

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій
Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

ДОВІДКА

про відсутність плагіату у випускній кваліфікаційній роботі

За результатами перевірки випускної кваліфікаційної роботи (ВКР) здобувача вищої освіти освітнього ступеня (ОС) «магістр»

Серчкова Євгенія Владиславовича
(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему: Система дистанційної діагностики рейкових кіл на перегоні 25 Гц
в роботі не виявлено порушень академічної доброчесності.


Керівник ВКР


(підпис)

Продотилов В.І.
(прізвище, ім'я, по батькові)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Український державний університет науки і технологій

Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

«ДО ЗАХИСТУ»
Завідувач кафедри

(підпис) Гаврилюк В.І.
(ПІБ)
2021 р. 12 « 16 »

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань 27 «Транспорт»

Спеціальність 273 «Залізничний транспорт»

Освітньо-професійна програма «Системи керування рухом поїздів»


Тема Система дистанційної діагностики рейкових кіл на перегоні 25 Гц

Theme Remote diagnostic system of signal track circuits 25Hz on station-to-station block

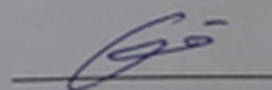
Керівник дипломної роботи

доцент  Профатилів В.І.

Студент групи СК2021 (969М)

 Свєрчков Є.В.

Student СК2021 (969М)

 Svierchkov Yevhenii

Дніпро
2021

Український державний університет науки і технологій
Факультет «Комп'ютерні технології і системи»
Кафедра «Автоматика та телекомунікації»
273 «Залізничний транспорт»
Системи керування рухом поїздів

Спеціальність
Освітня програма

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Завідувач кафедри АТ

Гаврилюк В.І.
«_____» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
до дипломної роботи на здобуття освітнього ступеню «магістр»

Сверчков Євгеній Владиславович
(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема роботи _____ Система дистанційної діагностики рейкових кіл
_____ на перегоні 25 Гц _____

Затверджена наказом по університету № 630-ст від « 19 » жовтня 2020 р.

2. Термін подання студентом закінченої роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу	Обсяг %	Кількість креслень
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		

Студент
Науковий керівник

РЕФЕРАТ

Відомості про об'єм пояснювальної записки: 50 сторінок, 1 таблиця, 8 рисунків, 15 джерел літератури.

Ключові слова: діагностика рейкових кіл, кодове автоблокування, режими роботи рейкових кіл, PIC-мікроконтролер, CAN-контролер, залізнична автоматика.

Об'єкт проектування: рейкові кола на перегоні з частотою 25 Гц.

Мета магістерської роботи: розробка системи дистанційної діагностики рейкових кіл 25 Гц на перегоні.

У першому розділі приведений аналіз існуючих сучасних систем діагностики, проаналізована робота рейкових кіл за перше півріччя 2020 року, а також виконаний аналіз несправностей, які виникають у пристроях залізничної автоматики та в рейкових колах.

У другому розділі виділені основні вимоги до рейкових кіл, проведений вибір точок для контролю параметрів рейкового кола системи автоблокування, а також розроблена математична модель розрахунку рейкового кола 25 Гц й оснований на даній моделі автоматизований метод діагностики. Крім цього в даному розділі проведена експериментальна перевірка розробленого методу, шляхом порівняння розрахованих та нормативних значень коефіцієнтів чотириполюсника рейкової лінії.

В третьому розділі розроблені структурні схеми дистанційної діагностики рейкових кіл, центрального контролера та спроектовані для нього принципові схеми на базі мікроконтролера PIC16F877.

Галузь застосування: системи керування рухом поїздів на залізничному транспорті.

Висновок: система дистанційної діагностики рейкових кіл на перегоні з частотою 25 Гц дозволить віддалено детально аналізувати роботу РК, своєчасно контролювати режим роботи РК та своєчасно виконувати профілактичне обслуговування, щоб запобігти можливим збоям під час нормальної роботи рейкового кола.

Зміст

Вступ.....	5
1. Аналіз існуючих систем діагностики рейкових кіл.....	6
1.1. Аналіз роботи рейкових кіл.....	6
1.2. Діючі системи діагностики рейкових кіл закордонних виробників.....	9
1.2.1. Мікропроцесорна уніфікована система автоблокування АБ-Е1.....	9
1.2.2. Система диспетчерського контролю «ДК КАСКАД».....	13
2. Метод автоматизованої діагностики рейкових кіл 25 ГЦ.....	20
2.1. Вимоги до рейкових кіл.....	20
2.2 Математична модель РК. Параметри рейкових кіл.....	21
2.3. Вибір точок вимірювання.....	24
2.4. Методика автоматизованого визначення параметрів рейкового кола 25Гц.....	26
2.5. Експериментальна перевірка розробленого методу.....	38
3. Розробка апаратної частини систем дистанційної діагностики рейкових кіл на перегоні 25 Гц.....	41
3.1. Система дистанційної діагностики рейкових кіл	41
3.2. Принципова схема центрального контролера системи ДК.....	43
Висновок.....	48
Список літератури.....	49

ВСТУП

Датчики інформації про місцезнаходження рухомого складу – рейкові кола (РК). Крім того, РК є найважливішими, оскільки вони безпосередньо визначають безпеку руху поїздів. На підставі інформації від них можуть працювати системи автоматичного блокування та електричного блокування.

Крім того, РК також забезпечує контроль цілісності рейки. У першій половині 2021 року в Україні було виявлено 54 інциденти із пошкодженням рейкових кіл. Це зроблено для запобігання серйозним наслідкам та можливим зіткненням поїздів. Крім того, рейкове коло забезпечує моніторинг доступного стану компонентів реверсивної тягової мережі, спрямований на пропускання зворотного тягового струму. Нарешті, РК використовується для передачі показань світлофора на локомотиви та інші пристрої, що рухаються, а також інформацію про допустиму швидкість його руху в заданій точці колії.

Таким чином, структурна безпека та експлуатація поїздів на коліях, об'єктах електрифікації та локомотивів безпосередньо залежать від рейкових кіл.

На жаль, умови роботи на залізничній мережі, рейкових кіл стають все більш несприятливими. З появою великовантажних поїздів та високошвидкісних пасажирських перевезень ця проблема стає дедалі серйознішою.

Отже, покращення якості сигнальної системи та підвищення безпеки руху поїздів невіддільне від підвищення надійності РК.

Як альтернатива використанню РК була розроблена система рахунку осей, яка може контролювати проходження поїзної частини колії. Але в даний час немає заміни рейковим колам для контролю цілісності мережі зворотної тяги та компонентів зворотної тягової мережі.

Рейкові кола є одним з основних елементів системи безпеки, яке складно обслуговувати і тому потребує великих експлуатаційних витрат. Щоб підтримувати його надійну роботу, він вимагає постійної уваги з боку менеджерів та керівників на всіх рівнях та фінансових вкладень.

Тому розробка технічних засобів РК та автоматизованих методів діагностики є важливим науково-технічним завданням.

1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ДІАГНОСТИКИ РЕЙКОВИХ КІЛ

1.1. Аналіз роботи рейкових кіл

Аналіз всіх відмов у службі Ш по об'єктах й їхнє процентне співвідношення до загального числа відмов приведено в таблиці 1.1. [1]

Таблиця 1.1

Перелік пошкоджень	Кількість, шт.	Кількість, %
Пульти, табло, апарати управління	6	1,74
Стативи, релейні шафи, колійні коробки	62	18,02
Установки електроживлення	7	2,03
Реле, блоки, трансформатори, випрямлячі, безконтактна апаратура, пристрої захисту	89	25,87
Акумулятори	2	0,58
Світлофори	26	7,56
Стрілочні електроприводи, гарнітура, замки Мелентьева	49	14,24
Електроприводи автошлагбаумів	0	
Пристрої механізованих та автоматизованих сортувальних гірок	0	
Кабельні лінії	34	9,88
Повітряні лінії	0	
Рейкові кола	54	15,7
Інші	15	4,36
Всього відмов по Ш	344	100

Ми бачимо, що рейкове коло – одна з основних причин відмови. У 2020 року загальна кількість порушень нормальної роботи сигнальних пристроїв через аварії на рейкових коліях в Укрзалізниці склала 54 випадки, що на 13 випадків менше порівняно з аналогічним періодом минулого року. Загалом порушень нормальної роботи пристроїв сигналізації, відмови рейкових ланцюгів склали майже половину.

Залізнична мережа України налічує близько 174 000 станцій та понад 73 000 перегоних рейкових кіл. З 2011 року до теперішнього часу кількість відмов скоротилася більш ніж на 30%, але в абсолютному вираженні вона все ще неприпустимо велика.

До найбільш типових причин виходу з ладу рейкових кіл з припиненням їх роботи можна віднести: обрив стикових з'єднувачів, перемичок, тягових та

з'єднувальних дротів (джерперів), порушення ізоляції стиків, зниження опору баластів, стрілочної гарнітури, стяжної смуги, серезки, вплив зовнішніх джерел струму, пошкодження викликані грозою, неправильне налаштування режимів роботи, поломка рейок, тощо. Відмова у результаті якої рейкове коло показує хибну свободу особливо небезпечна. Найімовірніші причини хибної свободи є: поява обхідних крім рейок, ланцюгів для сигнального струму: через опору контактної мережі, металеву конструкцію, міжколійного з'єднання тощо.

Втрати шунту через забруднення поверхні головки рейки; проїжджаючі рухомі одиниці, що погано шунтуються (дрезини, автомотриси, окремі локомотиви); підживлення колійного реле від зовнішніх джерел: обслуговуючий персонал підживлює або перекидає колійне реле; несправність перемички чи з'єднувача. Вихід з ладу з'єднувача через корозію, погану якість зварювання, поломки при колійних роботах тощо.

Більшість відмов рейкових кіл падає на ізолюючі стики і ізоляцію стрілок. Як правило, при пошкодженні деталей та ізоляційних матеріалів відбувається руйнування ізоляційних стиків при збереженні цілісності самих накладок.

Термін служби та періодичність технічного обслуговування ізоляційних стиків визначається бічними ізоляційними прокладками, оскільки на них найбільше діють динамічні сили рухомого складу. Фактори, що викликають порушення ізоляції ізольованих стиків, включають: згін рейок, низьку якість з'єднання шпал, замикання стику металевою стружкою й т.п. Всі металеві частини кріплень і планок є струмопровідними. Шпали та баласта, де є волога, можна розглядати як електроліт, який також має певний ступінь провідності. У міру збільшення температури та вологості інтенсивність електрохімічного процесу збільшується, що призводить до зниження опору ізоляції. Сіль дуже впливає на активацію електрохімічних процесів, навіть невелика кількість солі викликає різке падіння опору ізоляції. Знижена ізоляція рейкової лінії є причиною більшості відмов рейкового кола.

Є ще один важливий аспект. Аналіз показує, що на рейкові кола продовжують впливати сторонні особи. За звітний період схвалено 15 випадків

закорочування рейкових колії. Це свідчить про необхідність створення комплексу антивандальних заходів.

Обладнання рейкових кіл не робить великий внесок у загальну кількість відмов, але абсолютний показник таких відмов все ще дуже великий. Наприклад, у РК змінного струму при втраті активної потужності сигнального струму, присутні значні перемагнічування сталі рейок, вихрових струмів і т.п. Загалом зниження кількості відмов обладнання - це позитивна тенденція, за винятком колійних реле та пристроїв захисту від перенапруги.

Всі перелічені правила застосовні до експлуатації традиційних релейних рейкових кіл. В останні роки активно впроваджуються системи автоблокування зі рейковими колами тональної частоти (ТРК). Ці рейкові кола побудовані на новій компонентній базі, яка мало впливає на баластний опір і, що найважливіше, не вимагає ізоляційних з'єднань. Таким чином, основне навантаження щодо забезпечення працездатності ТРК лягає на співробітників, які мають сигнальну та комунікаційну дистанцію.

Порівнюючи та аналізуючи роботу традиційних РК та ТРК, по кількості відмов на 1000 рейкових ланцюгів, видно що ТРК працюють у 3 рази надійніше. Виходячи з цього, було вирішено віддати пріоритет запровадження ТРК та централізовано розмістити обладнання. Використання централізованої схеми ТРК із централізовано розміщені апаратури автоблокування (ЦАБ) може значно знизити вартість обслуговування системи та скоротити час відновлення у разі збою. Разом з тим перший досвід експлуатації ЦАБ зі тональними рейковими колами також показує її суттєві недоліки, які необхідно доопрацьовувати і виправляти в процесі експлуатації: «плаваюча» межа рейкового контуру, відсутність прохідних світлофорів (сигнальні компоненти, необхідні для локомотивів), складність приймально-передавального обладнання, тому його надійність при серійному виробництві проблематична. При зсуві порога чутливості колійного приймача через коливання напруги (у тому числі пошкодження акумулятора), температурних змін параметрів транзистора каскаду підсилювача та зміни опорів транзисторів захист від небезпечних несправностей колійного приймача також виявляється ненадійним. Зміни опорів у ланцюгах викликані окисленням і багато іншого.

Можливо, ці проблеми вирішуються, але не можна ігнорувати такі фактори, як слабка технологія виробництва на електротехнічних заводах, великі коливання параметрів компонентів та недостатня надійність. Однак найістотнішим недоліком схеми ТРК є те, що частота РК збігається з частотою перешкоди від електровозу та широтно-імпульсним регулюванням (не менше 400 Гц) струму в тяговому двигуні. Тому важливо покращити перешкодостійкість рейкових кіл з ізолюючими стиками на частотах 50 та 25 Гц. Також слід зазначити, що зазначена вище система призначена лише для нових розробок.

Оскільки існує обладнання автоматичного блокування уніфіковане за способом технічної реалізації кожного модуля, на функціональному рівні, відповідно до проектного рішення та бібліотеки компонентів, можна досягти значного економічного ефекту. Врешті-решт, існуюче автоблокування коду тепер потребує діагностичної системи, яка дозволяє раніше виявляти несправності без необхідності безпосереднього догляду технічних фахівців системи сигналізації, щоб скоротити час транспортування, тим самим скорочуючи час обслуговування і зменшуючи робоче навантаження на працівників дистанції.

1.2. Діючі системи діагностики рейкових кіл закордонних виробників

1.2.1. Мікропроцесорна уніфікована система автоблокування АБ-Е1

Система автоблокування на базі мікропроцесора АБ-Е1 призначена для контролю цілісності та свободи колії, передачі інформації про стан рейкових ліній між сигнальними пристроями, контролю показань світлофорів відповідно до умов безпеки руху та передачі інформації про місцезнаходження поїзда на ділянці перегону та стан сигнального обладнання. Система АБ-Е1 забезпечує формування та передачу на локомотиви інформації про показання прохідних світлофорів; про допустиму швидкість руху та обмеження швидкості руху по перегону; про наближення до станцій та маршрут прийому. Автоблокування АБ-Е1 генерує сигнали АЛС-ЕН і АЛСН під час роботи. Система АБ-Е1 може застосовуватись на всіх типах тяги магістральних залізниць та ділянок руху високошвидкісних поїздів.

Автоблокування АБ-Е1 функціонально і електромагнітно сумісне з експлуатованими системами.

АБ-Е1 має такі переваги:

- виключає використання електромагнітних реле, путніх трансмітерів, дешифраторних комірок та сучасних мікроелектронних компонентів, знижуючи витрату матеріалів;

- при великих змінах опору ізоляції, температури та вологості навколишнього середовища та напруги живлення залізничної лінії стабільність роботи залізничного ланцюга буде вищою;

- за рахунок використання сучасної мікроелектронної компонентної бази надійність обладнання вища;

- без додаткових ліній зв'язку інформація про умови роботи поїзда може передаватися від сигнальних установок на станцію;

- зниження витрат на технічне обслуговування за рахунок виключення реле та зменшення кількості обладнання;

- менша витрата матеріалу;

- завдяки використанню двоканальної конструкції підвищується надійність.

Сигнал від рейкового ланцюга через пристрій захисту та узгодження надходить на вхід аналого-цифрового перетворювача приймача-передавача, де перетворюється на цифрову форму. Вся обробка сигналів виконується цифровими сигнальними процесорами. Кожен сигнальний процесор фільтрує та демодулює сигнал КРЛ, усереднює їхню напругу, порівнює середнє значення напруги з пороговим значенням, модулює сигнали КРЛ та АЛС, контролює підсилювач потужності та тестує АЦП. Сума сигналів КРЛ, АЛСН і АЛС-ЕН, що проходять через цифро-аналоговий перетворювач, надходить на вхід лінійного підсилювача потужності. Використання лінійних підсилювачів потужності дозволяє генерувати сигнали з обмеженою смугою пропускання без зовнішніх фільтрів, тим самим зменшуючи кількість пристроїв у релейній шафі. Вихідна напруга підсилювача потужності не залежить від напруги джерела живлення, що збільшує стабільність рейкового ланцюга.

Система АБ-Е1 має два варіанти застосування: з безстиковими рейковими ланцюгами та рейкові ланцюги з ізольованими стиками.

До пристроїв, які автоматично блокують сигнальні точки, відносяться: модуль приймача безперервного каналу зв'язку (БПП-НКС) та система передачі інформації по провідній лінії зв'язку (БПП-СП); мікропроцесорний шляховий приймач (МПП); використовується для залізничних ліній (УЗС) Пристрій захисту та координації До складу УЗС та провідної лінії зв'язку (УЗСЛ) входять трансформатор підсилювача потужності БПП-НКС (ТЧУ), узгоджувач дросель (ДС), блок електронного захисту (БЗЕ) та блоки конденсаторів БК-1 та БК-2. Конструктивно мікроелектронний автоматичний замикаючий пристрій виконано у вигляді металевої оболонки з типовими елементами, що замінюються всередині.

Щоб підвищити стабільність системи КРЛ під дією нестабільних факторів, приймач використовує алгоритм накопичувального підсумовування обробки корисного сигналу. Завдяки своєму застосуванню може забезпечити стабільну роботу рейкового ланцюга завдовжки 2500 м, а опір баласту коливається від 50 до 0,45 Ом*км.

Проблема задачі забезпечення безпеки автоблокування мікроелектронного обладнання вирішується застосуванням: трьохкомплектного резервування стандартних модулів, що виконують однакові функції; мажоритарної структури побудови для виявлення несправного або такого, що відмовив комплекту; жорсткої синхронізації і потактного порівняння сигналів в контрольних точках різних комплектів; спеціальних пристроїв контролю з односторонніми відмовами, що забезпечують надійне відключення несправного комплекту і подальший його введення в роботу.

У системі АБ-Е1 використовується безперервний канал (НКС) з несучою частотою 174,38 Гц. Передача інформації здійснюється за допомогою подвійної фазової маніпуляції та кодування повідомлень модифікованими кодами Бауера.

Організаційна структура кодового циклу паралельна: один підканал передає кодову комбінацію (КК), а інший підканал передає сигнал кадрової синхронізації (ЦС) у формі групи синхронізації (СГ). Порівняно з амплітудною модуляцією, використання подвійного ФРМ дозволяє підвищити стійкість до перешкод у 2 рази.

Використання комбінації коду Болла у підканалах даних та синхронізації забезпечує ефективний захист.

Приймач МПП призначений контролю стану залізничних колій. Коли він простоює і перебуває у хорошому стані, реле МР перебуває під напругою. Якщо залізнична лінія завантажена рухомим складом або виникла несправність, реле МП буде знеструмлено.

Блок БПП-НКС використовується для демодуляції та декодування сигналів PRM, управління сигнальними реле, а також генерації та посилення сигналів, що передаються в рейкові ланцюги сусідніх блоків. Блок БПП-НКС призначений для підключення чотирьох сигнальних реле. Однак насправді в БПП-НКС використовуються тільки три: 30, 31 і 32. Блок приймача налаштований так, щоб формувати групу синхронізації та кодову комбінацію, яка залежить від кількості вільних частин блоку та допустимої швидкості руху, і перемичками НП.

Пристрій УЗС розроблено з урахуванням вимог електромагнітної сумісності системи АВ-Е1 для автоматичних запірних пристроїв із цифровими кодами.

Ресивер-МПП виконаний за двома схемами із жорсткою синхронізацією. Кожен комплект містить ЦП1, ЦП2 та сигнатурні аналізатори СА. Контроль точності функції МПП здійснюється одноступінчастою схемою управління СК. Початковий запуск приймача та синхронізація ЦП1 та ЦП2 виконуються тригером УЗ. Вхідний ланцюг приймача включає: смуговий фільтр ПФ, детектор огинаючої Д, інтегратор І і аналого-цифровий перетворювач АЦП.

Блок БПП має мажоритарну структуру з апаратним резервуванням (рис. 1.1, б). Основний принцип побудови обладнання включає порівняння результатів роботи групи обладнання та голосування з більшості вузлів, які працюють однаково, для визначення правильності роботи обладнання в цілому. Наприклад, у системі АВ-Е1, якщо хоча б дві групи з трьох груп відображають однакові результати алгоритму обробки сигналів під час роботи, для мікроелектронного блоку автоблокування, прийнятно відповідність вимогам безпеки.

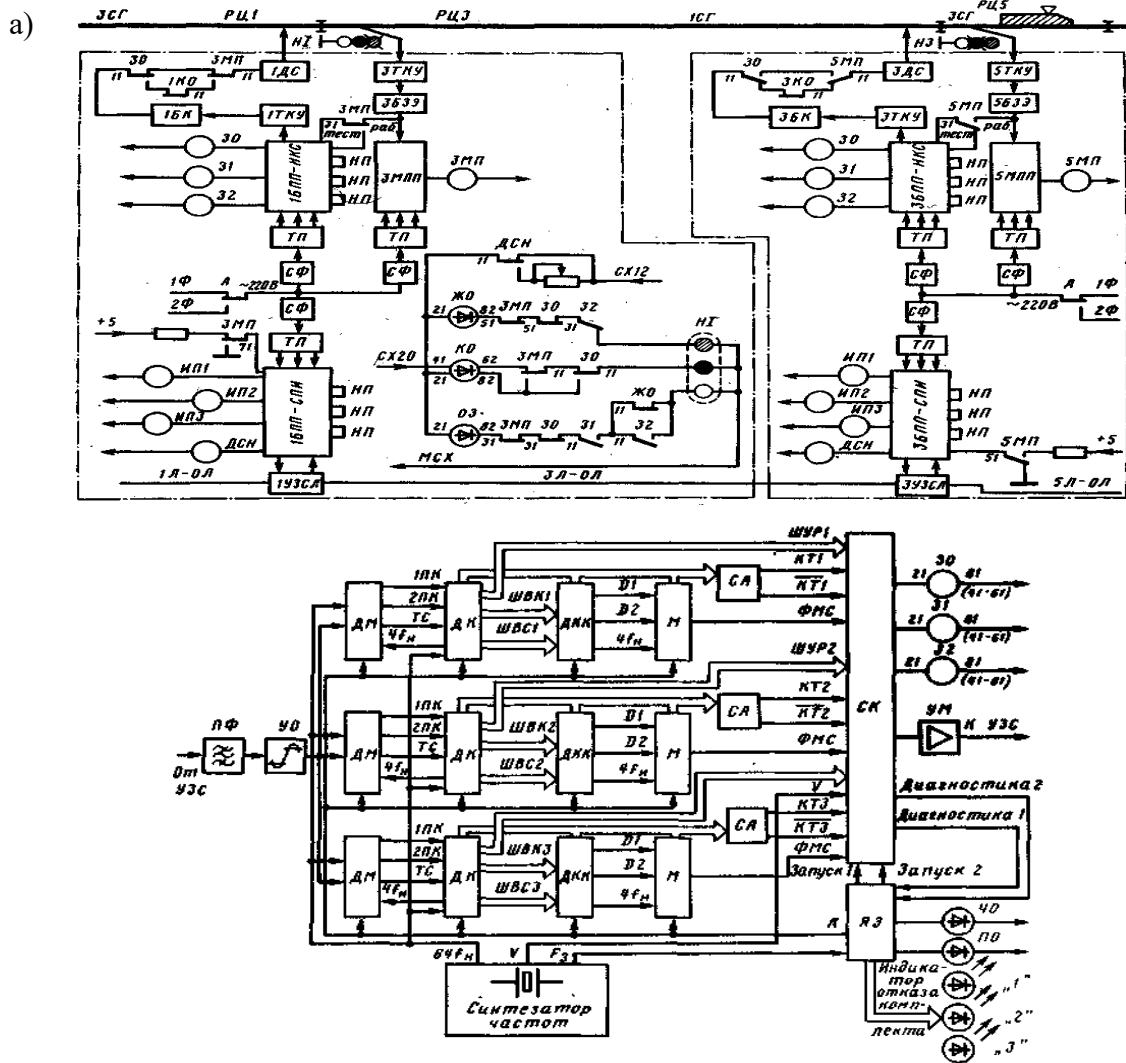


Рис. 1.1. Структурна схема: а) сигнальної точки системи АБ-Е1; б) приймача-передавача системи АБ-Е1

1.2.2. Система диспетчерського контролю «ДК КАСКАД»

Програмно-апаратний комплекс мікропроцесорної диспетчерської централізованої системи (МСДЦ) «КАСКАД» призначений для використання на залізничному транспорті для забезпечення заданої пропускної спроможності та безпеки руху при централізованому (диспетчерському) управлінні станційним (лінійним підприємством) об'єктом автоматизації як Інформаційна підтримка регіону з автоматизованим робочим місцем (АР) у складі автомобільного диспетчерського центру (ЦОД), а також взаємодія у рамках управління системою автоматизації залізничних вантажоперевезень України (АСУ ВП УЗ).

Дільниця, яка переводиться в централізоване управління за допомогою комплексу МРЦ «КАСКАД», може складатися з відрізків (1-10), у кожному відрізку

до 14 точок лінії та перегонів між ними (загальна кількість точок лінії може досягати 140). МСДК «КАСКАД» забезпечує контроль руху поїздів на таких ділянках або окремо виділених станціях.

Система КАСКАД також може повністю вирішити проблеми, пов'язані з впровадженням систем постійного струму на лінійних станціях, особливо для повного скорочення обслуговуючого персоналу станції, такі як забезпечення надійного та якісного зв'язку, віддалене управління вимикачами силової ізоляції та голосові повідомлення для робітників та працівників, пасажирів. Підключення систем пожежної та охоронної сигналізації, підключення аксіальних приладів тощо.

Малюнок 1.2. Наведено структурну схему центрального поста «КП КАСКАД». З огляду на недоліки у роботі системи ЧДК, АНТРОН розробив мікропроцесорну систему контролю стану пристроїв автоматики на перегоні - «ДК КАСКАД».

Система призначена для інформування операторів про стан устаткування залізничної автоматики на об'єкті. «ДК КАСКАД» – повнофункціональна система, здатна працювати автономно. За потреби системи «КАСКАД» та «ДК КАСКАД» об'єднуються, та підключаються на рівні «ЛП КАСКАД» через внутрішній інтерфейс RS485, тобто «ДК КАСКАД» стане інформаційною підсистемою МСДЦ. У цьому випадку інформація про стан обладнання польової автоматизації передається на два рівні управління – черговому (ДСП) та диспетчеру поїздів (ДНЦ) або іншим користувачам у локальній мережі центру управління перевезеннями.

Система складається з модулів мікрокомп'ютерного контролера платформи SK2202 і мікрокомп'ютерного контролера дистиляції PK2202. Модуль PK2202 забезпечує моніторинг працездатності та продуктивності.

Система складається з модулів мікрокомп'ютерного контролера платформи SK2202 і мікрокомп'ютерного контролера дистиляції PK2202.

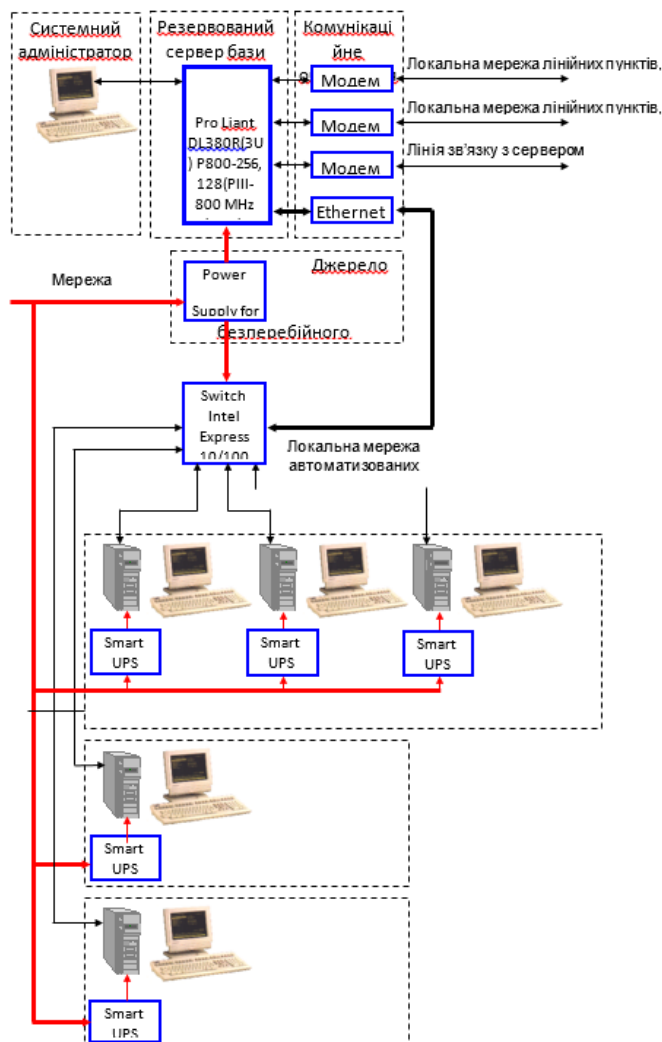


Рис. 1.2. Структурна схема центрального поста ЦП «КАСКАД»

Модуль «PK2202» контролює стан та працездатність кодової системи автоматичного блокування (АВ або АВТ), отримуючи дискретну інформацію про стан керуючого реле:

- силове регулювання основного та резервного фідерів;
- паспорт безпеки;
- гусеничний ланцюг блоку управління частиною (для АВТ);
- контроль стану реле КВ (для АВТ);
- контролювати показання проїжджаючих світлофорів (сигнальні та пожежні реле);
- напрямок передбачуваного руху;
- контролювати наявність ланцюга світлового сигналу обгону;
- моніторинг стану блоку деталі;
- попередження системи безпеки.

Крім того, цей модуль також використовується для контролю стану та продуктивності обладнання перехресних сигналів. У цьому випадку виходить така інформація:

- наявність електроживлення основного та резервного фідерів;
- стан реле ДСН;
- розташування автоматичного шлагбауму;
- включити сигналізацію блокування;
- сигнальні вогні перетину;
- напрямок передбачуваного руху;
- застосовність світлових ланцюгів, що застосовуються для світлофорів перехресть і загороджень;
- стан кнопок на панелі керування;
- стан зони заходу на посадку (НИП,ЧИП);
- застосовність прошивки релейної схеми;
- стан охоронної сигналізації (відкривається через додаткову релейну шафу);
- датчик.

Максимальна кількість об'єктів керування, підключених до модуля – 14, а кількість об'єктів керування – 2. Крім того, модуль «РК2202» може використовуватися для забезпечення управління, контролю стану та світлових індикаторів працездатності (СП) як частина модуля. Комплекс технологій діагностики локомотивів та рухомого складу (ПОНАБ, ДИСК, АСДК-Б).

Модуль контролера дистиляції «ПК2202» призначений для обробки інформації, отриманої від сигнального пристрою або крос-автоматизації по сигнальній лінії ТС1..ТС14, управління реле ДСН, підтримки протоколу обміну по локальній мережі зв'язку та передачі інформації із сусідніх модулів на станцію управління (рис. 1.2).

Мікропроцесорний контролер на апаратно-програмному рівні забезпечує сприйняття та обробку вхідного сигналу транспортного засобу, управління ключами SDS, управління та моніторинг локального мережевого модему, підтримку протоколу зв'язку, світлодіодну індикацію стану живлення та ліній зв'язку.

Вхідним сигналом керування ТС є «сухий» контакт реле, що замикає струм 5-10 мА на схему оптоелектронної розв'язки. Вихідний сигнал цих схем надходить на вхід МК обробки через «лог.0 / 1».

Вихідні керуючі сигнали «TU1a» і «TU1b» мають гальванічну ізоляцію і є нормально розімкнений «сухий» електронний контакт із захистом від перенапруги та перевантаження по струму, що використовується для перемикання між постійним або змінним струмом до 0,1 А.

Керуючий вихідний сигнал гальванічно ізолюваний і являє собою нормально замкнутий сухий електронний контакт із захистом від перенапруги та перевантаження струмом, що використовується для перемикання між постійним і змінним струмом до 0,1 А.

Кожен встановлений та підключений до мережі модуль повинен мати унікальну адресу, яка не повинна повторюватися в інших модулях, підключених до локальної мережі RS-232/485.

Встановивши перемикач на модулі в різні положення (14 позицій), використовуйте перемикач кодування адреси модуля. Контролер мікропроцесора програмно керує заданим кодом і приймає обмін у мережі лише тоді, коли логічна адреса та фізична адреса збігаються. До мережі можна підключити до 14 модулів. Кодові значення адрес модуля «0» та «С» не використовуються.

Модуль ПК 2202 живиться від мережі змінного струму трансформатора СУ. Контролер має внутрішню схему захисту для запобігання перенапругам, пов'язаним із «заземленням» - 500 В, вхідної напруги 30 В, та схему захисту для запобігання імпульсним перешкодам.

Модем, що входить до складу «ПК2202», використовується для організації обміну інформацією у різних топологіях локальної мережі «DKnet». Вони мають двопровідну схему підключення через виділену лінію зв'язку.

Модем заснований на інтегральних схемах DA10 та DA14 і відноситься до класу модемів аналогових даних у діапазоні частот 0,3...3,4 кГц. Він відповідає другій вимоги міжнародного стандарту (специфікації) ITU-T V.22, V.23 та V.21; Bell 212A та Bell 103. Дальність передачі між точками автоматичного блокування чи іншими контрольованими об'єктами може досягати 20 кілометрів.

Модуль контролера станції «SK2202» використовується для обробки інформації, отриманої від контролера станції «PK2202» по лінії зв'язку, та інструктує оператора станції про положення поїзда на ділянці дороги, роботу перехрестя та індикатор руху. сигнальне світло. Крім того, при використанні з МРЦ «КАСКАД» повна інформація буде надана відповідним користувачам.

Стан кожної блокової частини перевезення, контрольованої модулем «PK2202», відображається на панелі керування ДСП через світлодіодний передавач:

- погашений стан: блочна частина вільна, у хорошому стані, перешкоду можна проїхати;

- безперервне червоне випромінювання - блок частково зайнятий, у хорошому стані, його можна переміщати - шлагбаум закритий;

- червоне випромінювання, яке блимає 1 раз на секунду: частина блоку вільна і є несправність. Для шлагбаумів, що перехресно відкриваються, несправний перехресний сигналізатор;

- червоне випромінювання, яке блимає 5 разів на секунду: блочна частина зайнята і є несправність. Для переїзду – шлагбаум закритий, несправна апаратура автоматики на залізничному переїзді.

Мікропроцесорний контролер апаратного та програмного рівня забезпечує:

- сприйняття вхідних сигналів ТС та їх обробку;

- контроль світлодіодного індикатора стану на панелі керування ДСП;

- управління та контроль модемів локальної мережі;

- підтримка протоколу зв'язку;

- світлодіодна індикація стану (живлення, лінія зв'язку).

Вхідним сигналом керування автомобілем є «сухий» контакт реле, що замикає струм 5-10 мА в ланцюзі фотоелектролітичного відгалужувача. Вихідний сигнал цих схем надходить на вхід мікроконтролера через лог. 0/1».

Вихідний струм вихідного сигналу, що управляє, обмежений 7-10 мА, що призначено для включення світлодіодного індикатора стану на панелі управління ДСП. Вихідний сигнал керування сигналізацією - електронні контакти нормально

розімкнені, максимальний струмовий захист, розрахований на вимикачі постійного струму до 0,1 А (спрацювала звукова сигналізація).

Модуль станції СК2202 дозволяє збільшувати кількість при підключенні до системи вищого рівня (наприклад, МСДК КАСКАД). Тому в модулі дистиляції кожен модуль повинен мати унікальну адресу.

Модуль «СК2202» живиться від батареї постійного струму поста ЕЦ. Схема має захист від перенапруги (щодо «землі» -500 В, вхідна напруга -36 В) та схему захисного фільтра для запобігання імпульсним перешкодам.

Модем «СК2202» відповідає тим самим вимогам міжнародного стандарту, що й у дистиляційному модулі «ПК2202».

Модуль РК2202 забезпечує управління та передачу інформації про стан обладнання АБ, ПС та СП на лінійну станцію по виділеній лінії зв'язку. Пара ліній зв'язку може обслуговувати до 14 модулів РС2202 та 2 модулів SK2202. Кожен модуль РК2202, розташований вздовж лінії, забезпечує обмін даними та ретрансляцію пакетів даних від сусідніх модулів в обох напрямках. Модуль РК2202 включає два модеми, один з яких підключений до лінії зв'язку в напрямку станції, а другий - в напрямку передачі. 14 пристроїв на лінії отримали інформацію із затримкою 3,2 секунди.

Шляхом огляду та аналізу існуючої системи диспетчерського управління можна зробити такі висновки щодо кожної системи:

- управління розкладом у системі АБ-Е1 є найбільш розвиненим, оскільки воно засноване на мікропроцесорній технології для управління дискретними та аналоговими об'єктами та може керувати деякими об'єктами, і це може бути досягнуто лише за допомогою автоматичного блокування АБ-Е1 але ця система має велику вартість та не є розповсюдженою на території України;

- контроль планування «КАСКАД» використовується тільки при використанні МСДТ «КАСКАД», відстежуються лише дискретні об'єкти, але для діагностики РК потрібно вимірювати аналогові сигнали.

2. МЕТОД АВТОМАТИЗОВАНОЇ ДІАГНОСТИКИ РЕЙКОВИХ КІЛ 25 ГЦ

2.1. Вимоги до рейкових кіл

Всі РК враховують технічні рекомендації щодо проектування сигнального, централізованого та блокуючого обладнання на залізницях з мережею загального користування 1520 мм, рекомендації з проектування для автоматизації, віддаленого обладнання та обладнання зв'язку на залізничному транспорті, а також рекомендації щодо захисту від перенапруги пристроїв СЦБ. Основні вимоги до рейкових кіл можна сформулювати у вигляді таких положень:

1. Правильно розраховані рейкові кола мають працювати стабільно, не піддаючись сезонним регулюванням, щоб забезпечити надійну роботу АЛСН.

2. Вплив електричної тяги на РК поширюється залізничною колією в частині з АБ (комплекс, електрично пов'язаний за допомогою дросельного трансформатора РК) на відстань до восьми кілометрів, без АБ (за відсутності РК) - на відстані до 5 км. У поперечному напрямку дія тяги постійного струму поширюється на відстань до 300 м, а змінного струму – до 100 м.

3. Усі типи РК із ізолюваними стиками повинні надійно запобігати взаємному впливу, коли ізолювані стики електрично замкнуті. Цей захист здійснюється в РК з безперервним живленням - шляхом підключення джерела живлення так, щоб кожне ізолюване з'єднання мало протилежну (стрічна) або інвертовані фази; в суміжних кодових РК змінного струму – зсувом імпульсів за часом, а в імпульсах РК постійного струму – дотриманням у ізолюючих стиків різної полярності живлення. В однопровідному РК змінного струму управління та захист реалізуються шляхом від'єднання роз'єму від сусіднього РК. Сусідні РК, укорочений в області шунта, має загальне різьблення і може мати таку полярність на протилежному боці ізолюваного стику. Такі РК повинні межувати один з одним своїми кінцями, що подають.

4. На ділянці, де для розряду зворотного тягового струму використовується тяга постійного та змінного струму, ділянка шляху з РК ізолювана та з'єднана між собою дросельним трансформатором (двопровідне РК) або тяговим з'єднувачем

(однопровідне РК). Інструкції статті 10.3 ЦШЕОТ-0012 для дотримання вимог експлуатації РК. Вимірювання напруги на рейковому ланцюзі рейкового реле здійснюється електромеханічним способом: на станції - 1 раз на тиждень, 1 раз на місяць. При регулюванні рейкового кола і інших змінах виконується також вимірювання напруги на живильному кінці. Результати вимірювань заносяться до журналу ШУ-64 на станції та на карту ШУ-62. Усі параметри виміру повинні відповідати стандартам РК.

2.2. Математична модель РК. Параметри рейкових кіл

Тип базової математичної моделі рейкового кола залежить від форми представлення рейковій лінії. У деяких випадках, не можна обмежитися чотирьохполюсною схемою заміщення рейкової лінії. Багатополюсна еквівалентна схема повинна бути використана, і шлях струму передачі наземного сигналу повинен бути прийнятий до уваги. Це особливо важливо при моделюванні шунтуючих і управління режимами, коли є нерівності на залізничній лінії і є залізничні колеса облицювання приймач, який обходить шунт нахил і переривчасті лінії.

З точки зору рейкових кіл в конкретній стадії аналізу, їх математичні моделі повинні відповідати різним вимогам: точність для відображення рейкового кола залежить від його внутрішньої (теплопровідності, електричні змін провідності і опору ізолюючих стиків) і зовнішніх (перешкоди електричного тягового живого складу, ліній електропередач) параметри мають відповідність один до одного з фізичними процесами в залізничній лінії в широкому діапазоні зміни: в тому числі необхідних наближень і спрощень, так що їх програми можуть бути реалізовані на комп'ютерах з різним функціями: з сильними універсальність, тобто, вона підходить для імітації великого числа рейкових ланцюгів (розгалужені, нерозгалужені, залізничних ліній різної довжини), і це є економічним з точки зору споживання ресурсів комп'ютера. Ці вимоги є найбільш спірними і успішними компромісними рішеннями, а в деяких питаннях, задоволення цих вимог може бути далеко від оптимального в інших. З цієї причини, має бути кілька моделей для

однієї і тієї ж доріжки замість однієї моделі. Наприклад, рейкові ланцюги, мають поперечну симетрію, і корисно проаналізувати чотирьохполюсні альтернативи. У разі бокового асиметрії, необхідно використовувати багатопольсний еквівалентна схема. У цьому випадку модель класифікації повинна бути виконана по безлічі ознак, щоб описати всі можливі ситуації.

У відповідних матрицях параметрів описані чотирьохполюсні і багатопольсний елементи заміщення рейкових ліній. Всі матриці розділені на дві основні групи:

- матриця, відповідна класичної теорії чотириполюсника;
- матриця, відповідна хвильової теорії чотириполюсника.

Перша група включає в себе матрицю передачі A , опір (імпеданс) Z , Y провідність, гібридний H і так далі. Друга, матриця розсіювання S і передача хвилі матриці T . Оскільки РК 25 Гц вибрано для діагностики, а її частотний діапазон обмежується областю низьких частот, він використовується для обчислення першого набору матриць, зокрема перенесення матриці.

Матриця передачі (ланцюгова матриця) A відповідає вхідному сигналу передачі з лівого квадрупольної лінією доріжки праворуч, так незалежними змінними в вихідні дні (квадрупольний) напруги U і струм розглядається, і даються виразом (2.1)

$$\begin{cases} U_1 = A_{11}U_2 + A_{12}I_2 \\ I_1 = A_{21}U_2 + A_{22}I_2 \end{cases} \quad (2.1)$$

Частина елементів матриці A визначається в режимі холостого ходу, а частина - в режимі короткого замикання виходу

$$A_{11} = \left. \frac{U_1}{U_2} \right|_{I_2 = 0}, \quad A_{12} = \left. \frac{U_1}{I_2} \right|_{U_2 = 0}, \quad A_{21} = \left. \frac{I_1}{U_2} \right|_{I_2 = 0}, \quad A_{22} = \left. \frac{I_1}{I_2} \right|_{U_2 = 0}, \quad (2.2)$$

Загалом дифузну залізничну лінію можна розглядати як асиметричний чотириполюсник. Цей чотириполюсник може знаходитися в режимі простого завантаження з подовжньою або поперечною асиметрією.

Розрахунок стану РК заснований на поданні у вигляді двопровідної або трипровідної лінії електропередачі з розподіленими параметрами. Конкретні

значення основних параметрів можуть бути пов'язані з такими факторами, як неоднорідність, якість та стан шпал, висота баластного прошарку, наявність проміжних перемичок, що використовується існуючою дренажною системою, і інших чинників [6]. У цьому випадку подовжні параметри – це питомий опір та індуктивність рейок, а параметри пропускання – це інтерференція між рейками та ємність між ними відповідно. Залізний дріт, як і дріт дифузних розмірів, схильний до різних внутрішніх і зовнішніх ускладнень.

З методологічної точки зору легко виділити три типи зовнішніх ускладнень на рейкову лінію, що використовується як чутливий компонент системи автоматизації:

- постійна діяльність (зміна температури, вологості і т. д.), що змінюють параметри рейкової лінії;
- дискретні дії (накладення шунта потягу, обрив рейкової лінії), що змінюють структуру її схеми заміщення;
- постійне і уривчасте втручання (від тягового струму, від блукаючих струмів і ін.) що не змінює параметри і структуру схеми заміщення, але які впливають разом з основним сигналом на приймач [10].

Реакція рейкового кола на ці порушення визначається змінами параметрів вхідного та вихідного сигналу, що не вказує на його статус. Такими є:

- амплітуда та напруга, фаза та струм на вході провідника;
- амплітуда та фаза напруги на виході лінії навантаження.

Безперервний шум та його вплив на тракт передачі, а також відповідний вплив на роботу приймача навколо лінії передачі були ретельно вивчені та описані у [8], в якій пропонуються організаційні та технічні заходи які не змінюють структуру схеми заміщення і таким чином, при розробці математичних моделей породження образів перешкоди не ураховуються.

При контролі схеми спрямованості поперечного синусоїдального потоку рейкова лінія розглядається як лінія із рівномірно розподіленими розмірами [6]. Ідеалізація схвалення дозволяє людям отримувати результати, які дуже узгоджуються з аналізом реального життя.

У разі двоколіяного представлення схеми рейкового шляху в нормальному режимі рейкова лінія поєднується з пасивним симетричним чотириполосником з розподіленими критеріями передачі в системі А-параметрів має вигляд

$$\left. \begin{aligned} U_1 &= U_2 A + I_2 B \\ I_1 &= U_2 C + I_2 D \end{aligned} \right\} \quad (2.3)$$

де А, В, С, D - параметри рейкового чотириполосника.

Відомо, що такий чотириполосник характеризується лише двома незалежними параметрами, оскільки між параметрами існують наступні співвідношення

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

В РК, що використовують в якості сигналу опиту змінну напругу, ці параметри виражаються через комплексні гіперболічні функції від повторних параметрів і довжини l електричної лінії

$$\left. \begin{aligned} A &= ch(\gamma l), \quad B = Z_B \cdot sh(\gamma l) \\ C &= \frac{1}{Z_B} \cdot sh(\gamma l), \quad D = A = ch(\gamma l) \end{aligned} \right\} \quad (2.5)$$

2.3. Вибір точок вимірювання

Звичайно, вибір діагностичних параметрів – серйозна проблема. Перш за все краще використовувати комплексні параметри, тому що, керуючи одним або двома з цих параметрів, можна визначити функцію об'єкта. Однак для більшості об'єктів такі параметри не виявлені, і для їх виявлення необхідно провести дослідження. По-друге, навіть якщо всі параметри, зазначені в технічних умовах об'єкта діагностики, контролюються, функція об'єкта зазвичай не повністю надійною, тому необхідно вводити додаткові параметри.

Важливим питанням у діагностиці РК, та й взагалі у будь-якій діагностичній системі, є вибір місця або точки, в якій знімаються показання чи виміри. Правильність вибору вплине на подальші розрахунки, особливо на точність

остаточних результатів, і надалі вплине на правильність діагнозу та відхилення від фактичного значення.

На вибір точок виміру впливає безліч факторів. Одним з основних факторів є можливість підключення вимірювального приладу до діагностичної операційної системи, у нашому випадку до нерухомих рідкокристалічних екранів та сигнальних пристроїв. Як впровадження діагностичного обладнання вплине на роботу ДЦ, сигнальних пристроїв та безпеку руху поїздів, які від них залежать? Вищезазначені фактори будуть враховані в технічній документації на рівні дороги. Крім того, це також вплине на вартість самої діагностичної системи, витрати на її обслуговування та витрати на впровадження (використання людино-годин, таких як установка, введення в експлуатацію та запуск).

Найбільш затребуваним діагностичним об'єктом є перегінна РК 25 Гц. Через перераховані вище фактори неможливо безпосередньо зняти електричні параметри з самого РК для достовірності результатів. Щоб виключити або зменшити вплив помилок, що вносяться різним обладнанням автоматизації, на вимірювання, він включений в РК, і вимірювальний ланцюг повинен проходити якомога менше обладнання. Перший варіант, при вимірюванні в точках 1-3 і 3-4 (див. рис. 2.1), вимірювання проводяться безпосередньо від затискача ізолюючого трансформатора (ІТ), розташованого в релейній шафі сигнального пристрою обмежуючого опору R0. У другому варіанті вимірювання з точок 5-6 та 7-8 не виключають впливу ІТ та R0. З результатів розрахунку параметрів РК видно, наскільки очевидною є різниця у вимірних значеннях. Оскільки ІТ і R0 поміщаються в колійній коробці, перший варіант може бути застосований до станції РК. Другий варіант дає більше інформації для аналізу сигнального пристрою.

В діагностичній системі, що розробляється, використовується другий варіант.

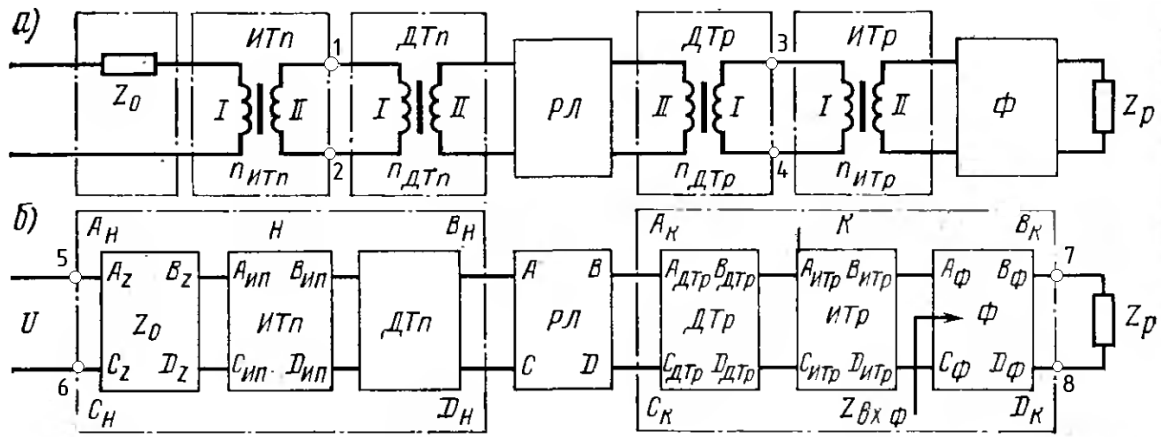


Рис.2.1. Схеми вибору точок вимірювання

Результат діагностики залежить не тільки від стану досліджуваного об'єкту, а й від вимог досліджуваного об'єкту на момент діагностики, і вони визначаються призначенням досліджуваного об'єкту. Тому при діагностиці в першу чергу необхідно виявити діагностичні параметри і які значення необхідно визначити або оцінити для результату діагностики. Таких параметрів може бути будь-яка кількість, але слід мати на увазі, що зі збільшенням кількості діагностичних параметрів, як правило, збільшуються складність діагностики та складність діагностичних інструментів. Тому звичайна кількість діагностичних параметрів обмежується 2-6 параметрами.

2.4. Методика автоматизованого визначення параметрів рейкового кола 25 Гц

Для всіх розрахунків, особливо автоматичних, потрібні вихідні дані. Спочатку треба визначити параметри РК з кодом 25 Гц. Початкові дані включають різні константи, дані, попередньо введені оператором, і дані, введені в систему діагностики з лінійного контролера. Схема рейкового кола приведена нарис. 2.2.

Константи РК включають наступні параметри і значення, майже всі з яких вводяться оператором під час початкового запуску (налаштування) системи автоматичної діагностики:

а) параметри рейкового кола:

- довжина рейкового кола L_{\max} - 2600 м;

- питомий опір рейок із сталевими приварними з'єднувачами $Z = 0,55e^{-j50^\circ}$ Ом/км;
- мінімальний питомий опір ізоляції заземлення контактних опор $r_0 = 2$ Ом/км;
- питомий опір ізоляції рейкової лінії $r_{и} = 1$ Ом·км;
- коефіцієнт розподілу струму витоку $m = 9,1$;
- коефіцієнт взаємодукації рейок $M_{12} = 0,00128e^{-j7^\circ}$;
- коефіцієнт нестабільності джерела живлення $K_{и} = 1,05$;
- критичне значення комплексу при $(\gamma l)_{кр}$ при $f = 25$ Гц, при якому питомий опір ізоляції рейкового кола у контрольному режимі приймає критичне значення $(\gamma l)_{кр} = 1,13e^{j26^\circ}$;

б) параметри приладів, що входять до складу РК:

- вхідний опір фільтру ФП-25, навантаженим колійним реле типу ІМВШ-110, $Z_{вх.ф} = 200$ Ом;
- коефіцієнт надійного повернення реле $K_{вн} = 0,75$;
- приведений коефіцієнт надійного повернення реле $K'_{вн} = 0,625$;
- коефіцієнт запасу по спрацьовуванню реле $K_{зсп} = 1,2$;
- опір обмежуючого резистора $R_0 = 200$ Ом;
- опір з'єднувальних дротів кабелю між дросель-трансформатором і ізолюючим трансформатором відповідно для живлячого та релейного кінців рейкового кола $r_{сп} = r_{ср} = 0,3$ Ом;

в) коефіцієнти чотиріполосника приладів РК:

- коефіцієнти чотиріполосника ізолюючого трансформатора ПРТ-А для релейного кінця при $n = 9,15$:

$$A_{ир} = 0,11; \quad B_{ир} = 2,4e^{j36^\circ} \text{ Ом};$$

$$C_{ир} = 0,006e^{-j65^\circ} \text{ См}; \quad D_{ир} = 9,15;$$

(для живлячого кінця коефіцієнти $A_{ип}$ і $D_{ип}$ міняються місцями);

- коефіцієнти чотиріполосника дросель-трансформатора ДТ-1-150 релейного кінця:

$$A_{др} = 0,333; \quad B_{др} = 0,0525e^{j40^\circ} \text{ Ом};$$

$$C_{др} = 0,496e^{-j70^\circ} \text{ См};$$

$$D_{др} = 3;$$

- живлячого кінця:

$$A_{дп} = 3;$$

$$B_{дп} = 0,05e^{j35^\circ} \text{ Ом};$$

$$C_{дп} = 0,302e^{-j60^\circ} \text{ См};$$

$$D_{дп} = 0,333;$$

г) данні які поступають із лінійних контролерів:

- напруга та струм на вході фільтру ФП-25: $U_{2к}, I_{2к}$;

- напруга та струм на виході перетворювача частоти ПЧ 50/25: $U_{1н}, I_{1н}$.

Автоматизований розрахунок параметрів і режимів РК відбуватиметься згідно схеми заміщення РК 25 Гц який приведений на рис. 2.2.

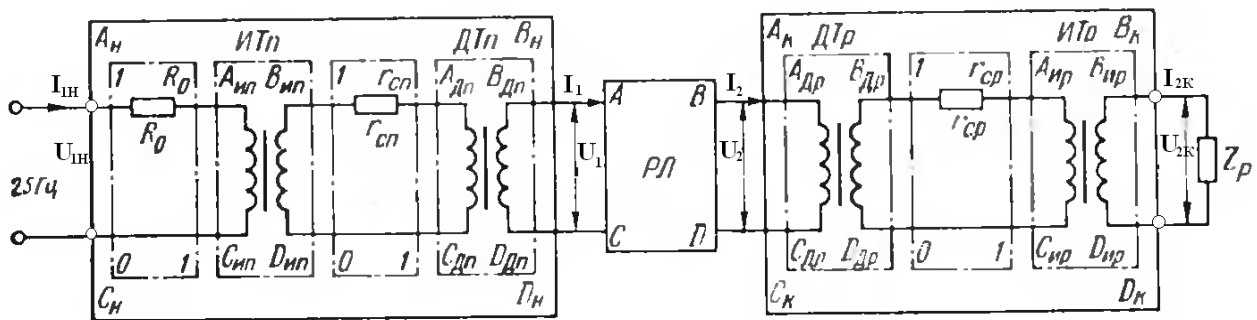


Рис.2.2. Схема заміщення кодової РК 25 Гц

Коефіцієнти загального чотирьохполюсника живлячого кінця визначаються з рівняння

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} A_n & B_n \\ C_n & D_n \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} 1 & R_0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} A_{нп} & B_{нп} \\ C_{нп} & D_{нп} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 & r_c \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} A_{дп} & B_{дп} \\ C_{дп} & D_{дп} \end{pmatrix} = \\ &= \begin{pmatrix} 1 & 200 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 9,15 & 2,4e^{j36^\circ} \\ 0,006e^{-j65^\circ} & 0,11 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 & 0,3 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 3 & 0,05e^{j35^\circ} \\ 0,302e^{-j60^\circ} & 0,333 \end{pmatrix} \end{aligned} \quad (2.6)$$

звідки: $A_n = 34,776e^{-j16^\circ 57'}$; $B_n = 9,38e^{j3^\circ 38'} \text{ Ом};$

$C_n = 0,051e^{-j62^\circ 32'} \text{ См};$ $D_n = 0,037e^{-j1^\circ 4'}$

Коефіцієнти загального чотирьохполюсника релейного кінця визначаються з матричного рівняння:

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} A_{\kappa} & B_{\kappa} \\ C_{\kappa} & D_{\kappa} \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} A_{Др} & B_{Др} \\ C_{Др} & D_{Др} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 & r_c \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} A_{up} & B_{up} \\ C_{up} & D_{up} \end{pmatrix} = \\ &= \begin{pmatrix} 0,333 & 0,0525e^{j40^\circ} \\ 0,49e^{-j70^\circ} & 3 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 & 0,3 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0,11 & 2,4e^{j36^\circ} \\ 0,006e^{-j65^\circ} & 9,15 \end{pmatrix} \end{aligned} \quad (2.7)$$

звідки: $A_{\kappa} = 0,037e^{-j1^\circ 2'}$; $B_{\kappa} = 2,078e^{j22^\circ 4'}$ Ом;

$$C_{\kappa} = 0,072e^{-j69^\circ 40'}$$
 СМ; $D_{\kappa} = 28,941e^{-j3^\circ 49'}$

Для розрахунку параметрів чотириполюсника рейкової магістралі спочатку необхідно зняти показання струму та напруги на початку та в кінці звичайної чотириполюсної мережі, а саме: струм і напруга $U_{1н}$ після інвертора, $I_{1н}$ – у точки 1-2 та фільтри приймача ходу $U_{2к}$, $I_{2к}$ – у Напруга та струм на виході у точках 3-4 вимагають подальших розрахунків.

Щоб знайти напругу та струм у початковій точці U_1 , I_1 , та кінцевій точці U_2 , I_2 залізничної лінії, ми використовуємо таку формулу:

$$I_1 = \frac{C_H U_{1н} - A_H I_{1н}}{C_H B_H - D_H A_H} \quad (2.8)$$

$$U_1 = \frac{I_{1н} - D_H I_1}{C_H} \quad (2.9)$$

$$U_2 = A_{\kappa} U_{2к} + B_{\kappa} I_{2к} \quad (2.10)$$

$$I_2 = C_{\kappa} U_{2к} + D_{\kappa} I_{2к} \quad (2.11)$$

Знаходимо параметри чотириполюсника рейкової лінії:

$$A = \frac{I_1 U_1 + U_2 I_2}{I_1 U_2 + U_1 I_2} \quad (2.12)$$

$$C = \frac{I_1 - A I_2}{U_2} \quad (2.13)$$

$$B = \frac{U_1 - A U_2}{I_2} \quad (2.14)$$

Розрахунок вторинні параметри рейкової лінії:

Коефіцієнт розповсюдження

$$\gamma = \frac{\operatorname{arcch} A}{l} \quad (2.15)$$

Хвильовий опір

$$Z_B = \frac{sh\gamma l}{C} \quad (2.16)$$

Розрахунок в нормальному режимі.

Нормальний режим називається такий справний стан при якому РК вільне від рухомого складу, коли приймач шляху відправляє дискретне повідомлення «Вільний» (1). Якщо у правильно спроектованому та стандартизованому РК неухильно дотримуються дві умови, цей тип інформації буде надійно наданий:

- критичне поєднання значень основних параметрів, що відповідають несприятливим умовам передачі енергії (U_{\min} , $z(r_{\max})$, r_{\min}), рівень сигналу на вході блоку приймача відповідає робочому струму I_p ;

- за допомогою ключового поєднання значень основних параметрів, що відповідають сприятливим умовам передачі енергії (U_{\max} , $z(r_{\min})$, r_{\max}), рівень сигналу на вході приймача блоку не перевищує його допустимий струм навантаження (напруга) $I_{\text{пер.д}}$ ($U_{\text{пер.д}}$).

Критеріями першого стану є напруга U , струм I і потужність джерела S , у яких приймач надійно працювати.

Критерієм другого стану є співвідношення:

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

де $K_{\text{пер.ф}}$ - фактичний коефіцієнт навантаження приймача, $K_{\text{пер.д}}$ - допустимий (максимальний) коефіцієнт перевантаження ресивера (за паспортом).

Розрахунок коефіцієнта навантаження реле.

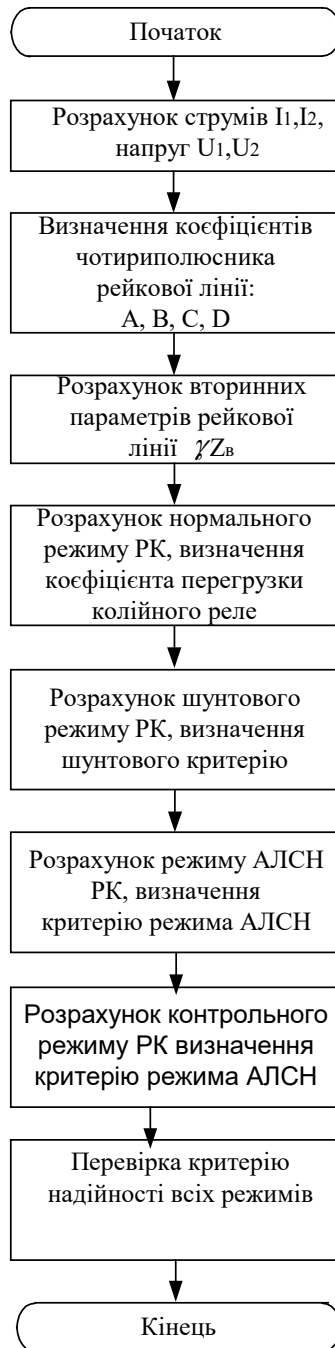


Рис.2.3. Алгоритм автоматизованого розрахунку параметрів і режимів РК

Мінімальний опір передачі:

$$Z_{n \min} = K'_{Tn} K_{Tk} (Z_{ex.k} + z_l + Z'_{ex.n}), \quad (2.17)$$

де $K'_{Tn} = A_n$, зворотній коефіцієнт зниження токів у чотириполоснику Н

$$K_{Tk} = C_k Z_{ex.\phi} + D_k, \quad (2.18)$$

Прямий коефіцієнт зниження токів у чотириполоснику К

$$Z_{\text{вх.к}} = \frac{A_{\text{к}} Z_{\text{вх.ф}} + B_{\text{к}}}{C_{\text{к}} Z_{\text{вх.ф}} + D_{\text{к}}} \quad (2.19)$$

Прямий вхідний опір чотириполосника К

$$Z'_{\text{вх.н}} = \frac{B_{\text{н}}}{A_{\text{н}}} \quad (2.20)$$

Зворотний вхідний опір чотириполосника Н

Максимальний опір передачі:

$$Z_{n\text{max}} = K'_{\text{Тн}} K_{\text{Тк}} (AZ_{\text{вх.к}} + B + (CZ_{\text{вх.к}} + D)Z'_{\text{вх.н}}) \quad (2.21)$$

Коефіцієнт перевантаження реле:

$$K_{\text{пер}} = K_{\text{зсп}} K_u K_{\text{тп}} \frac{|Z_{n\text{max}}|}{|Z_{n\text{min}}|}$$

Розрахунок шунтового режиму.

Шунтовим режимом називається такий стан РЦ, при якому її приймач видає дискретну інформацію «Зайнято» (0) при накладенні в будь-якій точці рейкової лінії шунта потягу опором не нижче нормативного.

Еталоном надійності шунтуючого режиму є співвідношення

$$K_{\text{ш}} > 1$$

$K_{\text{ш}}$ - коефіцієнт чутливості шунта будь-якої відносної координати P_m рейкової колії до стандартного приводного шунта, який розраховується за критичного значення основного параметра цього режиму.

$$(U_{\text{max}}, z(r_{\text{min}}), r_{\text{imax}} = \infty, P_{\text{м крит}}).$$

Стандартний шунтуючий опір, прийнятий країнами СЕВ: $R_{\text{шн}} = 0,06$ Ом - для всіх РК, крім гіркових. Оскільки для всіх основних нерозгалужених РК чутливість шунта є граничною (мінімальною) в кінці залізничної лінії, достатньо перевірити чутливість джерела живлення і клем реле в інженерних розрахунках.

Коефіцієнт шунтової чутливості клеми реле:

$$K_{\text{шр}} = \frac{|U_{\text{дшр}}|}{|U_{\text{ф min}}|}, \quad (2.23)$$

де допустиме навантаження шунтового режиму

$$|U_{\text{дшр}}| = I_{\text{шр}} |Z_{\text{шр}}| = K'_{\text{вн}} I_{\text{р}} Z_{\text{шр}} \quad (2.24)$$

Коефіцієнти чотирьохполюсника рейкової лінії при накладанні нормативного шунта $R_{шн} = 0,06$ Ом на релейний кінець при найгірших умовах для шунтового режиму $r_n = \infty$:

$$A_{шп} = 1 + \frac{zl}{R_{шн}} \quad (2.25)$$

$$B_{шп} = zl \quad (2.26)$$

$$C_{шп} = \frac{1}{R_{шн}}; \quad D_{шп} = 1 \quad (2.27)$$

Ураховавши знайдені значення

$$Z_{шп} = K'_{Тн} K_{Тк} \left(A_{шп} Z_{вх.к} + B_{шп} + (C_{шп} Z_{вх.к} + D) Z'_{вх.н} \right) \quad (2.28)$$

Коефіцієнт шунтової чутливості на живлячому кінці

$$K_{шш} = \frac{|U_{дшш}|}{|U_{\phi}|} \quad (2.29)$$

$$|U_{дшш}| = I_{шш} |Z_{шш}| = K'_{вн} I_{\phi} |Z_{шш}|$$

Коефіцієнти чотирьохполюсника рейкової лінії при накладанні нормативного шунта на живлячий кінець:

$$A_{шш} = 1; \quad B_{шш} = zl \quad (2.30)$$

$$C_{шш} = \frac{1}{R_{шн}}; \quad D_{шш} = 1 + \frac{zl}{R_{шн}} \quad (2.31)$$

Опір передачі

$$Z_{шш} = K'_{Тн} K_{Тк} \left(A_{шш} Z_{вх.к} + B_{шш} + (C_{шш} Z_{вх.к} + D) Z'_{вх.н} \right) \quad (2.32)$$

Розрахунок контрольного режиму.

Контрольний режим - це стан РК, в якому приймач шляху надсилає дискретну інформацію, еквівалентну «Зайнятий» (0), яка повністю електрично переривається у будь-якій точці залізничної лінії.

Еталоном надійності режиму управління є коефіцієнт

$$K_{ки} \geq 1,$$

де $K_{ки}$ - коефіцієнт чутливості ланцюга до обриву (пошкодження) різьблення, який розраховується з допомогою набору основних параметрів.

Цей режим $\left[U_{\max}, z(r_{\min}), r_{\text{и.крит}}, p_{\text{кп.крит}} \right]$.

Коефіцієнт чутливості РК до пошкодження рейок Ккп можна розрахувати шляхом порівняння напруг

$$K_{\text{кп}} = \frac{U_{\text{дкп}}}{U_{\text{фmin}}}, \quad (2.33)$$

де $U_{\text{фmin}}$ - фактичне мінімальне напруга генератора, розраховане нормальному режимі.

Допустима напруга генератора в режимі керування

$$U_{\text{дкп}} = I_{\text{рк}} |Z_{\text{пкп}}| = K'_{\text{вн}} I_{\text{ср}} |Z_{\text{пкп}}|. \quad (2.34)$$

Комплексний опір передачі загальної схеми заміщення в режимі управління розраховується за такою формулою:

$$Z_{\text{пкп}} = K'_{\text{тн}} K_{\text{тк}} [A_{\text{гп}} Z_{\text{вхк}} + B_{\text{гп}} + (C_{\text{гп}} Z_{\text{вхн}} + D_{\text{гп}}) Z_{\text{вхн}}] \quad (2.35)$$

Значення $K'_{\text{тн}}$, $K_{\text{тк}}$, $Z'_{\text{вхн}}$, $Z_{\text{вхк}}$ такі ж, як і в режимі шунтування.

Метод контролю слід розраховувати при критичному значенні поточної координати $p_{\text{кп}}$ та опору ізоляції у місці пошкодження рейки (повного електричного розриву). Два критичні значення кожного РК зазвичай визначаються на основі результатів попередніх розрахунків.

Обчислення критичних значень $\gamma_{\text{и кр}}$ і $p_{\text{кп}}$ загалом потребує досить складних і громіздких математичних апаратів, тому аналітичні вирази цих величин виводяться з допомогою безлічі припущень і спрощень. Отже, для РК вхідний опір на обох кінцях ланцюга дорівнює $Z_{\text{вх.о}} = Z'_{\text{вх.н}} = Z_{\text{вх.к}}$, а в деяких випадках опір $Z_{\text{вх.о}}$ приймається рівним 0.

Коефіцієнт чутливості пошкодженої рейки

$$K_{\text{кп}} = \frac{|U_{\text{дк}}|}{|U_{\text{мин}}|}, \quad (2.36)$$

$$|U_{\text{дк}}| = I_{\text{рш}} |Z_{\text{пк}}| = K'_{\text{вн}} \cdot I_{\text{р}} Z_{\text{пк}} \quad (2.37)$$

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

Для розрахунку $Z_{\text{пкп}}$ необхідно обчислити кілька значень пропускнуої спроможності: коефіцієнт, що враховує взаємну індукцію орбіт:

$$E = \sqrt{1 + \frac{4j\omega M_{12}}{Z}}; \quad (2.38)$$

коефіцієнт чотириполюсника рейкової лінії при пошкодженні рейки:

$$A_{\text{кп}} = D_{\text{кп}} = \text{ch}(\gamma l)_{\text{кр}} + \frac{1}{2} E \sqrt{1 + 2m} \text{ch}(\gamma l)_{\text{кр}} (S_1 + S_2); \quad (2.39)$$

$$B_{\text{кп}} = \frac{z l}{(\gamma l)_{\text{кр}}} \left\{ \text{sh}(\gamma l)_{\text{кр}} + \frac{1}{2} E \sqrt{1 + 2m} [\text{ch}(\gamma l)_{\text{кр}} + 1] (S_1 + S_2) \right\}; \quad (2.40)$$

$$C_{\text{кп}} = \frac{(\gamma l)_{\text{кр}}}{z l} \left\{ \text{sh}(\gamma l)_{\text{кр}} + \frac{1}{2} E \sqrt{1 + 2m} [\text{ch}(\gamma l)_{\text{кр}} - 1] (S_1 + S_2) \right\} \quad (2.41)$$

Опір передачі

$$Z_{\text{пкп}} = K'_{\text{тн}} K_{\text{тк}} [A_{\text{гп}} Z_{\text{вхк}} + B_{\text{гп}} + (C_{\text{гп}} Z_{\text{вхн}} + D_{\text{гп}}) Z'_{\text{вхн}}] \quad (2.42)$$

Розрахунок режиму короткого замикання.

Режим короткого замикання відноситься до режиму роботи генератора, коли стандартний приводний шунт розташований на початку залізничної лінії, тобто в точці де до нього підключений генератор ($p = 1$).

В цьому випадку можна розглянути режим короткого замикання, при якому основний генератор подає живлення на приймач шляху, а додатковий генератор подає живлення на приймач локомотива через лінію шляху індуктивно підключену. У РК змінного струму, якщо кодовий сигнал АЛСН накладається на клему джерела живлення, функція додаткового генератора може виконуватись основним генератором.

Стандарт режиму короткого замикання включає струм генератора $I_{\text{кз}}$ та потужність $S_{\text{ка}}$. Зазвичай струм і потужність короткого замикання перевищують струм і потужність нормального режиму. Однак у схемі з обмежувачем ємності співвідношення між ними може бути зворотним, тобто струм і потужність короткого замикання можуть бути меншими, ніж струм і потужність у нормальному режимі, відповідно.

Режим короткого замикання розраховується за ключовою комбінацією основних параметрів тому $R_{\text{шп}} = 0$, а $p=1$. Значення основного критерію режиму короткого замикання генератора не виникає безпосередньо на стороні генератора, а проходить через чотириконтактний N , який залежить від відношення чотириполюсного параметра до опору залізничної лінії $Z_{\text{вх}}$.

Отже, струм і потужність короткого замикання можуть бути в кілька разів вище, ніж струм і потужність у нормальному режимі відповідно, або, навпаки, через використання обмежувача вони можуть бути навіть меншими від цих значень.

Вхідний опір короткого замикання

$$Z_{кз} = \frac{B_H}{D_H} \text{ Ом.} \quad (2.43)$$

Струм витоку короткого замикання в рампі

$$I_{кз} = K_{II} \frac{U_{\phi \min}}{Z_{кз}} \text{ А.} \quad (2.44)$$

Відстежити витік короткого замикання

$$\dot{S}_{кз} = \dot{U}'_{\phi \min} \dot{I}_{кз} \quad (2.45)$$

Розрахунок режиму АЛС.

Режим АЛСН є відповідним чином зайнятим станом РК, у якому рівень кодового сигналу створюється в контурі шляху, достатній для забезпечення надійної роботи локомотивного приймача на кінці лінії шляху далеко від генератора АЛСН.

Критерій надійності режиму АЛСН:

$$K_{Л} = \frac{I_{л\phi \min}}{I_{ЛН}} \geq 1 \quad (2.46)$$

де $I_{л\phi \min}$ - це фактичний мінімальний струм у рейковому ланцюзі, коли стандартний приводний шунт застосовується в кінці рейкового ланцюга далеко від генератора кодових сигналів АЛСН, і комбінація клавіш основних параметрів режиму (U_{\min} , Z, r_{\min} , $p=0$); $I_{ЛН}$ - стандартний струм АЛСН для стабільної роботи локомотивного приймача, $I_{л\phi}$ – стандартний струм АЛСН для електричної тяги.

Фактичний струм АЛС

$$I_{л\phi} = \frac{|U_{\phi \min}|}{|Z_{нл}|} \quad (2.47)$$

Опір передачі кола в режимі АЛС

$$Z_{нл} = K'_{Тн} (B + DZ'_{ex.n}) \quad (2.48)$$

Коефіцієнт режиму АЛС

$$K_{АЛС} = \frac{I_{лф}}{I_{лн}} \quad (2.49)$$

Стандарт моделі використовується для детермінованого розрахунку кола кіл[18]. Ці розрахунки враховують найгірші умови компонентів обладнання та параметри залізничної лінії у кожному режимі. Використовуйте методи детермінованого розрахунку, щоб відрегулювати рейковий ланцюг, щоб забезпечити його роботу у всіх режимах у діапазоні опору ізоляції рейкового ланцюга від найменшого розрахунку до нескінченності. Якщо фактичний опір ізоляції рейкового ланцюга при експлуатації менший від розрахункового мінімального значення, тільки певна ймовірність може гарантувати працездатність рейкового ланцюга у всіх режимах.

Враховуючи, що параметри кожного елемента обладнання рейкового шляху та характеристики рейкового шляху в кожний момент часу є випадковими величинами, пропонуються такі критерії оцінки: нормальна ймовірність $P_u >$ шунтового $P_{ш}$ та контрольного $P_{кн}$ режимів.

Параметри компонентів обладнання РК та параметри рейкового ланцюга є випадковими величинами, тому поточне значення входу приймача в режимах звичайного $I_{рн}$, шунтуючого $I_{ру}$ та $I_{рк}$, що управляє, також є випадковим. Пристрій, що встановлює стан РК, є стежить приймач, який реагує на амплітуду вхідного сигналу. Поріг спрацьовування $I_{сп}$ та повернення одержувача $I_в$ також є випадковими величинами.

При розрахунку ймовірності виконуються умови нормального, шунтуючого та керуючого режимів роботи РК:

$$\left. \begin{aligned} I_{рн} - I_{сп} &= \Delta_n > 0; \\ I_в - I_{ру} &= \Delta_{ш} > 0; \\ I_в - I_{рк} &= \Delta_n > 0, \end{aligned} \right\}$$

де Δ_n - різниця між фактичним значенням струму приймача у нормальному режимі та значенням робочого струму; $\Delta_{ш}$ - різниця між значенням зворотного струму приймача і фактичним значенням струму в режимі шунту; $\Delta_{кп}$ – повернути поточне

значення приймача в режимі керування Різниця між фактичним поточним значенням.

Різниця між випадковими величинами Δ_n , $\Delta_{ш}$ та $\Delta_{кп}$ також є випадковою величиною. З урахуванням умов вираження еталона ймовірності нормального, що відхиляє та управляючого режимів роботи рейкового ланцюга будуть прийняті такі форми:

$$\left. \begin{aligned} P_n &= P(\Delta_n > 0) = P(I_{pn} - I_{cp}); \\ P_{ш} &= P(\Delta_{ш} > 0) = P(I_{\epsilon} - I_{pш}); \\ P_{кп} &= P(\Delta_{кп} > 0) = P(I_{\epsilon} - I_{pk}). \end{aligned} \right\}$$

- Ймовірність виконання нормального режиму - це ймовірність того, що фактичний струм, що вводиться в приймач у нормальному режимі, перевищує граничне значення приймача.

- Ймовірність виконання шунтового режиму - це ймовірність того, що зворотний струм приймача більший, ніж фактичний вхідний струм приймача в паралельному режимі.

- Ймовірність виконання контрольного режиму - це ймовірність того, що зворотний струм приймача більший за фактичний струм на вході приймача в тестовому режимі.

2.5. Експериментальна перевірка розробленого методу

Будь-які розрахунки і математичне моделювання повинні відповідати фактичним значенням, даним вимірювань чи мати фактичних відмінностей. Для перевірки методу розробки системи автоматичної діагностики значення, розраховане за допомогою методу розробки, можна порівняти зі стандартним значенням коефіцієнта чотирикінцевої залізничної лінії.

Математичний пакет MathCAD використовується для розрахунку коефіцієнтів чотириполюсної залізничної лінії та порівняння їх зі стандартними коефіцієнтами. Ви можете пропустити перевірку параметрів залізничної лінії, що повторюються, а також режиму роботи РК та його нормативів, оскільки точність

результатів розрахунку безпосередньо залежить від коефіцієнта чотириполюсної залізничної лінії.

Стандартні значення коефіцієнтів чотириполюсної залізничної лінії - A, B, C і D. Питомий опір сталевому зварному стику сталевій рейці становить $Z=0,55e^{j50^\circ}$ Ом/км, питомим опір ізоляції рейкової лінії $g_i=1$ Ом·км, довжині рейкового ланцюга $l=2500$ м:

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

Припустимо, з лінійного контролера системи діагностики отримані наступні значення напруги та струму на інверторі 50/25 та ФП-25:

$$U_{1H} = 147 \text{ В}, I_{1H} = 0,31 \text{ А}, U_{2K} = 6,6 \text{ В}, I_{2K} = 0,033 \text{ А.}$$

Щоб знайти напругу та струм у початковій точці U1, I1 та кінцевій точці U2, I2 залізничної лінії, скористаємося формулами (2.8) - (2.11):

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

$$U_1 = \frac{U_{1H} - B_n I_{1H}}{I_1} = 3,033e^{j50^\circ};$$

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

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

Знаходимо параметри (2.12) - (2.14) чотирикінцевої мережі залізничної лінії:

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

$$C = \frac{I_1 - A I_2}{U_2} = 3,909e^{j23^\circ};$$

$$B = \frac{A^2 - 1}{C} = 1,798e^{j75^\circ}.$$

Порівняємо відсоткову різницю між розрахунковим коефіцієнтом чотириполюсника рейкової лінії та номіналом:

$$\frac{|A_n - A|}{A_n} \cdot 100 = 3,5\%$$

$$\frac{|B_n - B|}{B_n} \cdot 100 = 2,9\%$$

$$\frac{|C_n - C|}{C_n} \cdot 100 = 3,8\%$$

У процесі експериментального розрахунку відхилення розрахункового значення від експериментального не перевищує 4%, що є прийнятним для системи діагностики рейкового ланцюга, тому подальші розрахунки та прогнози роботи не вплинуть. Розроблений метод автоматичної діагностики з кодовим РК 25 Гц придатний для використання на залізничному транспорті.

3. РОЗРОБКА АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОЇ ДІАГНОСТИКИ РЕЙКОВИХ КІЛ НА ПЕРЕГОНІ 25 ГЦ

3.1. Система дистанційного діагностування рейкових кіл

Розроблена система управління основана на трьохрівневій структурі, нижнім рівнем якої є лінійні контролери. Сигнал від лінійного контролера передається на центральний контролер (середній рівень), який встановлений у релейній кімнаті або у чергового по станції. Тут він обробляється і передається до центрального посту та до диспетчерів дистанції сигналізації та зв'язку (вищий рівень). Передача інформації від об'єкта контролю здійснюється по спеціальній лінії зв'язку (рис. 3.1). Для передачі інформації з центрального контролера на АРМ використовується паралельний порт комп'ютера.

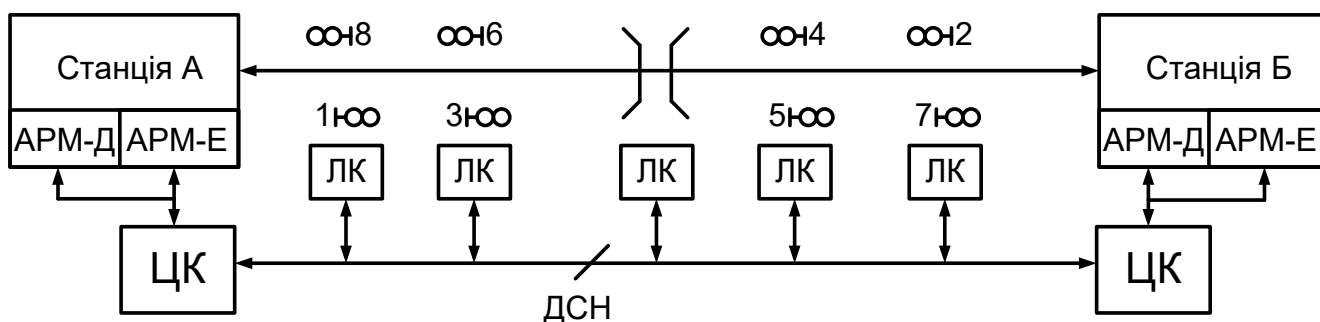


Рис.3.1. Структурна схема системи діагностування рейкових кіл

АРМ-Д спрямована на відображення ситуації та стану обладнання на потязі, а також на керування блокуванням на станції.

АРМ-Е забезпечує можливість централізованого керування роботою, аналізу несправностей та використання системних технологій для діагностики електромеханічної системи сигнальної системи.

Устаткування в центральному пункті працює під керуванням центрального контролера (рис. 3.2), який виконаний на базі мікроконтролера PIC16F877.

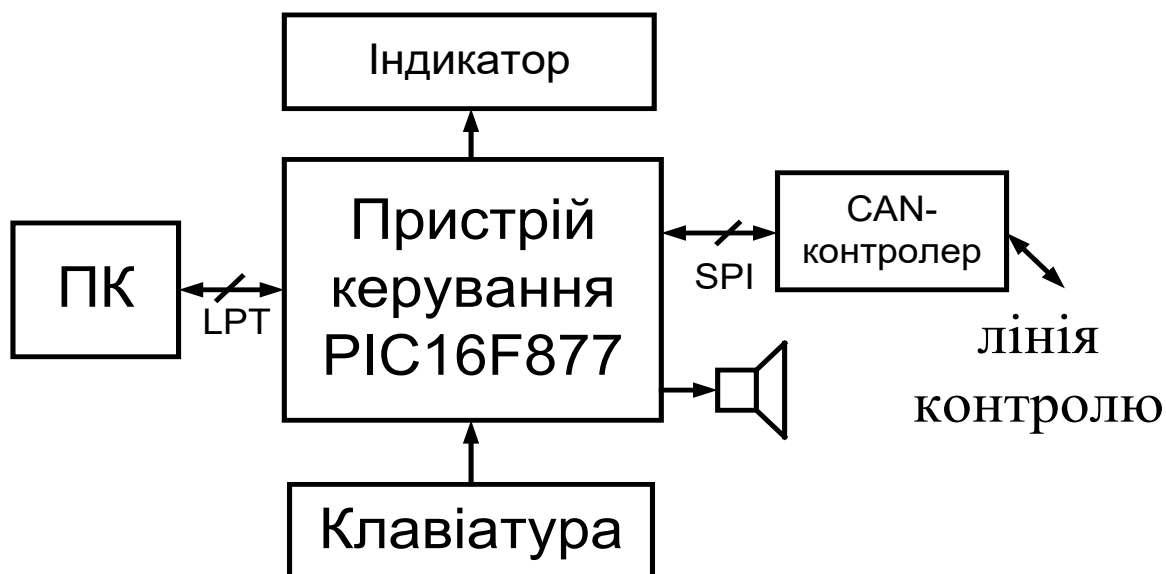


Рис. 3.2. Структурна схема центрального контролера

До завдань центрального контролера входять:

- шляхом запиту контролера організувати циклічний моніторинг централізованого технічного стану станції;
- зберігати поточну інформацію про стан всіх аналізованих контролерів;
- організувати обмін даними між робочим місцем автоматики та центральним контролером;
- управління режимом роботи контролера;
- аварійна індикація стану під час виходу з експлуатації устаткування АРМа.

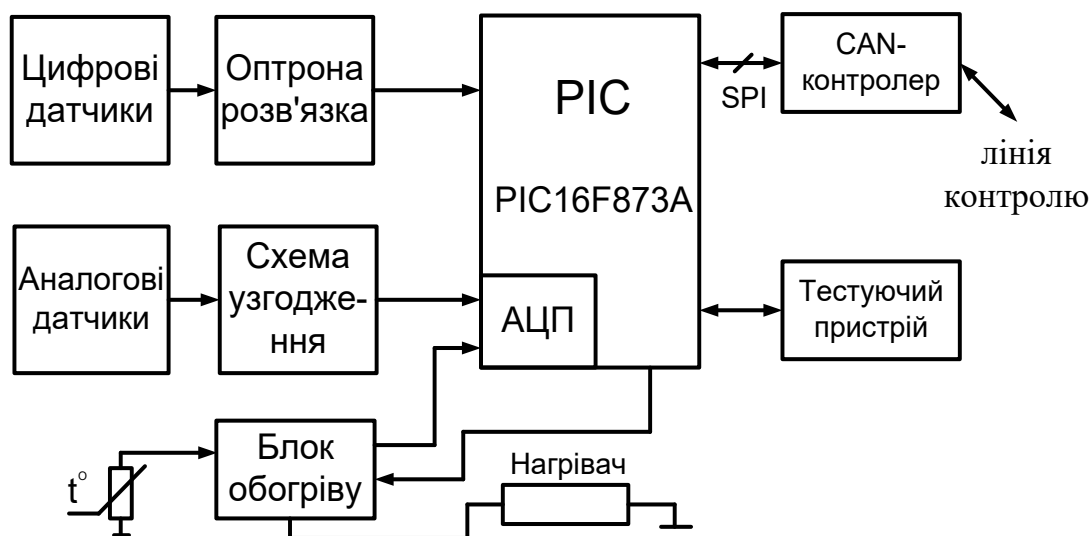


Рис. 3.3. Структурна схема лінійного контролера

Лінійний пункт виконано з урахуванням PIC мікроконтролера PIC16F873A

(рисунок 3.3). Його завдання - зібрати основну інформацію про технічний стан рейкового ланцюга, виконати попередню обробку цієї інформації та передати її по запиту центрального контролера.

3.2. Принципова схема центрального контролера системи дистанційного діагностування рейкових кіл

Центральний контролер (ЦК) встановлюється на кожній станції на кордонах, що обмежують перегін. Він призначений для збирання, зберігання та обробки вхідної інформації від лінійного контролера для аналізу роботи обладнання станції. Центральний контролер передає отриману інформацію на автоматизовані робочі місця та електромеханіку системи сигналізації чергового персоналу станції, а також виводить базові дані на вбудований текстовий індикатор, тому система повністю автономна і продовжує працювати навіть у разі відмови АРМ. Контроль працездатності системи постійного струму здійснюється центральним контролером, який буде описано нижче.

Контроль та керування зовнішніми пристроями здійснюється за допомогою портів введення або виведення. Вбудований опір навантаження може бути підключений до виходу порту (окремо кожної категорії). Вихідний буфер забезпечує струм навантаження до 20 мА і може керувати безпосередньо світлодіодними індикаторами. При використанні виведення порту в якості входу та встановлення його в низький стан зовнішнім сигналом, струм буде текти лише тоді, коли підключено вбудований опір навантаження. Порти В, D та E також використовуються для реалізації різних спеціальних функцій мікроконтролера.

Взаємодія з портом здійснюється трьома регістрами, розташованими в області зберігання даних введення/виводу: регістр даних – LATx, регістр направлення даних – TRISx та регістр адреси вхідних контактів – PORTx. Регістр адреси вхідного виводу порту В доступний тільки для читання, а регістр даних та напрямки даних порту В призначений для читання/запису. Всі контакти порту В мають вбудовані резистори для індивідуального підключення навантажень.

Для зберігання програм і констант в контролері PIC використовуються пам'ять програм, що перепрограмується, і незалежна пам'ять даних, створена за допомогою технології FLASH.

Пам'ять даних EEPROM. Пам'ять даних EEPROM організована як окремий простір даних із можливістю читання та запису окремого байта. EEPROM забезпечує 100 000 циклів стирання/запису. Взаємодія між EEPROM та CPU визначається адресним регістром EEPROM, регістром даних EEPROM та регістром управління EEPROM.

Обробка переривань та скидання. Мікроконтролер PIC16F877 використовує 16 джерел переривань. Ці вектори переривання та скидання розташовані в різних програмних векторах області пам'яті програм. Кожне переривання має власний біт дозволу, який має бути встановлений разом із бітом I регістру стану. Молодші адреси області пам'яті програм автоматично визначаються як вектори скидання та переривання.

Мікроконтролер PIC16F877 містить два спеціальні 8-бітові регістри маски переривання: регістр маски зовнішнього переривання (EIMSK) і регістр маски переривання TIMSK (маска переривання таймера/лічильника).

Режим енергозбереження. Щоб увійти в будь-який з трьох режимів енергозбереження, біт SE в регістрі MCUCR повинен бути встановлений в 1. Біти SM1 і SM0 регістра MCUCR визначають який з режимів Idle, Power Down або Power Save буде запущений командою SLEEP.

Коли дозволене переривання відбувається, коли MCU знаходиться в режимі енергозбереження, MCU буде активовано, програма обробки переривання буде виконана, і це продовжуватиметься до наступної інструкції SLEEP. Якщо скидання відбувається під час енергозбереження, MCU буде активовано і почне працювати з вектором скидання. Вміст реєстрового файлу, SRAM та пам'яті введення-виводу залишається незмінним під час активації.

Таймер/лічильник, вбудований у мікроконтролер, використовується для реалізації функцій синхронізації, таких як тимчасова затримка та вимірювання часу. Мікроконтролер PIC16F877 оснащений таймером/лічильниками загального призначення: одним 8-бітним та одним 16-бітним. Таймер/лічильник крім

нормальної роботи він також може синхронізувати асинхронно від зовнішнього генератора. Цей генератор оптимізований для використання кварцових генераторів, що дозволяє використовувати таймер/лічильник 1 як годинник реального часу (RTQ).

Для організації обміну інформацією між PIC-контролером та CAN-контролером типу MCP2510 використовується модуль порту ПК у режимі SPI. Послідовний периферійний інтерфейс-SPI (послідовний периферійний інтерфейс). Послідовний периферійний інтерфейс (SPI) забезпечує високошвидкісний синхронний обмін даними між мікроконтролером PIC16F877 та периферійними пристроями або між декількома мікроконтролерами PIC16F877.

Контакт RB7 (SCK) – це вихід тактового сигналу основного мікроконтролера та вхід відомого тактового сигналу. Після того, як основний ЦП записує дані регістр SPI, генератор тактових імпульсів SPI починає працювати, і записані дані переміщуються на вхідний контакт RB5 (MOSI) відомого мікроконтролера через вихідний контакт RB5 (MOSI) основного мікроконтролера. Після зсуву на один байт зупиніть годинник SPI, встановивши прапорець закінчення передачі (SPIF). Якщо біт дозволу переривання SPI (SPIE) в регістрі SPCR, буде виконаний запит переривання. Вхід вибору відомого RB4 (SS) встановлюється на низький рівень вибору відомого одиночного пристрою SPI. Під час встановлення контакту RB4 (SS) на високий рівень порт SPI вимикається, і контакт RB5 (MOSI) можна використовувати як вхідний контакт. Головний/відомий режим також може бути встановлений програмно шляхом встановлення або скидання біта MSTR у регістрі керування SPI.

Частота мікроконтролера - 16 МГц визначається кварцовим резонатором Q1. Світлодіодний індикатор VD1, підключений до мікроконтролера (MC), працює в миготливому режимі, особливо для характеристики активності та доступності CC та MC.

Збір інформації від лінійного контролера (ЛК) здійснюється у вигляді кругового опитування. Зв'язок із ЛК здійснюється через спеціальну лінію управління. Канали зв'язку диференційовані та забезпечують високу

завадостійкість. Для зв'язку використовується мікросхема ADM 485, що реалізує фізичний рівень інтерфейсу RS-485. Протокол зв'язку RS-485 є найбільш широко використовується галузевим стандартом, в якому використовуються збалансовані двосторонні лінії передачі. Протокол підтримує багатоточкові з'єднання, дозволяючи створювати мережі до 32 вузлів із дальністю передачі до 4000 м. Використання повторювачів RS-485 дозволяє збільшити дальність передачі на 4000 метрів або додати 32 вузли. Стандарт RS-485 підтримує напівдуплексний зв'язок. Для передачі та прийому даних достатньо пари кручених пар. Передача диференціального сигналу в системі на основі стандарту RS-485 може забезпечити надійну передачу даних за наявності шуму, а диференціальний вхід приймача може значно послабити синфазне напруга.

Для реалізації протоколу зв'язку з високою ймовірністю виявлення помилок у модулі зв'язку використовується контролер CAN MCP2510. Частота CAN-контролера визначається власним кварцовим резонатором Q2, що становить 16 МГц. Він реалізує функції перевірки каналів зв'язку, адресації інформації та усунення конфліктів з іншими передавачами та приймачами на апаратному рівні. Кожен вузол у мережі повинен контролювати шину протягом періоду простою перед надсиланням повідомлення. Після виявлення бездіяльності шини всі вузли мережі мають рівні можливості передачі даних.

При отриманні будь-якої інформації з лінії контролер CAN генерує переривання на виводі INT, обробник переривання відкривається MC, і отримані дані зчитуються через інтерфейс SPI.

Контролер CAN підключається до модему ADM 485 через ізоляцію оптопар, реалізованої на оптопарах DA2 та DA3. Він використовується для захисту основних компонентів КС від перенапруги та перешкод, які можуть з'явитися в каналі зв'язку. Вхід TX ADM 485 приймає команду, що сформована лінійним контролером та перетворюється на протокол CAN контролером CAN. Інформація, отримана від лінійного контролера, читається з виходу RXU.

Якщо ПК не може відображати інформацію на екрані АРМів через несправність, збій зв'язку або з інших причин, для відображення стану ПК використовуватиметься буквено-цифровий рідкокристалічний дисплей (РКД).

Алфавітно-цифровий РК-модуль - це дешеве та зручне рішення, яке заощаджує час та ресурси при розробці нових продуктів, забезпечуючи при цьому відображення великої кількості інформації з хорошою видимістю та низьким енергоспоживанням. Можливість оснащення РК-модулів підсвічуванням дозволяє їм працювати в умовах низького або нульового освітлення, а також версії з розширеним температурним діапазоном (-20°C...+70°C) у складних робочих умовах.

ВИСНОВКИ

При виконанні магістерської роботи детально проаналізовано існуючі системи діагностики рейкового кола. Провівши огляд систем діагностики рейкових кіл, можна зробити висновок, що впровадження в Україні єдиної системи автоматичного блокування на базі мікропроцесора АБ-УЕ та зарубіжної системи технічного діагностування та моніторингу для залізничної автоматики та дистанційного механічного транспорту не підходить, тому що вимагає великих вкладень.

У другому розділі перераховані основні вимоги до рейкових кіл. Розроблено математичну модель для розрахунку РК 25 Гц, і обрані місця, що найбільше підходять для вимірювання значень струму та напруги. Розроблено методику автоматичної діагностики РК 25 Гц, а також розрахунок режимів роботи РК нормальний, шунтуючий, керуючий, короткого замикання та АЛС. Крім того, у цій частині також представлено експериментальну перевірку розробленого методу. У процесі експериментального розрахунку відхилення розрахункового значення від експериментального не перевищує 4%, що є прийнятним для системи діагностики рейкового кола.

Впровадження цієї системи дистанційної діагностики рейкових кіл на перегоні із частотою 25 Гц дозволяє віддалено детально аналізувати роботу РК, своєчасно контролювати режим роботи РК та своєчасно виконувати профілактичне обслуговування, щоб запобігти можливим збоям під час нормальної роботи рейкового кола. Можливість зберігати результати діагностики у базі даних дозволить вам відслідковувати вплив погоди та інших факторів на зміни контрольованих параметрів РК.

Розроблений метод і побудована на ньому система дистанційної діагностики рейкових кіл на перегоні з частотою 25 Гц мають високу ефективність і придатні для використання на залізничному транспорті в системах керування рухом поїздів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. 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.
3. 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. Каганов, З.Г. Электрические цепи с распределенными параметрами и цепные схемы [Текст] / З.Г Каганов, З.Г. - М: Энерготомиздат. 1990. - 248 с.
11. Техническая документация DS00713a компании Microchip Technology Incorporated, USA. [Электрон. ресурс] / – Режим доступа: <http://www.microchip.com>.
12. Тарасов, Е.Н. Математическое моделирование рельсовых цепей с распределенными параметрами рельсовых линий [Текст] / Е.Н, Тарасов. - Самара: СамГАПС, 2003. - 118 с.

13. Котляренко, Н.Ф. Путевая блокировка и авторегулировка [Текст]: Учебник для вузов / Н.Ф Котляренко. -М: Транспорт, 1983. - 408 с.
14. Новиков, М.А. Проектування автоматичного блокування на залізницях [Текст] / М.А Новиков, А.Ф Петров, Н.М Степанов – М.: Транспорт, 1979. 328 с.
15. Казаков, А.А., Казаков Е.А. Автоблокування, локомотивна сигналізація і автостопа [Текст] / А.А Казаков, Е.А Казаков - М.: Транспорт, 1980. – 360с.