можливість користуватись SMS - повідомленнями обслуговуючому персоналу через GSM-модуль. Обмін повідомленнями через інтерфейс зв'язку RS422. Основним елементом контролю та перевірки нормальної роботи є центральна вимірювальна система MU DISTA від компанії «STARMON», котра контролює комплекси електроживлення, забезпечує контроль напруги в них та якість ізоляції. Діагностика рейкових кіл обробляє напругу, коди сигналів LVZ, оцінює якість ізоляції та роботу реле на колії.

Дотримання стандартів ЧЗ при діагностуванні. Для візуального та якісного контролю системи застосовують певні зазначення та методи роботи, котрі являються основою стандартів служби екстреного реагування конкретної станції технологічного обслуговування. Оброблення та надання показань відбувається згідно стандарту TNZ 34 2620 для пристроїв станцій СЦБ, стаття № 17 та з основними принципами ЧЗ для діагностування пристроїв СЦБ на залізниці.

1.2.4 Висновки

При аналізі даних систем діагностики можна виділити їх переваги та недоліки та зробити певні висновки:

СДК «КАСКАД» - це повноцінна технічно довершена система, яка за необхідності може працювати автономно, проте дану систему використовують лише за умов наявності МСДЦ «КАСКАД». Система виконує контроль та перевірку виключно дискретних об'єктів. Використання системи «КАСКАД» надає можливість вирішення комплексу проблем при застосуванні систем диспетчерської централізації на лінійних пунктах.

Система діагностики та контролю МПЦ-У має високий рівень безпеки, що відповідає європейським стандартам. Система відмовостійка та кіберзахищена, завдяки наявності усіх необхідних інтерфейсів може поєднуватись з будь якими

електричними централізаціями (ЕЦ), диспетчерськими централізаціями (ДЦ), системами керування перевезеннями тощо.

Локальна діагностична система LDS безперебійно контролює стан обладнання СЦБ, забезпечує уникання відмов та упереджує виникання поломок до моменту їх появи. Експлуатація даної системи сприяє заощадженню фінансових вкладень на обслуговування обладнання та забезпечує безпеку обслуговуючого персоналу.

МЕТОД АВТОМАТИЗОВАНОЇ ДІАГНОСТИКИ СТАНЦІЙНИХ РЕЙКОВИХ КІЛ 50 ГЦ

Вимоги до рейкових кіл

Рейкові кола проектуються за сукупністю технічних рекомендацій з проектування сигнальних приладів та обладнання централізації і блокування на залізниці з колією типу 1520 мм та загальною мережею, правил проектування обладнання автоматики, телемеханіки і зв'язку на залізниці та вимог безпеки та захищення від небезпечного підвищення напруги обладнання СЦБ. Усі вимоги щодо рейкових кіл слід подати у вигляді таких правил:

1. Правильно розраховані рейкові кола повинні працювати надійно без сезонного регулювання і забезпечити якісну нормальну працю АЛСН.

Розгалуження стрілочних дільниць, котрі є частиною маршрутів прийому і відправлення, а також розгалуження котрі більше 60 м у довжину, при рахуванні від центру стрілочного перевodu до ізостику мають обов'язково обтікаться струмом рейкового кола.

3. Контроль проходження струму у розгалуженнях виконується шляхом встановлення на розгалуженні колійних реле. Одне рейкове коло має налічувати не більше трьох колійних реле. Довжина розгалужень стрілочних ізольованих дільниць з релейними трансформаторами, рахуючи від початку відгалуження, не має різнитись більш ніж на 200 м.

У схемах розгалужених рейкових кіл має бути забезпечена надійна фіксація положення зайнятості приймачем на колії паралельного розгалуження, на котрому стоїть потяг. Контакти усіх колійних приймачів вмикаються у ланцюг контролювання стану роботи РК послідовно.

5. Ділянки на електротязі постійного і змінного струму для розряду зворотного тягового струму ізольовані колійні дільниці, на яких розташовуються рейкові кола, з'єднуються дросель–трансформатором (двохниткове РК) або тяговими з'єднувачами (однониткові РК). Інструкція ЦШЕОТ-0012 п.10.3 містить

вказівки, котрі допомагають дотримувати вимоги експлуатування рейкових кіл. Вимірами напруг колійних реле у рейкових колах займається електромеханік: на станції - один вимір у тиждень на перегоні – один вимір у місяць. При регулюванні рейкового кола або інших змінах в структурі проводяться також виміри напруги на живильному кінці. Результати вимірювань на станції фіксуються в журнал ШУ-64, результати вимірів на перегоні фіксуються в картці ШУ-62. Усі параметри повинні відповідати стандартам роботи рейкових кіл.

Математична модель РК. Параметри рейкових ниток

Різновид провідної математичної моделі рейкового кола залежний від форми представлення рейковій лінії, при цьому є низка випадків, в яких не обмежуються чотирьохполюсною схемою заміщення рейкової лінії, а необхідно застосовувати багатопольсну схему заміщення з урахуванням наземного шляху проходження сигнального струму. На стадії проектування шунтового і контрольного режимів можуть виникати нерівності рейкової лінії та відбуватись живлення приймача рейкового кола в обхід шунта поїзда та з причини пошкодження рейкового кола.

Розглядаючи рейкові кола на цьому етапі їх математична модель має відповідати таким вимогам: точно показувати вихідні параметри рейкового кола. Дані показники мають залежність від внутрішніх та зовнішніх факторів впливу на рейкове коло: провідність ізоляції, зміна опору ізоляційних стиків, завади електричного тягового складу, зміни в лінії електропередач тощо. Дані параметри мають відповідність фізичним процесам в рейковій лінії: потрібно мати необхідні наближені значення і спрощення, що дозволяє реалізувати процес програмно на електронних обчислювальних машинах з різними перспективами: значної універсальності, наприклад для застосування при проектуванні об'ємної групи рейкових ланцюгів (розгалужених, нерозгалужених, різної довжини тощо), економної з точки зору витрат на електронно обчислювальні машини (ЕОМ). Дані потреби є суперечливими, та правильне вирішення цих потреб в одному випадку

може бути нераціональним в іншому. Саме тому для одного рейкового кола повинно проектуватись декілька його математичних моделей. Як приклад рейкові ланцюги котрі поперечно симетричні варто аналізувати чотирьохполюсними схемами заміщення, а при поперечній несиметрії аналізуються багатополюсні еквівалентні схеми. Щоб урахувати якнайбільше випадків має бути класифікація за багатьма ознаками.

Чотирьохполюсні і багатополюсні схеми заміщення рейкових ліній описані матрицями параметрів. Матриці поділяють на дві основні категорії:

- матриці за класичною теорією чотириполюсника;
- матриці за хвильовою теорією чотириполюсника.

Перша категорія налічує матриці передачі A , опору (імпеданс) Z , провідності Y , гібридна H тощо. Друга категорія це матриці розсіяння S і хвильові матриці передачі T .

Для діагностування обрано РК 50 Гц, у котрих частотний діапазон є обмеженим областю з низькими частотами. У такому випадку для проведення обчислень використовуємо матриці першої групи, а саме матрицю передачі.

Матриця передачі (ланцюгова матриця) A відповідна передачі сигналу з одного входу чотириполюсника рейкової лінії до іншого (зліва на право), тому незалежними змінними вважаються вихідні з чотирьохполюсника напруги U і струм I , їх можна подати наступним вираженням (2.1)

$$\begin{cases} U_1 = A_{11}U_2 + A_{12}I_2 \\ I_1 = A_{21}U_2 + A_{22}I_2 \end{cases}$$

Частина складових матриці A обчислюється в режимі холостого ходу, а частина - в режимі короткого замикання виходу

$$A_{11} = \left. \frac{U_1}{U_2} \right|_{I_2=0}, \quad A_{12} = \left. \frac{U_1}{I_2} \right|_{U_2=0}, \quad A_{21} = \left. \frac{I_1}{U_2} \right|_{I_2=0}, \quad A_{22} = \left. \frac{I_1}{I_2} \right|_{U_2=0}$$

В цілому рейкову лінію розглядають як параметризований чотириполюсник. Даний чотириполюсник може використовуватись в режимі довільного навантаження або подовженій чи поперечній асиметрії.

Розрахунок стану РК базується на вигляді двопровідної або трипровідної лінії електромережі з розподіленими параметрами. Значення первинних параметрів залежать від наступних чинників: просторова координата, неоднорідність, якість, стан та висота шпал чи баласту, наявність перемичок між коліями, котрі застосовуються у дренажній системі тягового струму тощо. Тому подовжніми параметрами рахуємо питомий опір і індуктивність рейок, а поперечними параметрами є провідність та ємність поміж рейок. Рейкова лінія схильна до впливу на неї внутрішніх та зовнішніх перешкод.

Методично для зручності створено три категорії зовнішніх перешкод для рейкової лінії, що є чутливим елементом системи автоматики та автоматизації:

- безперервна діяльність (зміна температури, поява вологості тощо), котра змінює параметри рейкової лінії:
- дискретна діяльність (перебій шунта поїзда або обрив рейкової лінії), котра змінює структуру схеми заміщення;
- безперервна і дискретна діяльність (завади тягового струму та блукаючих струмів тощо), котра не змінює параметри та структуру схеми заміщення, проте окрім основного сигналу має деякий вплив на приймач .

Реакцією рейкового кола на подібні перешкоди є зміна параметрів сигналів на вході і виході кола, котрі впливають на його стан. А саме:

- амплітуда та фаза напруги і струму на вході рейкового кола;
- амплітуда і фаза напруги на виході увімкнутого рейкового кола.

Безперервні і дискретні перешкоди і їх вплив на шлях передачі та як наслідок й на роботу приймача рейкового ланцюга досконало освоєні і описані у схеми заміщення та при цьому при розробці математичних моделей породження образів завад не враховуються.

При експериментуванні з рейковими ланцюгами змінного синусоїдального струму рейкову лінію вивчають саме як лінію з рівномірно розподіленими параметрами [6]. Це надає результати, котрі співвідносяться з реальними показниками.

При двопровідному представленні схеми рейкової лінії у нормальному режимі вона заміщується пасивним симетричним чотириполюсником з розподіленими параметрами, вираз передачі якої в системі параметрів A описано так

$$\left. \begin{aligned} U_1 &= U_2 A + I_2 B \\ I_1 &= U_2 C + I_2 D \end{aligned} \right\}$$

де A, B, C, D - параметри рейкового чотириполюсника.

Такий чотириполюсник охарактеризовано двома незалежними параметрами, тому що між параметрами є такі співвідношення

$$AD - BC = 1; \quad A = D \quad (2.4)$$

В РК, котрі мають в якості сигналу опиту змінну напругу дані параметри виражаються через комплексну гіперболічну функцію від вторинних параметрів і довжини l електричної лінії

$$\left. \begin{aligned} A &= ch(\gamma l), \quad B = Z_B \cdot sh(\gamma l) \\ C &= \frac{1}{Z_B} \cdot sh(\gamma l), \quad D = A = ch(\gamma l) \end{aligned} \right\}$$

Вибір точок вимірювання

Зазвичай вибір діагностичних параметрів є серйозною проблемою. Для початку бажано варто застосовувати комплексні параметри, через те що, слідкуючи за одним або двома такими параметрами можна слідкувати за функціонуванням та роботою об'єкта. Але для більшості об'єктів таких параметрів поки що не виявлено та за для цього повинна проводитись дослідницька робота. Проте навіть якщо контролювати усі параметри, зазначені у технічних вказівках для об'єкту діагностування, не гарантує нормальної роботи та повного виконання функцій об'єкта, через це є необхідність застосування додаткових параметрів.

Важливим питанням діагностування РК, і загалом будь-якої системи діагностування, є визначення місць або точок, з котрих зніматимуться виміри або показники. Точність вимірювань та загалом кінцевий результат і правильність діагностування залежить від правильності визначення даних точок.

Обрання точок вимірів залежить від багатьох факторів. Основним фактором є можливість підключення вимірювального обладнання до системи, котру діагностуємо. Наш випадок - це станційні рейкові кола та сигнальна установка. Вплив впровадження обладнання діагностики на роботу рейкових кіл, сигнальної установки та безпеку руху поїздів залежить від вище перелічених факторів, котрі ураховуються в технічну документацію на рівні залізниці. Зокрема обладнання діагностики має економічний вплив на саму діагностичну систему та обслуговування, витрати на впровадження (використання людино-годин на установку обладнання, оптимізацію тощо).

Потрібним об'єктом діагностування є станційне рейкове коло 50 Гц, через вище перелічені фактори знімання електричних параметрів з самого рейкового кола з хорошою точністю нажаль не можливо. Щоб прибрати або зменшити впливання перешкод на вимірювання, котрі з'являються через різне обладнання автоматики рейкового кола, є необхідність раціонального шляху, ланцюг вимірювання має проходити якнайменше приладів. Першим варіантом проведення вимірів є вимірювання з затискача ізолюючого трансформатора (ІТ), котрий міститься в релейній шафі сигнальної установки, даний метод відкидає вплив самого ІТ та обмежуючого опору R_0 . Другий варіант вимірів не виключає вплив ІТ та R_0 . Різницю у вимірах видно з наслідків обчислювання параметрів рейкового кола. Станційні РК виключають можливість використання першого варіанту через розміщення ІТ і R_0 в колійній коробці. Другий варіант більш оптимальний для розгляду роботи сигнальної установки.

В системі діагностування, котру ми проектуємо, використовуємо другий варіант.

Результат діагностування має залежність не лише від стану об'єкту, але й від вимог до об'єкту при діагностуванні, а вони залежать від призначення самого об'єкту. Через це під час діагностування першочергово потрібно дізнатись діагностичні параметри, за результатами котрих визначається чи оцінюється результат діагностування. Даних параметрів може бути чимало, але маємо врахувати те, що через збільшення кількості параметрів діагностування часто

зростає об'єм праці та складність обладнання діагностування. Через це зазвичай число параметрів діагностування не перевищує 2-6 параметрів.

Методика автоматизованого визначення параметрів кодового рейкового кола 50 Гц

Будь які розрахунки, тим паче автоматизовані, потребують вихідних даних. Визначення параметрів рейкового кола 50 Гц з реле ДСШ-12 мають потребу внесення у вихідні дані різних констант, даних котрі заносить оператор, даних котрі надходять до системи діагностування з лінійних контролерів.

Константи включають в себе наступні параметри та значення, котрі вносить оператор під час первинного запуску та оптимізації автоматизованої системи діагностування:

- довжина рейкового кола $L_{\max} 1500 \text{ м};$

п

Мінімально можливий питомий ізоляційний опір рейкової лінії $r_{\text{и}}=1 \text{ Ом}\cdot\text{км};$

т

- напруга вмикання реле $U_{\text{ср}} = 14e^{j72^\circ} \text{ В};$

о

- струм вмикання реле $I_p = 0.023 \text{ А};$

м

- опір реле ДСШ-12 $Z_p = 610e^{j65^\circ} \text{ Ом};$

и

-

й

-

п

-

о

- ємність обмежувача $C_0 = 12 \text{ мкФ};$

р

п

- ємність, увімкнута паралельно реле $C_p = 4 \text{ мкФ};$

д

і

в

- опір дроту між дросельним трансформатором та реле $R_{\text{и}} = 150 \text{ Ом};$

р

а

- коефіцієнти чотирьохполюсника дросельного трансформатору ДТ-0.2-500

При урахуванні коефіцієнту трансформації $n=40$ для релейного кінця :

р

а

е

д

и

б

о

й

к

е

ж

і

$A_{\text{Дтр}}=0.03e^{-j3^\circ}; \quad B_{\text{Дтр}}=1.47e^{-j61^\circ} \text{ Ом};$

$C_{\text{Дтр}}=0.14e^{-j82^\circ} \text{ См}; \quad D_{\text{Дтр}}=40.1e^{-j1^\circ};$

(для кінця живлення коефіцієнти A і D змінюються місцями);

- коефіцієнт розподілу струму витоку $m = 0$;

-

Автоматизоване обчислення параметрів та режимів рейкового кола проходить відповідно схемі заміщення РК 50 Гц котру наведено на рис.2.1.

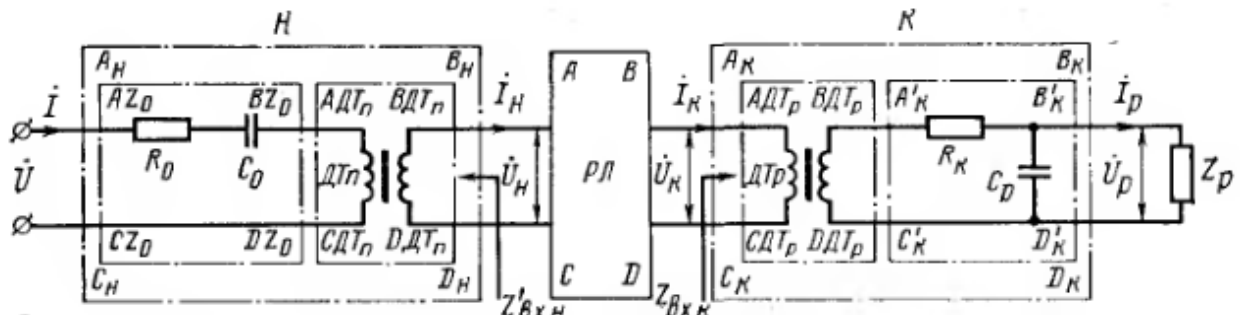


Рис.2.1. Схема заміщення кодового РК 50 Гц

Задля зменшення об'єму розрахунків чотириполіусники дросельного трансформатору і ізолюючого трансформатору на живильному та релейному кінці

Коефіцієнти загального чотириполіуснику живильного кінця знаходимо з виразу:

$$A_H = 0,14e^{-j82^\circ} \text{См}; D_H = 0,03e^{-j3^\circ}$$

Коефіцієнти загального чотириполіуснику релейного кінця знаходимо з рівняння матриці:

$$A_K B_K C_K D_K = A_D T_P B_D T_P C_D T_P D_D T_P \times 1 R K 01 \times 101 / 1 = 0,03e^{-j3^\circ} \cdot 1,47e^{-j61^\circ} \cdot 0,14e^{-j82^\circ}$$

$$A_H = 13,287e^{-j71^\circ 28'}; B_H = 6,969e^{-j75^\circ 8'} \text{Ом};$$

$$C_K = 0,096e^{-j61^\circ 40'} \text{См}; D_K = 47,99e^{-j26^\circ 36'}$$

Задля обчислення параметрів чотириполіуснику рейкової лінії потрібно в початку виміряти показники струму та напруги на вході та виході загального чотириполіусника, конкретніше: струм та напруга за перетворювачем частоти U_{1H} ,

$$A_K = 0,029e^{j11^\circ 49'}; B_K = 5,306e^{j11^\circ 26'} \text{Ом};$$

U_{1H} – у точках 1-2 та напруга і струм на виході фільтру приймача на колії U_{2K} , I_{2K} – у точках 3-4, котрі потрібні у наступних розрахунках.

Задля того щоб знайти напругу та струм початку U_1 , I_1 , та кінця U_2 , I_2 рейкової лінії, використаємо наступні формули:

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{C_H U_{1H} - A_H I_{1H}}{C_H B_H - D_H A_H} \\ U_1 &= \frac{C_H B_H - D_H A_H}{C_H} I_{1H} \\ U_2 &= A_K U_{2K} + B_K I_{2K} \\ I_2 &= C_K U_{2K} + D_K I_{2K} \end{aligned}$$

Знайдемо параметри чотиріполюснику рейкової лінії:

$$\begin{aligned} A &= \frac{I_1 U_1 + U_2 I_2}{I_1 U_1 - U_2 I_2} \\ C &= \frac{I_1 U_1 + U_2 I_2}{U_1 - U_2} \\ B &= \frac{U_1 - U_2}{I_2} \end{aligned}$$

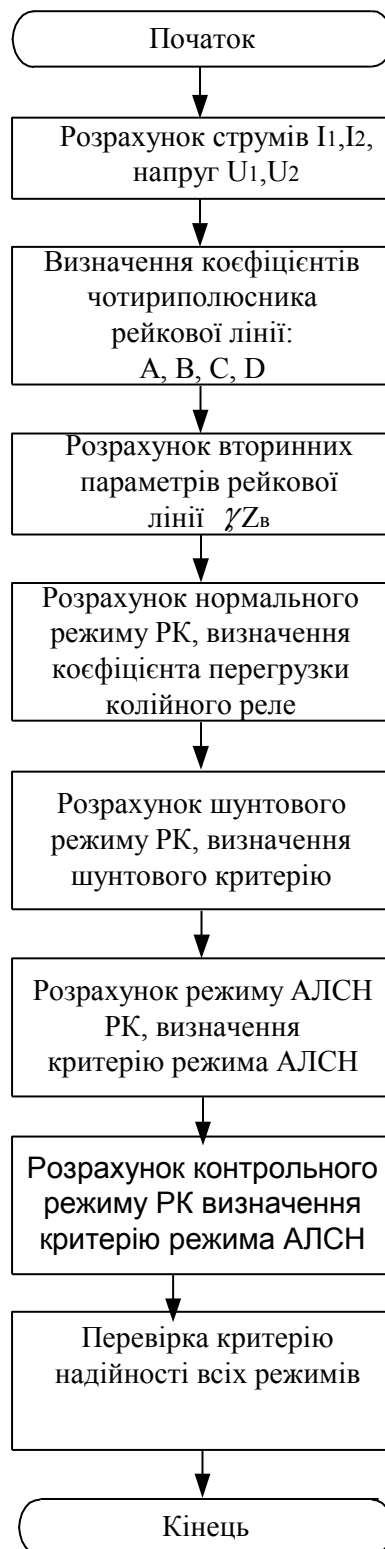


Рис. 2.3. Послідовність автоматизованого розрахунку параметрів та режимів рейкового кола

Розрахуємо другорядні параметри рейкової лінії, а саме:

Коефіцієнт розповсюдження

Хвильовий опір

$$\gamma = \frac{\text{arcch} A}{l}$$

Розрахунок параметрів чотириполюсника рейкової лінії в нормальному режимі.

Нормальний режим - це стан справного та вільного від рухомого складу рейкового кола, при котрому приймач на колії надає дискретне позначення «Вільно» (1). Дане позначення надаватиметься надійно при умові правильного проектування та регулювання рейкового кола та дотриманні двох факторів:

- Поєднання значень основних параметрів при несприятливих умовах задля передачі енергії ($U_{\min}$, $z(r_{\max})$, $r_{\min}$) має контролювати рівень сигналу на вході одноелементного приймача задля його відповідності робочому струму I_p ;
- Поєднання значень основних параметрів при сприятливих умовах задля передачі енергії ($U_{\max}$, $z(r_{\min})$, $r_{\max}$) має контролювати рівень сигналу на вході одноелементного приймача, щоб його значення не перевищувало допустиме перевантаження по струму ($I_{\text{пер.д}}$) чи напрузі ($U_{\text{пер.д}}$).

Критеріями першого стану є напруга U , струм I і потужність джерела S , при котрих приймач надійно працюватиме.

Критерієм другого стану працює співвідношення:

$$K_{\text{пер.ф}} < K_{\text{пер.д}}$$

$K_{\text{пер.ф}}$ - фактичний коефіцієнт перевантаження приймача,

$K_{\text{пер.д}}$ – максимально допустимий коефіцієнт перевантаження приймача.

Коефіцієнти чотириполюснику РЛ при нормальному режимі знаходяться за формулами:

с

h

коефіцієнт розповсюдження:

$$Z =$$

$$\text{хвильовий опір } 0,8e^{j65^\circ} \cdot 1,0 = 0,895e^{-j32^\circ 30'} \text{ 1/км.} \quad (2.18)$$

$$\text{с} \quad Z_B = \sqrt{z r_i} = \sqrt{0,8e^{j65^\circ} \cdot 1,0} = 0,895e^{j32^\circ 30'} \text{ Ом.} \quad (2.19)$$

h

Коефіцієнт рейкового чотирьохполюсника з (2.8)

;

С

$$e^{j32^\circ 30'} \cdot 1.5 = 1.575e^{j35^\circ 37'}; \quad (2.20)$$

$$Z_{\text{вshyl}} = 0,895e^{j32^\circ 30'} \text{sh}(0,895e^{j32^\circ 30'} \cdot 1.5) = 1.373e^{j80^\circ 4'} \text{ Ом}; \quad (2.21)$$

$$C = \frac{\text{shyl}}{Z_{\text{в}}} = \frac{\text{sh}(0,895e^{j32^\circ 30'} \cdot 1.5)}{0,895e^{j32^\circ 30'}} = 1,717e^{j14^\circ 48'} \text{ См}. \quad (2.22)$$

Напруга та струм на кінці рейкової лінії:

$$U_{\text{к}} = A_{\text{к}} U_{\text{ср}} + B_{\text{к}} I_{\text{р}} = 0,029e^{j9^\circ 49'} \cdot 14e^{j72^\circ} + 5,306e^{j11^\circ 26'} \cdot 0,023 = 0,461e^{j67^\circ 42'} \text{ В}; \quad (2.23)$$

$$I_{\text{к}} = C_{\text{к}} U_{\text{ср}} + D_{\text{к}} I_{\text{р}} = 0,096e^{j61^\circ 40'} \cdot 14e^{j72^\circ} + 47,99e^{-j26^\circ 38'} \cdot 0,023 = e^{-j6^\circ 6'} \text{ А}; \quad (2.24)$$

Напруга та струм на початку рейкової лінії:

$$U_{\text{н}} = A U_{\text{к}} + B I_{\text{к}} = 1,575e^{j35^\circ 37'} \cdot 0,461e^{j67^\circ 42'} + 1,373e^{j80^\circ 4'} \cdot 2,326e^{-j6^\circ 6'} = e^{j79^\circ 29'} \text{ В}; \quad (2.25)$$

$$I_{\text{н}} = C U_{\text{к}} + D I_{\text{к}} = 1,717e^{j14^\circ 48'} \cdot 0,461e^{j67^\circ 42'} + 1,575e^{j35^\circ 37'} \cdot e^{j6^\circ 6'} = 4,191e^{j38^\circ 10'} \text{ А}. \quad (2.26)$$

Мінімально допустиме значення напруги первинної обмотки колійного трансформатору та її струму:

=

$$A_{\text{н}} U_{\text{н}} + B_{\text{н}} I_{\text{н}} = 13,287e^{-j71^\circ 28'} \cdot 3,846e^{-j79^\circ 29'} + 6,969e^{-j75^\circ 8'}$$

$$I_{\text{мін}} = C_{\text{н}} U_{\text{н}} + D_{\text{н}} I_{\text{к}} = 0,14e^{-j82^\circ}$$

,

$$e^{-j8^\circ 19'} \text{ В}; \quad (2.27)$$

$$\beta_{\text{р}} = \varphi U - \alpha_{\text{и}} = -8^\circ 19' - -18^\circ = 9^\circ 41', \quad (2.29) \text{ де } \varphi U = -8^\circ 19' - \text{ аргумент}$$

$$\text{к} \quad -j8^\circ 19' \text{ В}; \quad (2.27)$$

о при введенні значення мінімальної напруги та струму колійного трансформатору:

$$U \quad \text{В}; \quad (2.27)$$

U

е В

$$I_{\text{с}} \cos \beta_{\text{р}} = 0,642e^{j3^\circ 55'} \cos 9^\circ 41' = 0.651e^{j3^\circ 55'} \text{ А}; \quad (2.32)$$

U

у

$\varphi U = \varphi_{\text{п}}$.

Для трансформатору типу ПОБС-3А фактично є можливість застосування $K_{тр}=1$. Номінальне значення напруги і струму колійного трансформатору з урахуванням коливання напруги не більше 10%:

U

$$I_{min}^{1,1} = 1,1 \cdot 0,651 e^{j3^\circ 55'} = 0,761 e^{j3^\circ 55'} \text{ А.} \quad (2.34) \text{ Потужність,}$$

Використовується рейковим колом:

S

=

$$I_{min}^{1,1} = 1,1 \cdot 0,651 e^{j3^\circ 55'} = 0,761 e^{j3^\circ 55'} \text{ А.} \quad (2.35)$$

Шунтовий режим – це стан рейкового кола при котрому його приймач надає дискретне зазначення «Зайнято» (0) при появі шунта потягу опором не нижче нормативного в будь-якій точці рейкової лінії.

Критерієм надійності шунтового режиму є вираз

$$K_{ш} > 1$$

$K_{ш}$ — коефіцієнт шунтової чутливості до нормального шунта потягу для будь якої приблизної координати P_m рейкової лінії, котрий вираховується при критичних значеннях основних параметрів для даного режиму:

$$R_{шн} = \infty, P_{m \text{ крит}}).$$

Опір нормативного шунта, прийнятий в країнах СЕВ: $R_{шн}=0,06 \text{ Ом}$ - для всіх рейкових кіл, крім гіркових. Через те, що всі основні нерозгалужені рейкові кола постійного і змінного струму мають граничну (мінімальну) шунтову чутливість на кінцях рейкової лінії, цілком достатньою буде перевірка в розрахунках лише на живильному та релейному кінці.

Коефіцієнт шунтової чутливості релейного кінця:

$Z_{пшр}$ – аргумент комплексу опору передачі $Z_{пшр}$.

Опір передачі рейкового кола при появі шунта на релейному кінці знаходимо за виразом :

Д

К

Ф

Д

Ш

Р

$$Z_{\text{шпр}} = K'_{\text{тн}} K_{\text{тк}} A_{\text{шпр}} Z_{\text{вх.к}} + B_{\text{шпр}} + C_{\text{шпр}} Z_{\text{вх.к}} + D_{\text{шпр}} Z'_{\text{вх.н}} \quad Z_{\text{шпп}} = K'_{\text{тн}} K_{\text{тк}} A_{\text{шпп}} Z_{\text{вх.к}} + B_{\text{шпп}} + C_{\text{шпп}} Z_{\text{вх.к}} + D_{\text{шпп}} Z'_{\text{вх.н}};$$

Величини котрі є в даній формулі, для $Z_{\text{шпр}}$ враховують наступні значення:
зворотній вхідний опір на живильному кінці

$$Z'_{\text{вх.н}} = \frac{B_{\text{н}}}{A_{\text{н}}} = \frac{6,969e^{-j75^{\circ}8'}}{13,287e^{-j71^{\circ}28'}} = 0,524e^{-j3^{\circ}40'} \text{ Ом}; \quad (2.39)$$

прямий вхідний опір на релейному кінці

$$Z_{\text{вх.к}} = \frac{A_{\text{к}} Z_{\text{р}} + B_{\text{к}}}{C_{\text{к}} Z_{\text{р}} + D_{\text{к}}} = \frac{0,029e^{j11^{\circ}49'} \cdot 610e^{j65^{\circ}} + 5,306e^{j11^{\circ}26'}}{0,096e^{-j61^{\circ}40'} \cdot 610e^{j65^{\circ}} + 47,99e^{-j26^{\circ}36'}} = 0,2e^{j71^{\circ}43'} \text{ Ом}; \quad (2.40)$$

коефіцієнт затухання струму на релейному кінці

K

т

К Зворотній коефіцієнт затухання струму чотирьохполюсника Н

$$K_{\text{р+Дк}} = 0,096e^{-j61^{\circ}40'} \cdot 610e^{j65^{\circ}} + 47,99e^{-j26^{\circ}36'} = 103,128e^{j9^{\circ}28'};$$

т

Коефіцієнти чотирьохполюсника рейкової лінії при появі шунта на

р

є

A

$$A = 0,2e^{-j71^{\circ}43'}; \quad (2.42)$$

є

$$C_{\text{шпр}} = \frac{1}{R_{\text{шп}}} = 16,66 \text{ См}; \quad (2.45)$$

$$B_{\text{шн}} = 1 + 0,8e^{j65^{\circ}} \cdot 1,50,06 = 20,438e^{j62^{\circ}43'}; \quad (2.43)$$

$D_{\text{шпр}} = 1$;

н

Опір передачі:

$$Z_{\text{шпр}} = K'_{\text{тн}} K_{\text{тк}} [A_{\text{шпр}} Z_{\text{вх.к}} + B_{\text{шпр}} + (C_{\text{шпр}} Z_{\text{вх.к}} + D_{\text{шпр}}) Z'_{\text{вх.н}}] = 13,287e^{-j71^{\circ}28'} \cdot$$

м

$$103,128e^{j9^{\circ}58'} \cdot [20,438e^{j62^{\circ}43'} \cdot 0,2e^{j71^{\circ}43'} + 1,2e^{j65^{\circ}} + (16,66 \cdot 0,2e^{j71^{\circ}43'} + 1) \cdot$$

$$0,524e^{j3^{\circ}40'}] = 7842,526e^{j20^{\circ}31'} \text{ Ом}. \quad (2.47)$$

к

Допустима напруга витоку при появі шунта релейного кінця:

$$U_{\text{дшпр}} = K'_{\text{вн}} I_{\text{р}} |Z_{\text{шпр}}| = 0,34 \cdot 0,023 \cdot 7842,526 = 61,4 \text{ В}. \quad (2.48)$$

н

Коефіцієнт шунтової чутливості релейного кінця:

ц

K

і

Коефіцієнт шунтової чутливості живлячого кінця:

р

K

$$K_{\text{ш}} = -18^{\circ} = 1,05. \quad (2.49)$$

р

Д

е $\varphi_{\min}$ – аргумент комплексу опору передачі $Z_{\text{пшп}}$.

У_{дшп}=I_{рш}·Z_{шп} – коефіцієнти чотириполюсника рейкової лінії при (2.51) і нормативного шунта на живильному кінці:

$$A_{\text{шп}}=1 ;$$

В

ш $C_{\text{шп}}=\frac{1}{R_{\text{шп}}}=16,66 \text{ См};$

р $D_{\text{шп}}=1+z_l R_{\text{шп}}=20,438e^{j62^\circ 43'}.$
l

Опір передачі
 $e^{j65^\circ} \text{ Ом};$

$$Z_{\text{пшп}} = K'_{\text{тн}} K_{\text{тк}} [A_{\text{шп}} Z_{\text{вхк}} + B_{\text{шп}} + (C_{\text{шп}} Z_{\text{вхн}} + D_{\text{шп}}) Z_{\text{вхн}}] = 13,287e^{-j71^\circ 28'} \cdot 103,128e^{j9^\circ 58'} \cdot [0,2e^{j71^\circ 43'} + 1,2e^{j65^\circ} + (16,66 \cdot 0,2e^{j71^\circ 43'} + 20,438e^{j62^\circ 43'}) \cdot 0,524e^{j3^\circ 40'}] = 971,06e^{j20^\circ 31'} \text{ Ом.} \quad (2.52)$$

Допустима напруга витоку

U

Коефіцієнт шунтової чутливості

д

К_ш

Розрахунок контрольного режиму.

п

Контрольний режим – це стан рейкового кола, при якому приймач на колії) надає дискретне зазначення «Зайнято» (0), при повному електричному розриві) рейкової нитки в будь-якій точці рейкової лінії.

Критерієм надійності контрольного режиму є вираз

$$K_{\text{ки}} \geq 1,$$

К_{кп} - коефіцієнт чутливості кола до обірваної (пошкодженої) нитки, котрий вираховується при критичному наборі основних параметрів для даного

р

Коефіцієнт чутливості РК до пошкодженої рейки К_{кп} обчислюється за методом порівняння напруги

и

К

м

к

у

п

U

д

т

к

$U_{\text{фmin}}$ - реальна мінімальна напруга генератору, розрахована в нормальному режимі.

Допустима напруга генератору при контрольному режимі

$$U_{\text{дкп}} = I_{\text{рк}} Z_{\text{пкп}} = K'_{\text{вн}} I_{\text{ср}} Z_{\text{пкп}}. \quad (2.56)$$

Комплекс опору передачі загальної схеми заміщення при контрольному режимі вираховуємо за формулою:

$$Z_{\text{пкп}} = K'_{\text{тн}} K_{\text{тк}} A_{\text{гп}} Z_{\text{вхк}} + B_{\text{гп}} + (C_{\text{гп}} Z_{\text{вхн}} + D_{\text{гп}}) Z_{\text{вхн}} \quad (2.57)$$

Значення $K'_{\text{тн}}$, $K_{\text{тк}}$, $Z'_{\text{вхн}}$, $Z_{\text{вхк}}$ залишаються незмінними з шунтового режиму.

Контрольний режим має обчислюватись при критичних значеннях поточної координати $p_{\text{кп}}$ місця відмови (повного електричного розриву) рейки та опору ізоляції. Обидва критичні значення для кожного рейкового кола в цілому вираховують за результатами попередніх розрахунків.

Розрахунки критичних значень $\gamma_{\text{и кр}}$ і $p_{\text{кп}}$ в цілому є трудомістким процесом, через це аналітичні вирази для цих величин вираховуються з цілим рядом допущень і спрощень. Тому для рейкового кола змінного струму співвідносно є

і Коефіцієнт чутливості пошкодженої рейки

в К

н

$\varphi_{\text{пк}}$ – аргумент комплексу опору передачі $Z_{\text{пк}}$.

Задля вираховування $Z_{\text{пкп}}$ необхідно прорахувати сукупні похідних величин:

$$U_{\text{дк}} = I_{\text{рк}} Z_{\text{пкп}} = K'_{\text{вн}} I_{\text{ср}} Z_{\text{пкп}} \quad (2.59)$$

Е

Висновок: для розрахунку критичних значень $\gamma_{\text{и кр}}$ і $p_{\text{кп}}$ необхідно прорахувати сукупні похідних величин:

х А

і
к

д
п В

р

$$ej65^{\circ}53' \text{ Ом}; \quad (2.62)$$

и
н С

х
н

$$\bar{p}_{\text{рsh}}(\gamma_l)_{\text{кр}} + 12E1 + 2mch(\gamma_l)_{\text{кр}} + 1S1 + S2 = 0.8ej65^{\circ} \cdot 1.51.35ej32^{\circ}30' sh1.35ej32^{\circ}30' +$$

$$ej31^{\circ}19'. \quad (2.63)$$

Опір передачі

$$Z_{пкп} = K'_{тН} K_{тк} A_{гп} Z_{вхК} + B_{гп} + (C_{гп} Z_{вхН} + D_{гп}) Z'_{вхН} = 13,287e^{-j71^{\circ}28'} \cdot 103,128e^{-j3^{\circ}40'} = 901,1e^{-j15^{\circ}20'}.$$

е

— $U_{дк} = K'_{вН} I_p Z_{пк} = 0,34 \cdot 0,023 \cdot 901,1 = 85,4 \text{ В}$

$$— \quad U_{дк} = K'_{вН} I_p Z_{пк} = 0,34 \cdot 0,023 \cdot 901,1 = 85,4 \text{ В} \quad (2.65)$$

Коефіцієнт чутливості до пошкодженої рейки

е

$$— j15^{\circ}20'. \quad \text{Отже, контроль рейки забезпечується.} \quad (2.64)$$

К

к

Розрахунок режиму короткого замикання

Режим короткого замикання – режим роботи генератора при розташуванні нормативного шунту поїзда у початку рейкової лінії, а конкретно у тій точці, де вмикається генератор ($p=1$).

Доречі можна розглянути режим короткого замикання основного генератора потрий подає живлення колійний приймач та додаткового генератора, котрий подає живлення на локомотивний приймач через рейкову лінію, пов'язану з ним індуктивно. В рейкових колах змінного струму функцію додаткового генератора іноді виконуж основний генератор при умові накладання кодових сигналів АЛСН на живильному кінці.

До критеріїв режиму короткого замикання відноситься струм $I_{кз}$ та потужність $S_{ка}$ генератора.

Зазвичай струм та потужність режиму короткого замикання вищі за струм та потужність при нормальному режимі. Але в схемах з обмежувачами ємності відношення між ними може бути направленим в інший бік..

Режим КЗ вираховується при поєднанні основних параметрів, через це $R_{шп} = 0$, а $p=1$.

Числові значення основних параметрів режиму КЗ генератора котре виникає крізь чотириполюсник Н в більшості залежать від відношення параметрів даного чотириполюсника від вхідного опору рейкової лінії $Z_{вх}$.

Через це струм та потужність режиму КЗ можуть бути у кілька разів більшими за струм і потужність при нормальному режимі чи можуть бути наприклад менші за ці значення при застосуванні обмежувачів .

Вхідний опір через коротке замикання

$$Z_{K3} = \frac{B_H}{D_H} = \frac{6,969e^{-j75^\circ 8'}}{0,03e^{-j3^\circ}} = 232,3e^{-j72^\circ 8'} \text{ Ом.} \quad (2.67)$$

Струм витоку через коротке замикання рейок

$$I_{K3} = \frac{\dot{U}}{Z_{K3}} = \frac{82,761e^{-j8^\circ 19'}}{232,3e^{-j72^\circ 8'}} = 0,356e^{j63^\circ 49'} \text{ А.} \quad (2.68)$$

Потужність витоку через коротке замикання рейок

$$S_{K3} = U'_{\text{фmin}} I_{K3} = 82,761e^{-j8^\circ 19'} \cdot 0,356e^{-j63^\circ 49'} = 29,5e^{-j72^\circ 8'} \text{ В} \cdot \text{А.} \quad (2.69)$$

Розрахунок режиму АЛС.

Режим АЛС - це стан справного зайнятого рейкового кола, при котрому в рейковій петлі виникає рівень кодового сигналу, якого достатньо для надійної роботи локомотивного приймача, котрий знаходиться на віддаленому від генератора АЛС кінці рейкової лінії.

Критерій надійності режиму АЛС визначає вираз:

$K_{\text{Л}} = \frac{I_{\text{лфmin}}}{I_{\text{ЛН}}} \geq 1$
 $I_{\text{лфmin}}$ — мінімальний струм рейкової лінії при появі шунту потяга на віддаленому від генератора кодового сигналу АЛС кінці рейкової лінії і поєднанні основних параметрів даного режиму ($U_{\text{min}}, Z, r_{\text{imin}}, p=0$);

$I_{\text{ЛН}}$ — нормативний струм АЛС, при котрому локомотивний приймач виконує роботу надійно.

Кодові сигнали АЛС наносяться майже на усі двохниткові рейкові змінного та постійного струму.

Кодові сигнали направляються з двох кінців рейкового кола, та в РК при направленні кодових сигналів з живильного кінцю використовують загальні генератори та загальні обмежувачі для сигнального струму та струму АЛС. У інших випадках генератором струму кодового сигналу служить спеціальний кодовий трансформатор з використанням самостійного та загального сигнального генератору - обмежувача струму короткого замикання.

Самостійний генератор кодових сигналів використовується на живильному кінці РК змінного струму, при умові застосування для кодового струму АЛС відмінна від частоти сигнального струму РК частоти. Обидва генератора під'єднуються у рейкове коло паралельно та мають загальні та індивідуальні обмежувачі.

При критичних умовах для режиму АЛС живляться струмом АЛСН і визначають коефіцієнт АЛСН:

Опір передачі кола при режимі АЛС

$$Z_{пл} = K'_{тНВ} + DZ_{вхН} = 13,287e^{-j71^{\circ}28'} + 1,373ej80^{\circ}4' + 1,575ej35^{\circ}37' \cdot 0,524e^{-j3^{\circ}40'} =$$

Коефіцієнт при режимі АЛС

Експериментальна перевірка розробленого методу

Усі розрахунки і розробка математичної моделі мають бути відповідними від реальних значень чи вимірів. Задля перевірення спроектованого методу роботи автоматизованої системи діагностування зробимо порівняння вирахованих за допомогою спроектованого методу та нормативних значень коефіцієнтів чотириполюсника у рейковій лінії.

Задля вирахування коефіцієнтів чотириполюсника у рейковій лінії та порівняння їх з нормативними коефіцієнтами було використано математичну програму MathCAD. Перевірення другорядних параметрів рейкової лінії та режимів роботи рейкового кола та їх критерії не виконується через те що точність результатів їх обчислення має прямо пропорційну залежність від коефіцієнтів чотириполюсника у рейковій лінії.

Нормативними значеннями коефіцієнтів чотириполюсника у рейковій лінії вважаються значення А, В, С, D, з питомим опором рейок зі сталевими приварними

З

,

є

д

и

$$A_n = D_n = 2,664e^{j45^\circ}; B_n = 1,795e^{j74^\circ} \text{ Ом}; C_n = 3,989e^{j22^\circ} \text{ Див. 2.6}$$

Якщо з лінійного контролера системи діагностування ми отримали такі значення напруги та струму на ПОБС-3А та колійному елементі реле ДСШ-12:

$$U_{1H} = 82 \text{ В}, I_{1H} = 0,8 \text{ А}, U_{2K} = 14,2 \text{ В}, I_{2K} = 0,023 \text{ А}.$$

Для того щоб знайти напруги та струми на початку U_1, I_1 , та на кінці U_2, I_2 рейкової лінії використаємо формули (2.8) - (2.11):

$$I_1 = \frac{C_n U_{1H} - A_n I_{1H}}{C_n B_n - B_n A_n} = 4,519e^{j22^\circ}$$

$$U_1 = \frac{C_n U_{1H} - A_n I_{1H}}{C_n B_n - B_n A_n} = 3,033e^{j50^\circ}$$

$$I_2 = A_n U_{2K} + B_n I_{2K} = 0,31e^{j4^\circ}$$

$$U_2 = C_n U_{2K} + B_n I_{2K} = 1,231e^{-j25^\circ}$$

$$A = \frac{I_1 U_1 + U_2 I_2}{I_1 U_2 + U_1 I_2} = 2,611e^{j44^\circ}$$

$$C = \frac{I_1 U_2 + U_1 I_2}{U_2} = 3,909e^{j23^\circ}$$

$B = \frac{A^2 - 1}{C} = 1,798e^{j75^\circ}$ Порівняємо на скільки в відсотковому відношенні різняться вираховані коефіцієнти чотириполіусника у рейковій лінії від номінальних значень:

$$\frac{|A_n - A|}{A_n} \cdot 100 = 2\%;$$

$$\frac{|B_n - B|}{B_n} \cdot 100 = 1,9\%;$$

$$\frac{|C_n - C|}{C_n} \cdot 100 = 2\%.$$

Дана відсоткова похибка є нормальною для системи діагностування та на наступні розрахунки і прогнози не мають серйозного впливу. Спроекований метод автоматизованого діагностування кодового рейкового кола 50 ГЦ є надійним і заслуговує використання на залізницях України.

РОЗРОБКА ЦИФРОВОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ ОБЛАДНАННЯ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ НА СТАНЦІЇ

Структурна схема цифрової системи діагностики рейкових кіл

Основою проектованої системи є трьохрівнева структура в котрій нижнім рівнем являються лінійні блоки. З лінійного блоку сигнали надходять на станційні блоки (середній рівень), котрі розташовуються у релейному приміщенні або ж на посту чергового по станції. На середньому рівні сигнал проходить обробку та йде далі на центральний пост та надходить диспетчеру з дистанції сигналізації і зв'язку (вищий рівень). З об'єктів діагностики передавання інформації до станції проходить через спеціальну лінію діагностики (рис. 3.1). З об'єктів діагностики на пост ЕЦ інформація передається за допомогою паралельного порту комп'ютера.

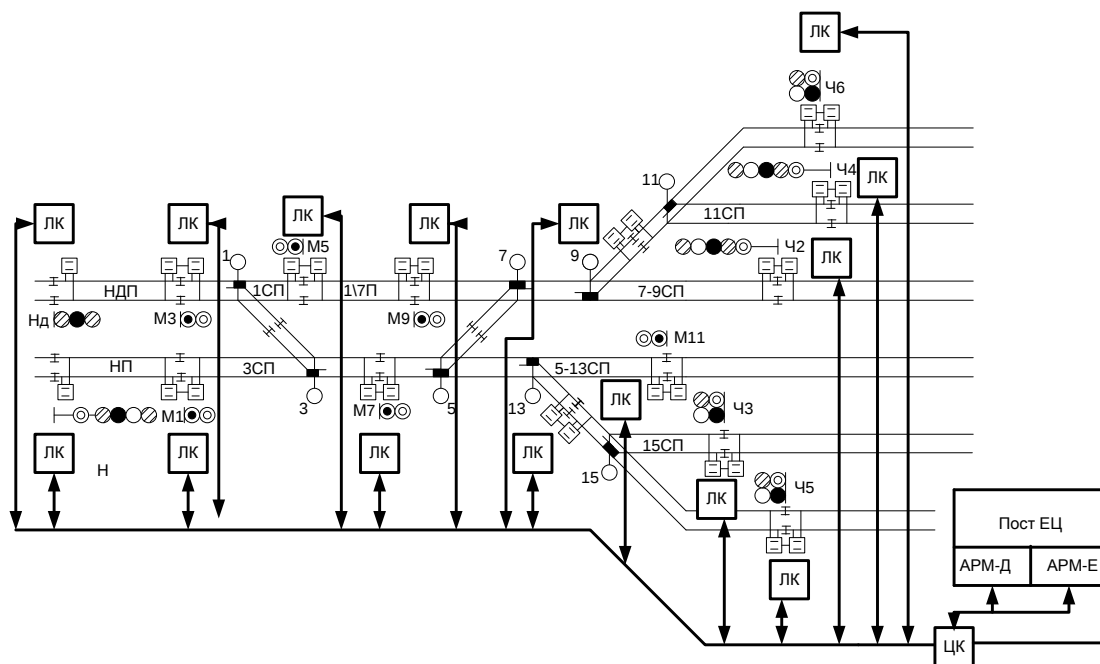


Рис.3.1. Структурна схема системи діагностики РК

АРМ-Д надає черговому на станції чітке відображення нормальної роботи приладів автоматики на рухомому складі потягу, а також відстежує роботу обладнання станційного автоблокування.

АРМ-Е забезпечує контроль централізації, надає змогу аналізувати несправності та використовувати системні технології діагностики та перевірку технічного стану електромеханічних сигнальних систем. Основою автоматизованих робочих місць є персональні комп'ютери IBM PC.

Керуючим елементом обладнання центрального пункту є центральний контролер (рис.3.2), базою якого є мікроконтролер PIC16F877

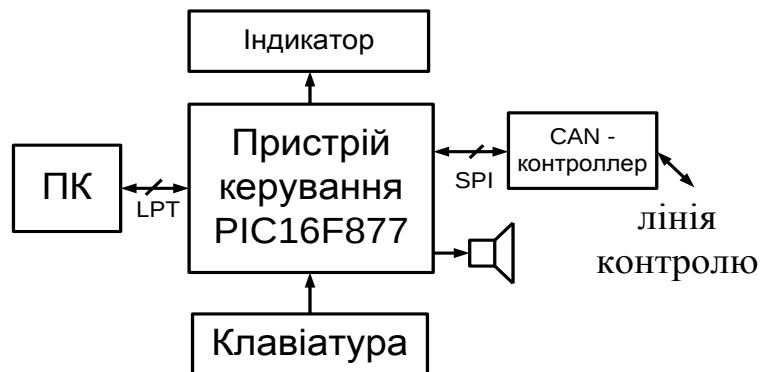


Рис.3.2. Структурна схема центрального контролера

Основні завдання центрального контролера:

- циклічний контроль технічної роботи станційної централізації за запитом контролера;
- збереження поточної інформації про стан усіх проаналізованих контролерів;
- організовувати обмін даними між автоматизованими робочими місцями та центральним контролером;
- керування режимами роботи контролерів;
- керування аварійною індикацією при несправності обладнання на АРМ.

Базою лінійного пункту є PIC мікроконтролер PIC16F873A(рис.3.3). Завдання мікроконтролера - зібрати основну інформацію щодо технічного стану рейкового кола, провести первинну обробку даної інформації та здійснити передачу інформації за запитом центрального контролера.

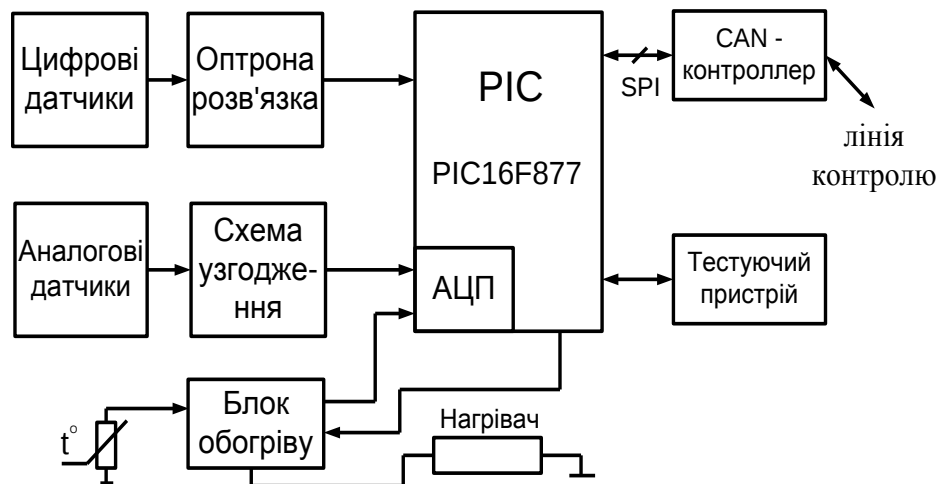


Рис.3.3. Структурна схема лінійного контролера

. Принципова схема лінійного контролера системи ДК

Центральний контролер (ЦК) встановлюють на кожній станції. Його призначення - збір, зберігання та обробка інформації з лінійних контролерів котрі виконують аналіз роботи станційного обладнання. Центральний контролер виконує передачу отриманої інформації на АРМи чергового на станції та механіка СЦБ, також здійснює показ основних даних через вбудований текстовий індикатор. Завдяки цьому система працює автономно та працездатна при несправності автоматизованих робочих місць. Справність системи ДК контролюється засобами центрального контролера, котрі описано нижче.

Зовнішнє обладнання контролюється та керується шляхом використання портів вводу/виводу. До портів з виходу може під'єднуватись вбудоване резисторне навантаження (окремо для різних категорій). Струм навантаження до 20 мА забезпечено вихідними буферами, котрі також керують LED індикаторами. Виходи портів може бути використано в якості входів з установкою сигналом в низький стан, в такому разі струм проходитиме лише за наявності вбудованого резисторного навантаження. Порти В, D, Е може бути використано задля реалізації спеціальних функцій мікроконтролера.

Взаємодія з портами здійснюється трьома регістрами, які розташовано в просторах зберігання пам'яті: регістр даних – PORTx, регістр напрямку даних –

DDRх та регістр адреси виводів входу - PINх. Регістр адреси виводів входу В-порту надає доступ виключно для читання а регістри даних та їх напряму надають доступ як для читання так і для записів. Всі виводи порту В випускаються з наявністю вбудованого резисторного навантаження з індивідуальним підключенням.

Для збереження програм і констант у PIC-контролері використовують перепрограмовану пам'ять програм та незалежну пам'ять даних, котрі запрограмовано за допомогою FLASH-технології.

Пам'ять EEPROM виконана у вигляді окремого простору даних з наявною можливістю зчитування та записування окремих байтів. EEPROM надає 100000 циклів видалення та запису. EEPROM і CPU взаємодіють між собою за допомогою регістра адреси EEPROM, регістра даних EEPROM та регістра керування

Обробка переривання і скидання. Мікроконтролери PIC16F877 мають можливість використання 16 джерел переривання. Данні переривання та вектори розташовуються в окремих векторах у просторі пам'яті програми. Будь яке переривання використовує окремий біт дозволу котрий встановлено разом з бітом І регістра стану. Молодші адреси простору пам'яті програм за замовчуванням є векторами скидання і переривання.

У мікроконтролері PIC16F877 наявні два спец-регістри масок переривань (кожен 8-розрядний) : регістр масок зовнішніх переривань EIMSK та регістр маски переривань таймера/лічильника TIMSK.

Режими енергозбереження (Sleep Modes). Для вмикання в будь якого з трьох режимів енергозбереження біт SE у регістрі MCUCR має бути встановлено в логічну одиницю (стан 1). Біти SM1 і SM0 регістру MCUCR призначені для керування вибору режимів у команді SLEEP, а саме: Idle, Power Down або Power

Якщо MCU запущено у режимі енергозбереження та виникає дозволене переривання то MCU виконує активацію та обробляє переривання і працює в звичайному режимі поки не буде вказано наступну команду SLEEP. У разі скидання в момент режиму енергозбереження MCU виконує активацію і починає роботу за

вектором скидання. Зміст файлів реєстрів, SRAM та пам'яті I/O у момент активації залишається незмінним.

Для реалізації тимчасових функцій, таких, як часові затримки, вимірювання часових інтервалів і т.п., використовуються вбудовані таймери/лічильники мікроконтролера.

Таймери та лічильники. У мікроконтролер PIC16F873A вбудовано два таймери-лічильники загального призначення, а саме один восьмирозрядний та один шістнадцятирозрядний. Таймер-лічильник 1 крім нормального режиму функціонування може працювати асинхронно при підключенні зовнішнього генератору. Даний генератор оптимізовано для функціонування з кварцовим генератором що надає можливість використовувати таймер-лічильник 1 у якості годинника реального часу (RTQ).

Організація обміну інформації між PIC-контролером і CAN-контролером типу MCP2510 відбувається за допомогою модулю порта PC, котрий працює в режимі SPI.

Процес високошвидкісного синхронного обміну даними між PIC-мікроконтролером та периферійним обладнанням (або ж ще одним PIC-мікроконтролером) забезпечено послідовним периферійним інтерфейсом (SPI).

Вивід DB7 (SCK) це вихід тактового сигналу ведучого мікроконтролера та вхід тактового сигналу відомого. Після записування основним CPU даних до SPI-реєстру тактовий генератор SPI розпочинає функціонувати та дані котрі було записано відправляються через вивід виходу DB5 (MOSI) ведучого мікроконтролера до виводу входу DB5 (MOSI) відомого мікроконтролера. Після зсуву одного байта тактовий генератор SPI завершує роботу, тим самим встановлює прапор завершення передачі (SPIF). Якщо у реєстрі SPCR встановлено біт дозволу переривання SPI (SPIE) то відбувається подача запиту на переривання. Вхід вибору відомого DB4 (SS) встановлюють на нижній рівень для вибору індивідуального порт SPI деактивується та вивід DB5 (MOSI) використовують у якості виводу входу.

Режим типу «ведучий/відомий» можна запустити програмно через встановлення-скидання біту MSTR у регістру керування SPI.

Частоту роботи мікроконтролеру - 16 МГц встановлено кварцовим резонатором Q1. Світлодіодний індикатор VD1 котрий під'єднано до мікроконтролеру функціонує в мигаючому режимі (індикація справності та нормального функціонування центрального контролера та мікроконтролера).

Зчитування інформації з лінійного контролеру проводиться у спосіб почергового опитування. Зв'язок з лінійним контролером забезпечується спеціальною лінією керування. Канали зв'язку диференційовано, що сприяє підвищенню завадостійкості. У лініях зв'язку використано мікросхему ADM 485, котра здатна реалізувати фізичний рівень інтерфейсу RS-485 [8]. Протокол зв'язку двонаправлено збалансовані лінії передачі. Протокол підтримує багатоточкові з'єднання, тим самим надаючи можливість створювати мережі з ємністю до 32 вузлів та дальністю передавання інформації до 4 км. При використанні повторювача RS-485 можна подвоїти дальність передавання (підвищити до 8 км) або подвоїти кількість вузлів. Стандарт RS-485 підтримує напівдуплексний зв'язок, що значно спрощує систему прийому-передачі інформації (для реалізації процесу достатньо пари провідників). Передавання диференційованого сигналу у системі на базі стандарту RS-485 забезпечує надійну передачу даних у випадку присутності завад, а використання диференційованого входу приймачів може серйозно пом'якшувати вплив синфазних напруг.

Протокол обміну даними з достатньо високою імовірністю вияву помилок у модулі зв'язку реалізується шляхом використання CAN-контролеру MCP2510. Частотою роботи CAN-контролера є частота власного кварцового резонатора - Q2, а саме 16 МГц. У даному контролері на апаратному рівні реалізовано можливості перевірення каналу зв'язку, адресатів інформації, виправлення помилок у роботі з іншими приймачами-передавачами [3]. Будь який вузол мережі перед відправленням повідомлень має перевіряти незайнятість шини певний проміжок

часу. Після підтвердження вільності шини відкривається можливість передачі інформації для кожного з вузлів.

CAN-контролер під'єднується до модему ADM 485 крізь ізольовану оптоволоконну пару, котра виконана на базі на оптоволоконних пар DA2 і DA3. Їх задача - захищати основні компоненти КС від небезпечного перевантаження по напрузі перенапруги та електромагнітних завад, котрі періодично з'являються у каналах зв'язку. До входу TX ADM 485 надходить команда, котру сформував лінійний контролер та перетворюється на протокол CAN. Інформація котру надає лінійний контролер зчитується з виходу RXU.

У разі коли ПК не відображає інформацію на екранах автоматизованих робочих місць через відмову, неякісний зв'язок або через інакші несправності, для показу нормального стану функціонування ПК буде використано алфавітно-цифровий рідкокристалічний дисплей (РКД).

Алфавітно-цифровий РК-модуль – економічно вигідне та більш прийнятне рішення з економією часу та ресурсів при розробці та проектуванні нових об'єктів, котре надає доступ до показу значних об'ємів інформації з гарною видимістю та бюджетним споживанням електроенергії. Обладнання РК-модулів підсвіткою надає можливість функціонувати при низькому або взагалі нульовому освітленні. Модифікація зі збільшеним діапазоном температур (-20°C...+70°C) дозволяє працювати у надскладних робочих ситуаціях.

Алгоритм роботи центрального контролера системи ДК

Програмне забезпечення ЦК починає своє функціонування з активації усього обладнання, керованого РІС контролером (встановлення у початковий стан) (рис.3.4.).

Після активації йде перевірка зв'язкової мережі з автоматичними робочими місцями (АРМами). Базова мережа зв'язку ЦК з комп'ютером на АРМі з'єднується через порт LPT. Через це першочергово перевіряється стан нормальної праці даного режиму. При певних несправностях або виході мережі через LPT-порт з ладу –

перевіряється робота резервної зв'язкової мережі (з'єднання через послідовний порт COM). При несправностях і у резервній мережі зв'язок центральний контролер показує на РКІ повідомлення про відсутність зв'язку та розпочинає надсилати запити на лінійні контролери автономно (без взаємодії з АРМ).

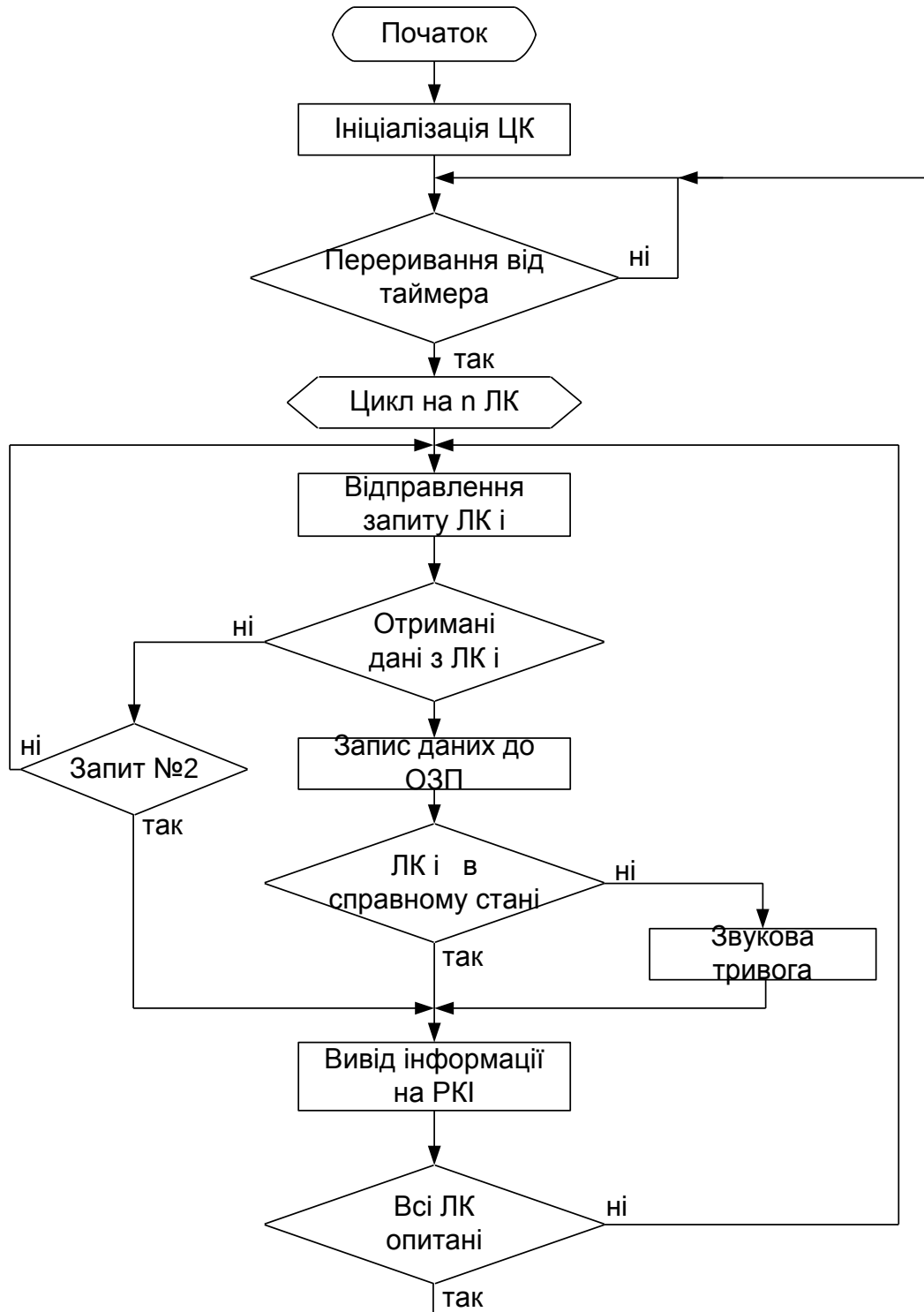


Рис.3.4. Принцип опитування лінійних контролерів

Почерговий опит лінійних контролерів відбувається через переривання таймера РІС-контролеру. Проміжок часу – T_t у котрому проходить переривання, регулюється через програму та видозмінюється в залежності від числа лінійних контролерів на ділянці. В даному часовому проміжку проходить цикл опитування потрібного числа лінійних контролерів. Число лінійних контролерів задається програмно при налаштуванні систем для функціонування окремих станцій.

Частка циклічного програмного забезпечення контролює опитування та перевірку стану лінійних контролерів. Циклічне опитування ЛК розпочинається із запитів даних з ЛК1. У разі неотримання даних у заданому часовому проміжку надсилається повторний запит. При ігноруванні другого запиту центральний контролер надає повідомлення до АРМу інформацію про неможливість зв'язку з лінійним контролером та проводить опитування інших ЛК.

При нормальному реагуванні лінійного контролера на запит інформація фіксується в ОЗУ РІС-контролеру, та передається на ПК АРМу по завершенню циклу опитування. Інформація проходить перевірку та аналіз наявності відмови. При виявленні відмови або несправності ЛК вмикається звукове сповіщення тривоги та надсилається повідомлення на РКІ. У такий спосіб проходить опитування усіх ЛК. Дані про функціонування усіх лінійних пунктів фіксуються в ОЗУ мікроконтролеру. Цикли опитування завершуються, та по перериванню з таймеру опитування починається заново.

Цикл обманювання інформацією з автоматичними робочими місцями першочергово починається з перевірення мережі зв'язку (принцип роботи описано вище) (рис.3.5.).

При першій ситуації комп'ютер підключається за адресою, заданою програмно до пам'яті ОЗУ мікроконтролеру та виконує зчитування інформації.

При другій ситуації центральний контролер позначає номер лінійного контролеру з котрого потрібне отримання інформації або проведення вимірів. Робиться запит до лінійного контролеру та при працюючій мережі зв'язку отримана з лінійного пункту інформація передається на комп'ютер та виводиться

до РК індикатору. По завершенню процесу центральний контролер знову здійснює циклічне опитування всіх лінійних контролерів.

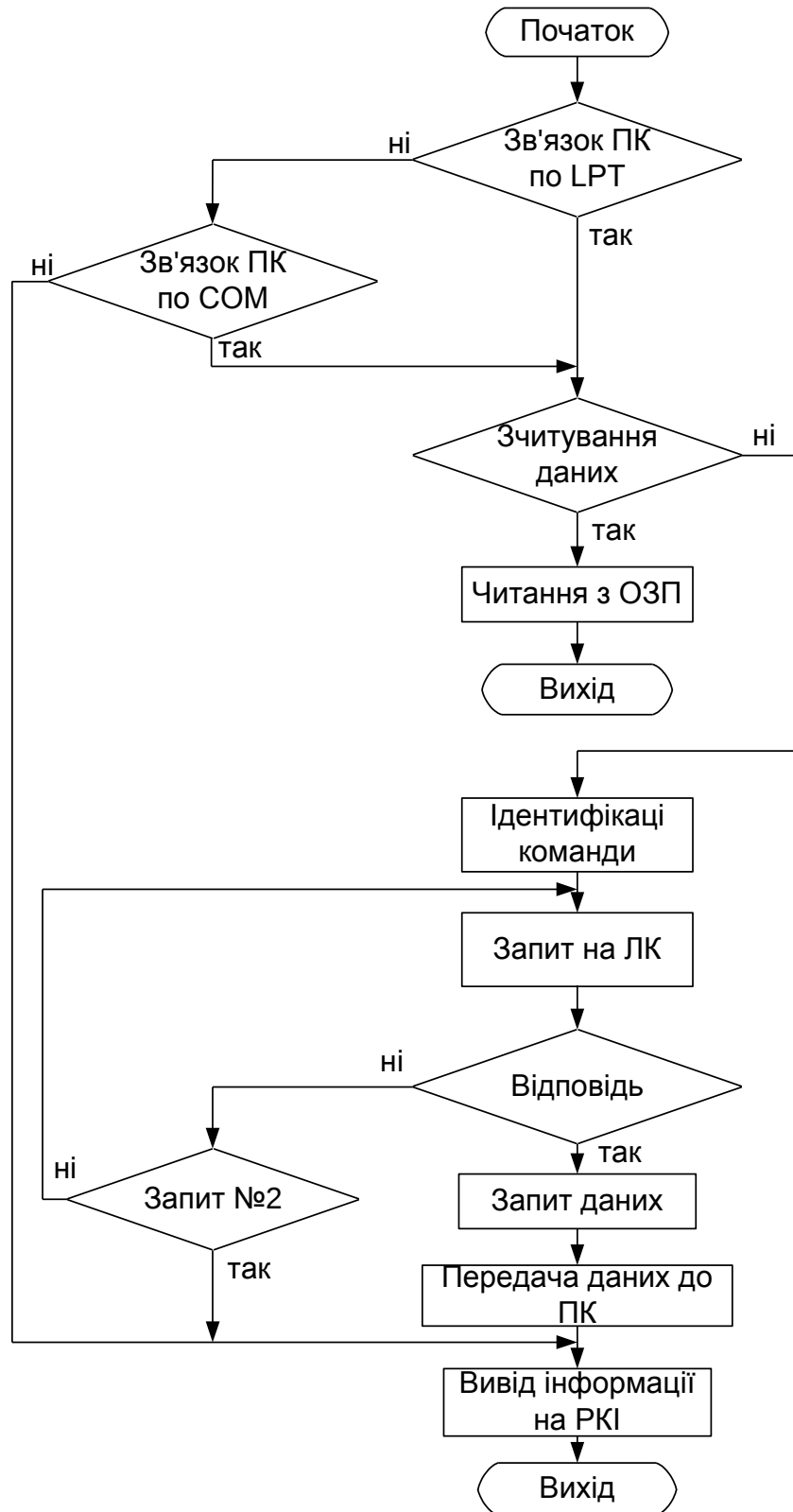


Рис. 3.5. Процес обміну інформацією з АРМ

Дана структура показує у деталях процес обміну інформацією між комп'ютером та контролером PIC.

Перевірення мережі зв'язку:

Комп'ютер здійснює передачу коду 01H до центрального контролеру;

2. Центральний контролер надає відповідь у вигляді послідовності байтів: 55H, AAH, 0FH;

У випадку якщо відповідь відсутня або було прийнято іншу послідовність байт – несправність мережі зв'язку.

Зчитування даних з комірок ОЗУ PIC контролеру:

1. Комп'ютер здійснює передачу коду до центрального контролеру:

- 04H для зчитування 0-1 банку;
- 05H для зчитування 2-3 банків.

2. Центральний контролер здійснює передачу на комп'ютер код 0FH;

Комп'ютер здійснює передачу до центрального контролера адреси комірки ОЗУ;

4. Центральний контролер здійснює передачу на комп'ютер вміст комірки ОЗУ.

Записування даних в комірку ОЗУ PIC контролеру:

Комп'ютер здійснює передачу коду до центрального контролеру:

- 02H для запису в 0-1 банк;
-

Центральний контролер здійснює передачу коду 0FH на комп'ютер;

Комп'ютер здійснює передачу до центрального контролеру адресу комірки ОЗУ;

4. Контролер здійснює передачу коду 0FH на комп'ютер;

5. Комп'ютер здійснює передачу контролеру даних для записування в комірку ОЗУ;

Центральний контролер здійснює передачу коду 0FH на комп'ютер.

Програмне забезпечення АРМу надає змогу диспетчеру або електромеханіку в режимі реального часу здійснювати контроль роботи станційного обладнання та здійснювати виміри для упередження відмови [5].

Структура інтерфейсу програмного вікна дозволяє працівнику дізнаватися про стан рейкового кола у будь який момент часового проміжку при використанні закладок «Рейкове коло 1», «Рейкове коло 3», «Рейкове коло 5». Дані про виявлення за результатами опитування несправності виводяться у вікно повідомлень. Паралельно починає працювати світлова і звукова індикація. Для повного вивчення та аналізування усіх процесів під час контролювання заведено протоколи події. Щоб переглянути дані протоколи достатньо натиснути кнопку «Докладніше».

Для вимірів на лінійних пунктах або при необхідності уточнювання отриманих даних можна перейти до ручного режиму.

Призначення тестового режиму – ручна перевірка та налаштування мережі зв'язку з ЦК через LPT-порт.

ВИСНОВОК

Під час виконання даного магістерського проекту було виконано роботу детального аналізу систем діагностування рейкового кола. У підсумку огляду зрозуміло що локальна діагностувальна система LDS не може нормально функціонувати з системами автоблокування на залізницях України, використання цієї системи буде ефективно лише при повному впровадженні, що супроводжується значними економічними затратами. СДК «КАСКАД» - це повноцінна технічно довершена система, яка за необхідності може працювати автономно, проте дану систему використовують лише за умов наявності МСДЦ «КАСКАД» та система контролює та перевіряє лише дискретні об'єкти. Система діагностики та контролю МПЦ-У має високий рівень безпеки, що відповідає європейським стандартам. Система відмовостійка та кіберзахищена, завдяки наявності усіх необхідних інтерфейсів може поєднуватись з будь якими електричними централізаціями (ЕЦ), диспетчерськими централізаціями (ДЦ), системами керування перевезеннями тощо.

Під час роботи над другим розділом було виділено основні задачі та вимоги до рейкових кіл. Спроековано математичну модель розрахунка рейкового кола 50 Гц та вибрано точки, котрі є найбільш сумісними з подальшим вимірюванням початкових значень струму та напруги. Розроблено спосіб автоматизованого діагностування станційних рейкових кіл 50 Гц, приведено розрахунок параметрів чотириполюсника та вторинних параметрів рейкової лінії. Проведено розрахунки різних режимів рейкового кола, а саме: нормального, шунтового, контрольного, режиму КЗ та режиму АЛС. Також описано результати експериментальної перевірки спроектованого метода. За результатами перевірки похибка розрахованих параметрів від базових різнилась не більше ніж на 3%, що є цілком нормальним показником для системи діагностування рейкових кіл 50 Гц.

У третій частині магістерської роботи була розроблена структура автоматизованої діагностичної системи станційних РК 50 Гц. В цьому ж розділі спроектована принципова схема лінійного контролера. Лінійний пункт виконаний на базі PIC мікроконтролера PIC16F873A з вбудованим АЦП. Його завданням є збір

первинної інформації про технічний стан рейкових кіл, первинна обробка цієї інформації і передача її по запиту до центрального контролера.

Впровадження проекрованої системи автоматизованого діагностування станційних рейкових кіл 50 Гц надаватиме можливість проводити аналізування функціонування рейкового кола на відстані (дистанційно), контролювати роботу рейкового кола у режимі реального часу, вчасно виконувати профілактичні заходи та упереджувати будь які можливі відмови у нормальному функціонуванні рейкового кола. Зберігання результату діагностування у базі даних надає можливість слідкувати за впливом погодних умов на змінення параметрів рейкового кола які відстежуються.

Розроблена методика та спроектована на її базі система автоматизованого діагностування станційних рейкових кіл 50 Гц є цілком працездатною та може використовуватись на залізницях України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Інструкція з технічного обслуговування пристроїв СЦБ.ЦШЕОТ 0012. [Текст]. - К., 1998. – 72 с.

2. Пристрої сигналізації, централізації та блокування. Технологія обслуговування. ЦШ 0042. [Текст]. – К., 2006. – 461 с.

Аркатов, В.С. Рельсовые цепи магистральных железных дорог [Текст] / В.С. Аркатов, Н.Ф. Котляренко, А.И. Баженов А.И. Справочник. - М.: Транспорт, 1982.- 360 с.

4. Брылеев, А.М. Теория, устройство и работа рельсовых цепей [Текст] / А.М. Брылеев, Ю.А. Кравцов, А.В. Шишляков. - М.: Транспорт, 1978.- 344 с.

5. Аркатов, В.С. Рельсовые цепи. Анализ и техническое обслуживание [Текст] / В.С. Аркатов, Ю.А Кравцов, Б.М Степенский - М.: Транспорт, 1990.- 295 с.

6. Леушин, В.Б. Особенности структур рельсовых цепей автоблокировки [Текст]: учебное пособие / В.Б Леушин - Самара: СамИИТ, 1999.- 96 с.

7. Дмитриев, В.С., Минин В.А. Новые системы автоблокировки [Текст] / В.С. Дмитриев. - М.: Транспорт. 1981.- 247 с.

8. Лисенков, В.М. Теория автоматических систем интервального регулирования [Текст] / В.М. Лисенко. - М.: Транспорт. 1987.- 150 с.

9. Шишляков, А.В. Эксплуатационная надежность устройств автоблокировки и АЛС [Текст] / А.В Шишляков, Ю.А Кравцов, А.Ф Михайлов. - М.: Транспорт. 1969.- 96 с.

10. Углик, А. Способы решения рельсовых цепей для участков с пониженным сопротивлением балласта [Текст] / А. Углик, Б. Надворник // - Бюллетень ОСЖД. Варшава. 1982. - №3. - С. 9 - 12.

11. Нейман, Л.Р. Теоретические основы электротехники [Текст] / Л.Р Нейман, К.С Демирчян. 3-е изд. - Л.: Энергоиздат. 1981. Т.1. 533 с. Т2. 415 с.

12. Теория основы электротехники [Текст] / Под ред. проф. Ионкина П.А - М: Высшая школа. 1976. Т1. 559 с. Т2. 383 с.

13. Каганов, З.Г. Электрические цепи с распределенными параметрами и цепные схемы [Текст] / З.Г Каганов, З.Г. - М: Энерготомиздат. 1990. - 248 с.

14. Александрова М.Г. и др. Расчет электрических цепей и электромагнитных полей на ЭВМ [Текст] / Под ред. Данилова П.В. и Филиппова Е.С. -М.. Радио и связь. 1983. - 344 с.

15. Техническая документация DS00713a компании Microchip Technology

16. Тарасов, Е.Н. Математическое моделирование рельсовых цепей с распределенными параметрами рельсовых линий [Текст] / Е.Н, Тарасов. - Самара: СамГАПС, 2003. - 118 с.

17. Котляренко, Н.Ф. Путевая блокировка и авторегулировка [Текст]: Учебник для вузов / Н.Ф Котляренко. -М: Транспорт, 1983. - 408 с.

18. Новиков, М.А. Проектування автоматичного блокування на залізницях [Текст] / М.А Новиков, А.Ф Петров, Н.М Степанов – М.: Транспорт, 1979. 328 с.

Казаков, А.А., Казаков Е.А. Автоблокування, локомотивна сигналізація і автостопа [Текст] / А.А Казаков, Е.А Казаков - М.: Транспорт, 1980. – 360с.