

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Дніпровський національний університет залізничного
транспорту імені академіка В. Лазаряна

Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

«ДО ЗАХИСТУ»
Завідувач кафедри

_____ Гаврилюк В.І.
(підпис) (ПІБ)
20__ р. _____ «_____»

ДИПЛОМНА РОБОТА на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Освітня програма «Автоматика та автоматизація на транспорті»

Тема: «Цифрова система діагностування рейкових кіл на перегоні 25 Гц»

Theme: «Digital system for diagnosing rail circuits at 25 Hz»

Керівник дипломної роботи

доцент Профатилів В.І.

Студент групи 8 АТ

Тугарєв А.О.

Student 8 AT

Tuhariiev Andrii

Дніпро
2020

**Дніпровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна**

Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»
Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
Освітня програма «Автоматика та автоматизація на транспорті»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. Кафедри Гаврилюк В.І

« ___ » _____ 2020_р.

**ЗАВДАННЯ
до випускної магістерської роботи**

Тугарєв Андрій Олександрович
(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема роботи Цифрова система діагностування рейкових кіл на перегоні 25 Гц.

Затверджена наказом по університету № 798 ст від « 18 » 10 2019_р.

2. Термін подання студентом закінченої роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу	Обсяг %	Кількість креслень

Студент
Науковий керівник

Тугарєв А.О.
Профатилів В.І.

РЕФЕРАТ

Відомості про об'єм пояснювальної записки: 57 сторінок , 2 таблиці, 12 рисунків, 19 джерел літератури.

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

Об'єкт проектування: система автоматизованого діагностування рейкових кіл кодового автоблокування з частотою 25 Гц.

Мета магістерської роботи: розробка методу автоматизованого діагностування рейкових кіл кодового автоблокування з частотою 25 Гц.

У першому розділі приведений аналіз існуючих сучасних систем діагностики. Проаналізована робота рейкових кіл за період з 2010 р. по теперішній час, а також виконаний аналіз несправностей, які виникають у пристроях автоматики та у рейкових колах.

У другому розділі виділені основні вимоги до рейкових кіл, проведений вибір точок для контролю параметрів сигнальних точок систем автоблокування, а також розроблена математична модель розрахунку рейкового кола 25 Гц й оснований на даній моделі автоматизований метод діагностики рейкових кіл 25 Гц. Крім цього в даному розділі проведена експериментальна перевірка розробленого методу.

В третьому розділі розроблена структурна схема автоматизованої системи діагностики рейкових кіл, розроблена принципова схема лінійного контролера.

Галузь застосування: системи керування рухом поїздів на залізничному транспорті.

Висновок. Впровадження методу автоматизованого діагностування рейкових кіл кодового автоблокування з частотою 25 Гц дозволить знизити експлуатаційні витрати, підвищити надійність роботи рейкових кіл та підвищити безпеку руху поїздів на перегонах.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ДІАГНОСТИКИ РЕЙКОВИХ КІЛ.....	7
1.1 Аналіз роботи рейкових кіл.....	7
1.2 Діючі системи діагностики рейкових кіл закордонних виробників.....	10
1.2.1 Локальна діагностична система LDS.....	10
1.2.2 Мікропроцесорна уніфікована система автоблокування АБ-Е1.....	11
1.2.3 Система технічної діагностики й моніторингу перегінних пристроїв залізничної автоматики й телемеханіки (СТДМ-ПУ).....	14
1.2.4 Система диспетчерського контролю «ДК КАСКАД».....	16
РОЗДІЛ 2. МЕТОД АВТОМАТИЗОВАНОЇ ДІАГНОСТИКИ РЕЙКОВИХ КІЛ 25 ГЦ.....	22
2.1. Вимоги до рейкових кіл.....	22
2.2. Математична модель РК. Параметри рейкових кіл.....	23
2.3. Вибір точок вимірювання.....	25
2.4. Методика автоматизованого визначення параметрів рейкового кола	27
2.5. Експериментальна перевірка розробленого методу.....	37
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ ЦИФРОВОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ РЕЙКОВИХ КІЛ.....	39
3.1. Цифрова система діагностування рейкових кіл.....	39
3.2. Принципова схема центрального контролера системи ДК.....	41

3.3	Схема модулю вимірювання напруги та струму в РК.....	44
3.4	Розробка алгоритму роботи модулю вимірювання напруги та струму в РК.....	51
	ВИСНОВОК.....	54
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	56

ВСТУП

Рейкові кола (РК) є датчиками інформації про те, де перебуває рухомий склад у межах станцій або перегонів. Серед інших елементів систем РК є найважливішими, тому що вони безпосередньо визначають безпеку руху поїздів.

На підставі інформації, що отримується від них, функціонують системи електричної централізації й автоблокування. Умови роботи рейкових кіл на мережі залізниць стають усе більше несприятливими. Гострота проблеми зростає у зв'язку із впровадженням великовагових поїздів і швидкісного пасажирського руху.

Подальше вдосконалення якості роботи систем СЦБ й, як наслідок, посилення безпеки руху поїздів нерозривно пов'язане з підвищенням надійності роботи рейкових кіл.

Рейкові кола забезпечують виконання контрольного режиму, тобто контролюють цілісність рейок. В першому півріччі 2016 році в Україні виявлено 54 випадки пошкоджень рейкових кіл, тобто фактично попередженні катастрофи поїздів і можливі тяжкі наслідки. Крім цього, рейкові кола забезпечують контроль справного стану елементів зворотної тягової мережі, призначеної для пропуску зворотного тягового струму. І, нарешті, рейкові кола служать інструментом для передачі на локомотиви й інші рухомі одиниці інформації про показання світлофора, до якого наближається поїзд, а також про припустиму швидкість його руху в даній точці колії. І тут з роботою рейкових кіл зв'язане функціонування систем автоматичної локомотивної сигналізації й автоматичного керування гальмуванням.

Таким чином, від рейкових кіл безпосередньо залежить безпека руху поїздів у господарствах колії й споруджень, електрифікації й електропостачання, локомотивного господарства й звісно у пристроях залізничної автоматики й телемеханіки.

У якості альтернативного технічного вирішення проблеми розроблена система рахунку осей, що дозволяє забезпечити контроль проходження поїздом ділянок колії без використання рейкових кіл. Однак для контролю цілісності рейок й елементів зворотної тягової мережі альтернативи рейковим колам у цей час немає.

Будучи одним з основних елементів системи безпеки, рейкові кола відрізняються складністю в обслуговуванні й вимагають значних експлуатаційних витрат. Підвищення їхньої надійної роботи вимагає постійної пильної уваги виконавців і керівників всіх рівнів, а також фінансових вкладень. Тому розробка автоматизованих методів і технічних засобів діагностики РК є важливою науковою і технічною задачею.

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

Як бачимо, однією з головних причин відмов є рейкове коло. Загальне число порушень нормальної роботи пристроїв СЦБ через несправності рейкових кіл по Укрзалізниці за перше півріччя 2016 р. склало 54 випадків, що на 13 менше, ніж за цей період у попередньому році. Відмови рейкових кіл становлять майже половину загального числа порушень нормальної роботи пристроїв СЦБ.

На мережі залізниць України перебувають в експлуатації близько 174 тис. станційних і більше 73 тис. перегоних рейкових кіл. З 2001 р. по теперішній час число відмов знижено більш ніж на 30%, однак за абсолютним значенням залишається ще неприпустимо великим.

До найбільш характерних причин відмов рейкових кіл із припиненням їхньої роботи відносяться: обрив стикових з'єднувачів, перемичок, тягових і сполучних проводів (джеремперів), порушення ізолюючих стиків, зниження опору баласту, стрілочної гарнітури, стяжної смуги, сережки, розпірки хрестовини, замикання різними елементами (дріт, інструмент і т.д.), вплив сторонніх джерел струму, пошкодження від грози, неправильне регулювання режиму роботи, злам рейки й інших. Особливо небезпечними є відмови, у результаті яких рейкове коло показує хибну вільність. Найбільш ймовірний випадок помилкової вільності в результаті наступних причин: поява обхідних крім рейок, ланцюгів для сигнального струму: через опори контактної мережі, металеві конструкції, міжколійні з'єднання й т.п.

Втрата шунта внаслідок забруднення поверхні головок рейок; проходження рухомих одиниць із поганим шунтом (дрезини, автотрисси, окремі локомотиви); підживлення колійних реле від сторонніх джерел: підживлення або перекидання колійних реле обслуговуючим персоналом; несправності перемичок або з'єднувачів. Несправності з'єднувачів відбуваються через корозію, неякісну приварку, пошкодження при колійних роботах і т.п.

Основне число відмов рейкових кіл падає на ізолюючі стики й ізоляцію стрілок. Відмова ізолюючих стиків виникає, як правило, при пошкодженні деталей, ізоляції й у той же час при збереженні цілості самих накладок.

Строк служби й періодичність ремонту ізолюючих стиків визначають бічні ізолюючі прокладки, тому що вони піддані найбільш сильному впливу динамічних зусиль від рухомого складу. Факторами, що сприяють порушенню ізоляції ізолюючого стику, є: згін рейок, неякісне підбиття шпал, замикання стику металевою стружкою й т.п. Всі металеві деталі скріплень і рейки мають електронну провідність, а шпали й баласту, де є присутнім волога, можна розглядати як своєрідний електроліт, що також володіє певною провідністю. З ростом температури й вологості інтенсивність електрохімічних процесів зростає, що приводить до зниження опору ізоляції. Великий вплив на активізацію електрохімічних процесів чинять солі, які навіть у малих кількостях приводять до різкого зниження опору ізоляції. Зниження ізоляції рейкової лінії є причиною більшої частини відмов рейкового кола.

Має значення ще один важливий аспект. Аналіз показує, що на рейкові кола продовжують чинити вплив сторонні особи. За розглянутий період допущено 15 випадків закорочування рейкових кіл. Це свідчить про необхідність розробки комплексу антивандальних заходів.

Апаратури рейкових кіл вносить не самий істотний внесок у загальну кількість відмов, однак абсолютні показники таких відмов залишаються досить великими. Наприклад у рейкових колах змінного струму поряд з активними втратами енергії сигнального струму є присутні значні перемагнічування сталі рейок, вихрових струмів і т.п. У цілому спостерігається позитивна динаміка

зниження відмов апаратури за винятком колійних реле й апаратури захисту від перенапруг.

Всі наведені положення відносяться до роботи традиційних релейних рейкових кіл. В останні роки активно впроваджуються системи автоблокування з рейковими колами тональної частоти (ТРК). Ці рейкові кола побудовані на зовсім новій елементній базі, менш критичні до опору баласту, і, що саме головне, не вимагають наявності ізолюючих стиків. Тому основне навантаження по забезпеченню працездатності ТРК припадає на працівників дистанцій сигналізації й зв'язку.

Порівняльний аналіз роботи традиційних рейкових кіл і рейкових кіл тональної частоти свідчить, що по кількості відмов на 1000 рейкових кіл ТРК працюють в 3 рази надійніше. Виходячи із цього ухвалене рішення про переважне впровадження саме тональних рейкових кіл, причому із централізованим розміщенням апаратури. Використання тональних рейкових кіл (ТРК) при централізованому розміщенні апаратури автоблокування (ЦАБ) значно знижує витрати на обслуговування системи, а при виникненні відмов скорочує час їх відновлення. Разом з тим перший досвід експлуатації системи автоблокування з тональними рейковими колами показує і її істотні недоліки які вимагають доробок і виправлень у процесі експлуатації: «плаваючі» межі рейкових кіл, відсутність прохідних світлофорів (елементи сигналізації, бажані для машиністів локомотивів), складність передавальної й прийомної апаратури і тому проблематичність її надійності при масовому виробництві. Ненадійною є й захищеність колійного приймача від небезпечних відмов при дрейфі порога чутливості колійного приймача, обумовленого коливаннями напруги (у тому числі внаслідок пошкодження елементів живлення), температурними змінами параметрів транзисторів у каскадах посилення, зміни опорів у ланцюгах транзисторів, викликаними окислюванням паяних з'єднань елементів і т.п.

Імовірно, ці проблеми вирішуються, але не можна зневажити такими факторами, як слабка технологія виробництва на електротехнічних заводах, велике коливання параметрів комплектуючих елементів, недостатня їхня надійність. Однак найбільш істотним недоліком тональних рейкових кіл є співпадіння частот РК із частотами перешкод від електрорухомого складу із широтно-імпульсним регулюванням струму в тягових двигунах (не менш 400 Гц). Тому по тональних рейкових колах актуальним є вдосконалення перешкодостійкості рейкових кіл частотою 50 й 25 Гц із ізолюючими стиками. Також варто зазначити, що вище наведені системи використовуються тільки при новому проектуванні. [2]

Значний економічний ефект може бути досягнутий за рахунок уніфікації існуючої апаратури автоблокування по методах технічної реалізації окремих модулів, на функціональному рівні, по конструктивних рішеннях і елементній базі, що використовується. Адже існує кодове автоблокування зараз має

потребу в системі діагностики, що дозволяє заздалегідь виявляти відмови без безпосереднього виїзду механіка СЦБ на перегін, що скорочує, в свою чергу, час обслуговування і дозволяє знизити робоче навантаження на працівників дистанції.

1.2 Діючі системи діагностики рейкових кіл закордонних виробників

1.2.1 Локальна діагностична система LDS

Локальна діагностична система LDS, що розроблена й експлуатується в Чехії, дозволяє працівникам по технічному обслуговуванню цілодобово контролювати стан пристроїв СЦБ й інших пристроїв автоматики під час їхньої роботи, запобігати несправності й знаходити відмови до їхнього виникнення. Своєчасне виявлення несправності дозволяє їх усувати раніше, ніж вони приведуть до збитків, у багато разів більшому. Використання LDS допомагає знизити витрати на утримання устаткування й підвищити безпеку роботи працівників по технічному обслуговуванню. Значно зменшується кількість часу, проведеного під час роботи на коліях, а більша частина роботи зосереджена в центрі технічного обслуговування, що оснащений базою даних стану пристроїв за час їх роботи. Зниження кількості використаних мастильних матеріалів на частинах, що рухаються, пристроїв, які можна змазувати на підставі потреби, певної LDS, а не в регулярних інтервалах, приводить до подальших фінансових заощаджень, і, насамперед, до зниження екологічного навантаження.

Перелік пристроїв діагностування. Локальна діагностична система LDS версії 2.0 (далі LDS) - це модульна виробничо-діагностична система для збору, запису в базу даних, класифікації й спостереження за робітниками, даними локально доступних пристроїв діагностування. Перелік пристроїв діагностування становлять, насамперед, окремі пристрої СЦБ продукції ТОВ АЗ Прага, тобто станційні пристрої СЦБ типу ESA 11 (далі ESA 11), система електронного автоблокування АВЕ-1 (далі система АВЕ-1), пристрій СЦБ для переїздів PZZ-AZD 71/RE/AC/EA/EPA (далі PZZ) і універсальне джерело живлення UNZ. Необхідні вимірювані величин одержують із центральної вимірювальної станції, що розподіляє системи виміру DMS й інтелектуальних датчиків (наприклад, температури). Більш удосконалені версії LDS зможуть запропонувати діагностику розроблювальних електронних рейкових кіл KOA1, перетворювачів DAK-2.X, системи електричного обігріву стрілочних переводів EOVA-1 і лічильника осей АЗ.

Технічний опис LDS. LDS складається з локального діагностичного сервера (DLS – Diagnostic Local Server), його головним завданням є збір даних, їхнє довгострокове зберігання, генерування діагностичних відомостей на

підставі їхнього аналізу й надання даних діагностичному локальному комп'ютеру доступу (DLA – Diagnostic Local Access). Метою DLA є візуальна актуалізація діагностичних даних для потреб користувача. DLA дозволяє користувачеві визначити крайні границі оцінюваних величин, на підставі яких відбудеться класифікація несправності. У розширеній версії дозволяє DLS посилати сервісні SMS працівникам по технічному обслуговуванню, за допомогою GSM модуля. Комунікація реалізується за допомогою комунікаційного інтерфейсу RS422. Основою діагностики, що вимірює, є центральна вимірювальна станція MU DISTA, виробництва фірми TOB Starmon, що дозволяє вимірювати напругу й ізоляцію систем живлення. Діагностика рейкових кіл оцінює напругу, кодування LVZ, ізоляцію і стан колійних реле.

Виконання вимог ЧЗ по діагностиці. Для відображення й часткового керування системою використані аналогічна символіка й робочі процеси, що впливають із Основних технічних вимог ЧЗ на єдине робоче місце обслуговування. Обробка й візуалізація даних відповідає стандарту TNZ 34 2620 на залізничне станційне устаткування СЦБ, стаття 17, і Основними технічними вимогами ЧЗ по діагностиці залізничного устаткування СЦБ.

1.2.2 Мікропроцесорна уніфікована система автоблокування АБ-Е1

Мікропроцесорна система автоблокування АБ-Е1 призначена для контролю цілісності і вільності рейкового шляху, передачі інформації між сигнальними установками про стан рейкових ліній, управління показаннями прохідних світлофорів за умовами безпеки руху, а також для передачі інформації на станції про положення потягу на перегоні і стані апаратури сигнальних крапок. Система АБ-Е1 забезпечує формування і передачу на локомотив інформації про свідчення прохідних світлофорів; про допустиму швидкість руху по перегоні і про обмеження швидкості; про наближення до станцій і маршрут прийому. Автоблокування АБ-Е1 при роботі формує сигнали АЛС-ЕН і АЛСН. Система АБ-Е1 може застосовуватися на магістральних залізницях з будь-яким видом тяги, а також на ділянках з високошвидкісним рухом потягів. Автоблокування АБ-Е1 функціонально і електромагнітно сумісна з експлуатованими системами.

АБ-Е1 володіє наступними перевагами:

- меншою матеріаломісткістю за рахунок виключення електромагнітних реле, кодових путніх трансмітерів, дешифраторних комірок і застосування сучасної мікроелектронної елементної бази;
- більшою стійкістю функціонування рейкових ланцюгів в умовах зміни в широких межах опору ізоляції рейкових ліній, температури і вологості навколишнього середовища, напруги джерел електроживлення;

- більшою надійністю апаратних засобів за рахунок застосування сучасної мікроелектронної елементної бази;
- можливістю передачі на станцію інформації про ситуацію потягу на перегоні від сигнальних установок без додаткових ліній зв'язку;
- нижчими витратами праці на технічне обслуговування за рахунок виключення реле і скорочення кількості приладів;
- меншою матеріаломісткістю;
- підвищеною надійністю за рахунок застосування двоканальної структури.

Сигнал з рейкових ланцюгів через пристрій захисту і узгодження поступає на входи аналого-цифрових перетворювачів приймача-передавача, де перетворюється в цифрову форму. Вся обробка сигналів виконується цифровими сигнальними процесорами. Кожен сигнальний процесор здійснює фільтрацію і демодуляцію сигналів КРЛ, усереднювання їх напруги, порівняння усереднених значень напруги з порогом, модуляцію сигналів КРЛ і АЛС, контроль підсилювачів потужності і тестування АЦП. Сума сигналів КРЛ, АЛСН і АЛС-ЕН через цифро-аналоговий перетворювач подається на вхід лінійного підсилювача потужності. Використання лінійного підсилювача потужності дозволяє формувати сигнали з обмеженою смугою частот без зовнішніх фільтрів, що скорочує кількість приладів в релейній шафі. Вихідна напруга підсилювача потужності не залежить від напруги живлячої мережі, що підвищує стійкість роботи рейкових ланцюгів.

Система АБ-Е1 має два варіанти застосування: з безстиківими рейковими ланцюгами, з рейковими ланцюгами з ізолюючими стиками.

До складу апаратури сигнальної точки автоблокування входять: блоки приймачів-передавачів безперервного каналу зв'язку (БПП-НКС) і системи передачі інформації по дротяній лінії зв'язку (БПП-СПИ); мікропроцесорний шляховий приймач (МПП); пристрої захисту і узгодження з рейковою лінією (УЗС) і дротяною лінією зв'язку (УЗСЛ). УЗС включає трансформатор підсилювача потужності БПП-НКС (ТЧУ), дросель узгодження (ДС), електронний блок захисту (БЗЕ) і блоки конденсаторів БК-1 і БК-2. Конструктивно мікроелектронна апаратура автоблокування виконана у вигляді металевих корпусів, усередині яких розміщуються типові елементи заміни.

Для підвищення стійкості функціонування системи КРЛ в умовах дії дестабілізуючих чинників обробка корисних сигналів в приймачі здійснюється по алгоритму кумулятивних сум. Завдяки його застосуванню вдалося забезпечити стійку роботу рейкового ланцюга завдовжки 2500 м при коливаннях опору баласту від 50 до 0,45 Ом·км.

Проблема забезпечення безпеки мікроелектронних апаратних засобів автоблокування 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 використаний один безперервний частотний канал (НКС) з тією, що несе 174,38 Гц. Передача інформації здійснюється в результаті двократної фазоразносної маніпуляції і кодування повідомлень модифікованим кодом Бауера.

Структура організації кодового циклу паралельна: по одному підканалу передаються кодові комбінації (КК), а по іншому - сигнали циклової синхронізації (ЦС) у вигляді синхрогруп (СГ). Застосування двократної ФРМ дозволяє підвищити перешкодостійкість в 2 рази в порівнянні з амплітудною модуляцією. Використання комбінацій коду Бауера в інформаційному і синхронному підканалах забезпечує ефективний кодовий захист.

Приймач МПП призначений для контролю стану рейкової лінії. При її вільному і справному стані збуджується реле МП. Якщо рейкова лінія зайнята рухомим складом або несправна, то реле МП знеструмлене.

Блок БПП-НКС призначений для демодуляції і декодування ФРМ-сигналів, управління сигнальними реле, формування і посилення сигналів, що передаються в рейковий ланцюг сусідньої блок-дільниці. Блок БПП-НКС розрахований на підключення чотирьох сигнальних реле. Проте реально в БПП-НКС використовуються тільки три: 30, 31 і 32. Налаштування блоків приймач-передавача для формування синхрогруп і кодових комбінацій залежно від числа вільних блок-дільниць і дозволених швидкості руху здійснюється перемичками НП.

Пристрій УЗС розроблений з урахуванням забезпечення вимог електромагнітної сумісності системи АБ-Е1 з апаратурою автоблокування числового коду.

Приймач - МПП виконаний по двокомплектній схемі з жорсткою синхронізацією. Кожен комплект містить модулі центрального процесора ЦП1, ЦП2 і сигнатурні аналізатори СА. Контроль вірності функціонування МПП здійснює однокаскадна схема контролю СК. Первинний запуск приймача і синхронізація ЦП1 і ЦП2 здійснює вузол запуску УЗ. Вхідні ланцюги приймача містять: смуговий фільтр ПФ, детектор огибаючої Д, інтегратор І і аналого-цифровий перетворювач АЦП.

Блок БПП має мажоритарну структуру з апаратним резервуванням (рис. 1.1,б). Мажоритарний принцип побудови апаратури припускає порівняння результатів функціонування комплектів апаратури і ухвалення рішення про правильність роботи пристрою в цілому методом голосування по більшості однаково працюючих вузлів. Наприклад, в системі АБ-Е1 прийнято, що

мікроелектронні блоки автоблокування відповідають вимогам безпеки, якщо в процесі роботи як мінімум два комплекти з трьох показують однакові результати виконання алгоритму обробки сигналів. [5]

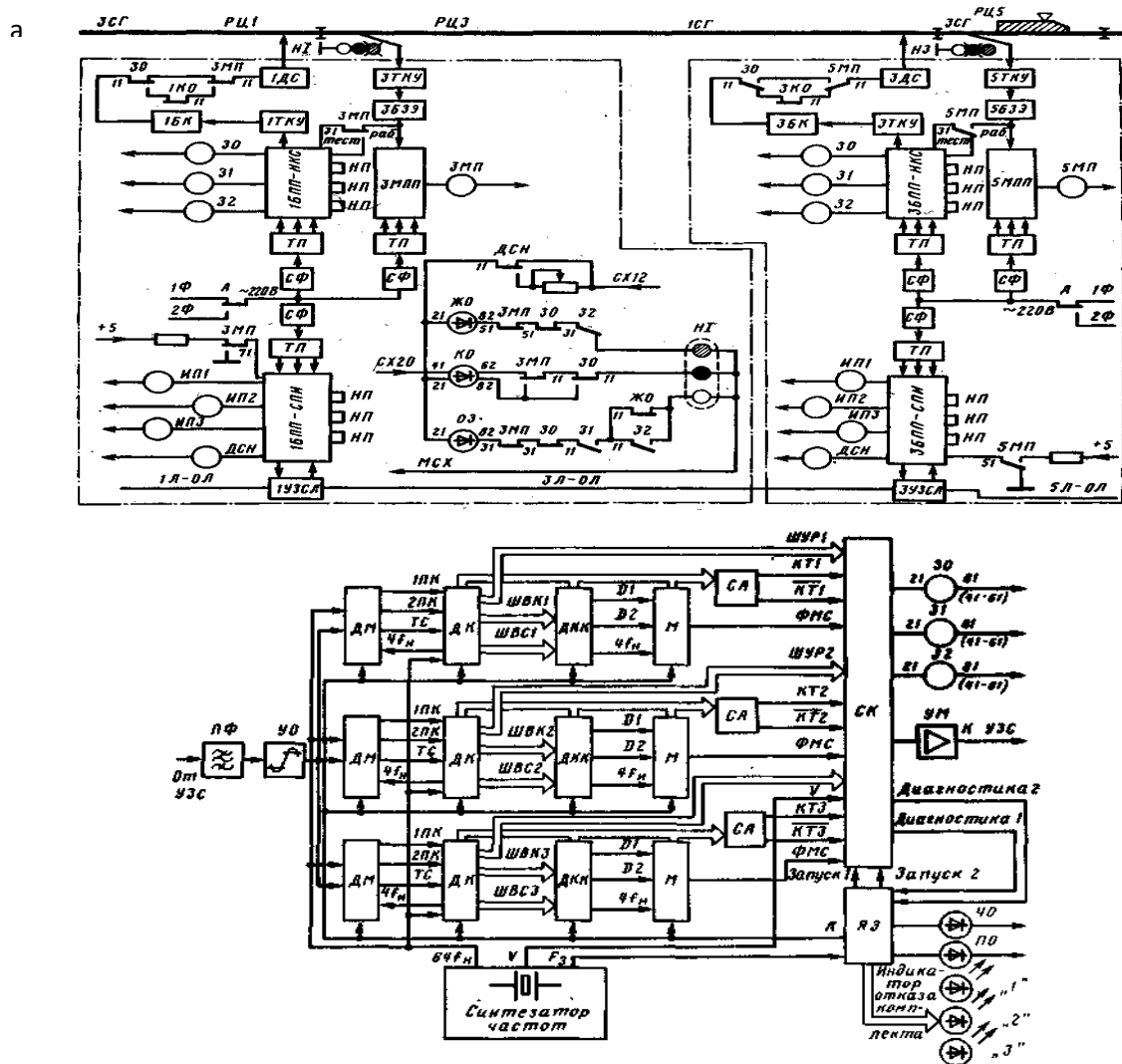


Рис. 1.1. Структурна схема: а) сигнальної точки системи АБ-Е1; б) приймача-передавача системи АБ-Е1

1.2.3 Система технічної діагностики й моніторингу перегінних пристроїв залізничної автоматики й телемеханіки (СТДМ-ПУ)

СТДМ-ПУ призначена для оперативного подання своєчасних і достовірних відомостей про поточний стан об'єктів сигналізації, централізації та блокування (СЦБ) лінійних пунктів та перегонів ділянок залізниці (рейкових кіл, сигналів, сигнальних точок і т.п. на робочому місці диспетчера).

Мета створення системи.

Підвищення рівня безпеки руху поїздів; зниження економічних витрат, пов'язаних з відмовою пристроїв СЦБ; зниження витрат на експлуатацію пристроїв СЦБ шляхом створення умов для переходу від планово-профілактичного принципу ремонтно – технічного обслуговування обладнання, пристроїв СЦБ до принципу ремонту і технічного обслуговування устаткування за технічним станом; поліпшення умов і підвищення культури праці.

Функції, виконувані системою:

- контроль і прогнозування технічного стану пристроїв СЗАТ;
- оцінка технічного стану обладнання пристроїв перегонів СЦБ, включаючи раннє виявлення та локалізацію відмов.

Структура системи.

Структура розподіленої стаціонарної системи технічної діагностики і моніторингу пристроїв СЗАТ будується за ієрархічним принципом з виділенням наступних рівнів користувачів:

- рівень 1 - залізничної станції (ЛПД ШН, ШНС);
- рівень 2 - дистанції сигналізації та зв'язку (ЦПДМ ШЧУ, ШЧ);
- рівень 3 - регіонального центру управління перевезеннями (ЦПМ РЦУП).

Кожен вищий рівень повинен мати можливість отримувати, при необхідності, повну інформацію від усіх нижчих рівнів.

Апаратура контролю сигнальних установок має наступний склад.

Перегінна апаратура - контролери сигнальної установки і переїзної сигналізації, що включають в себе програмований мікроконтролер для збору дискретної та аналогової інформації, модем, систему датчиків струму і напруги.

Станційна апаратура - контролер СЦБ у складі:

- промисловий комп'ютер з операційною системою реального часу;
- модуль модему сигнальних точок;
- модуль джерела живлення.

Програмне забезпечення АРМ електромеханіка електричної централізації на базі персонального комп'ютера для контролю перегінних пристроїв.

Функції контролера сигнальної установки і переїзної сигналізації виконує спеціалізований Блок контролю автоблокування (БКА).

Блок контролю автоблокування здійснює наступні функції:

- отримання запиту від апаратури на станції і передачу інформації про стан апаратури кодового автоблокування з фізичної лінії. Передача інформації на рівень станції здійснюється по кабельним лініям СЦБ з допомогою вбудованих модемів, що працюють в режимі «переприймання»;

- зняття інформації про стан 24 дискретних сигналів релейної шафи автоблокування з забезпеченням оптронної розв'язки по кожному входу;

- контроль аналогової інформації по 16-ти каналах вимірювання напруги і 8-ми каналів вимірювання струму. Всі вимірювальні канали мають гальванічну розв'язку по вхідних ланцюгах і живленню;
- контроль тривалості часових інтервалів кодів АЛС;
- контроль сходу ізолюючого стику;
- накопичення інформації про події в пам'яті блоку при відсутності запитів зі станції і видачі накопиченої інформації при надходженні запиту;
- контроль справності фізичної лінії і захист від перенапруг.

Оцінка основних характеристик технології, що забезпечують конкурентоспроможність науково-технічного рівня по відношенню до аналогів. Економічність, екологічність, довговічність і надійність, експлуатаційні витрати.

Очікувані результати при впровадженні:

- скорочення потенційно небезпечних для руху поїздів виявлених передвідмовних станів пристроїв СЗАТ;
- скорочення кількості відмов і збоїв в роботі пристроїв СЗАТ;
- зниження трудомісткості управління процесом експлуатації;
- скорочення часу відновлення працездатності пристроїв при відмовах.

1.2.4 Система диспетчерського контролю «ДК КАСКАД»

Програмно-апаратний комплекс мікропроцесорної системи диспетчерської централізації (МСДЦ) «КАСКАД» призначений для застосування на залізничному транспорті з метою забезпечення заданої пропускної можливості залізниці та безпеки руху при централізованому (диспетчерському) управлінню об'єктами автоматики на станціях (лінійних підприємствах), інформаційного забезпечення автоматизованих робочих місць (АРМ) в складі центру управління перевезеннями (ЦУП) регіонального та дорожнього рівнів, а також взаємодії в складі автоматизованої системи керування вантажними перевезеннями на залізничному транспорті України (АСК ВП УЗ).

Дільниця, яка переводиться на централізоване управління з використанням одного комплексу МСДЦ «КАСКАД», може складатися з сегментів (1-10), в кожному сегменті до 14 лінійних пунктів та перегонів між ними (загальна кількість лінійних пунктів може досягати 140). МСДЦ «КАСКАД» забезпечує керування поїзною роботою на такій дільниці, або на окремо виділених станціях.

Система «КАСКАД» дозволяє також комплексно вирішити проблеми пов'язані з впровадженням систем ДЦ на лінійних станціях особливо при повному скороченні чергових по станціях, це такі як – забезпечення надійного високоякісного зв'язку, телекерування роз'єднувачами енергопостачання,

голосове оповіщення працівників та пасажирів, підключення систем пожежної та охоронної сигналізації, підключення систем осьових лічильників та інше.

На рис.1.2. зображена структурна схема центрального поста «ЦП КАСКАД» з урахуванням недоліків функціонування системи ЧДК підприємством «АНТРОН» розроблено мікропроцесорну систему контролю стану пристроїв автоматики на перегоні – «ДК КАСКАД».

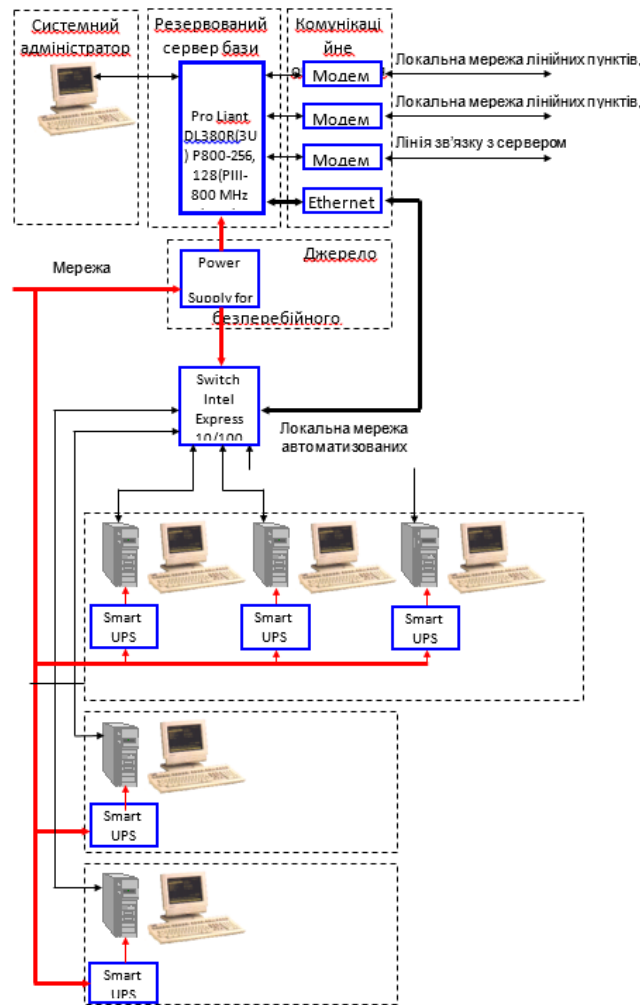


Рис. 1.2. Структурна схема центрального поста ЦП «КАСКАД»

Система призначена для надання інформації оперативному персоналу про стан пристроїв залізничної автоматики на перегоні. «ДК КАСКАД» є функціонально завершеною системою, яка може діяти автономно. У разі виникнення потреби системи МСДЦ «КАСКАД» та «ДК КАСКАД» об'єднуються, ввімкнення відбувається на рівні «ЛП КАСКАД» по внутрішньому інтерфейсу RS485, тобто «ДК КАСКАД» стає інформаційною підсистемою МСДЦ. У цьому випадку інформація про стан пристроїв автоматики на перегоні надається на два рівні управління – черговому по

станції (ДСП) та поїзному диспетчеру (ДНЦ), або іншим користувачам локальної мережі диспетчерського центру управління перевезеннями.

Система складається з модулів станційного мікропроцесорного контролера «СК2202» та перегінних мікропроцесорних контролерів «ПК2202». Модуль «ПК2202» забезпечує контроль стану та працездатності.

Система складається з модулів станційного мікропроцесорного контролера «СК2202» та перегінних мікропроцесорних контролерів «ПК2202». Модуль «ПК2202» забезпечує контроль стану та працездатності сигнальної установки кодового автоблокування (АБ або АБТ) за рахунок отримання дискретної інформації про стан контрольних реле:

- контролю живлення в основному та резервному фідерах;
- ДСН;
- контролю рейкових кіл блок-дільниці (для АБТ);
- контролю стану реле КВ (для АБТ);
- контролю показань прохідних світлофорів (сигнальні та вогневі реле);
- напрямку встановленого руху;
- контролю справності ланцюгів ламп прохідних світлофорів;
- контролю стану блок-дільниці;
- охоронної сигналізації.

Крім цього, модуль використовується для контролю стану та працездатності пристроїв переїзної сигналізації. У цьому випадку отримується інформація про:

- наявність живлення в основному та резервному фідерах;
- стан реле ДСН;
- положення автошлагбаума;
- ввімкнення загороджувальної сигналізації;
- сигналізацію переїзних світлофорів;
- напрямок встановленого руху;
- справність ланцюгів ламп переїзних і загороджувальних світлофорів;
- стан кнопок на щитку управління;
- стан дільниць наближення (НИП, ЧИП);
- справність схеми реле мигання;
- стан охоронної сигналізації (відкриття релейних шаф через додатковий датчик).

Максимальна кількість об'єктів контролю, що підключаються до модуля –14, об'єктів управління – 2. Крім цього, модуль «ПК2202» може

використовуватися для забезпечення управління, контролю стану та працездатності світлового показника (СП), що використовується у складі системи технічної діагностики рухомого складу (ПОНАБ, ДИСК, АСДК-Б).

Модуль перегінного контролера «ПК2202» призначений для обробки інформації, отриманої від сигнальної установки або переїзної автоматики по сигнальних лініях ТС1..ТС14, управління реле ДСН, підтримки протоколів обміну по локальній мережі зв'язку, транспортування інформації від модулів сусідніх сигнальних установок до станційного контролера (рис. 1.2).

Мікропроцесорний контролер на програмно-апаратному рівні забезпечує: сприйняття вхідних сигналів ТС та їх обробку, управління ключами ДСН, управління і контроль модемів локальної мережі, підтримку протоколу обміну по лінії зв'язку, світлодіодну індикацію стану живлення та ліній зв'язку.

Вхідний сигнал контролю ТС являє собою «сухий» контакт реле, який замикає струм 5-10 мА на схему оптоелектронної розв'язки. Вихідні сигнали цих схем у вигляді «лог. 0/1» поступають на вхід МК для обробки.

Вихідний сигнал управління «TU1a», «TU1b» має гальванічну ізоляцію і являє собою «сухий» електронний контакт нормально розімкнений, захищений від перевантажень по напрузі і струму, призначений для комутації постійного або змінного струму до 0,1А.

Вихідний сигнал управління має гальванічну ізоляцію і являє собою «сухий» електронний контакт нормально замкнутий, захищений від перевантажень по напрузі і струму, призначений для комутації постійного або змінного струму до 0,1А.

Кожен з встановлених і підключених у мережу модулів повинен мати унікальну адресу, яка не повинна повторюватись в інших модулях включених до локальної мережі RS-232/485.

Кодування адреси модуля виконується за допомогою перемикача за рахунок встановлення перемикача на модулі в різні положення (14 позицій). Мікропроцесорний контролер програмно контролює встановлений код і сприймає обмін у мережі тільки за умови співпадіння логічної та фізичної адреси. У мережу допускається включення до 14 модулів. Кодові значення адрес модулів «0» та «С» не використовуються.

Живлення модуля ПК 2202 відбувається змінним струмом від трансформатора СУ. Контролер має внутрішні схеми захисту від перевищення напруги по відношенню до «землі» – 500 В, вхідної на пруги 30 В, а також схеми захисту від імпульсних завад.

Модеми, що використовуються у складі «ПК2202», призначені для організації інформаційного обміну у різних топологіях локальної мережі «DKnet». Вони мають дводотову схему підключення по виділеній лінії зв'язку.

Модеми побудовані на основі інтегральних мікросхем DA10, DA14, належать до класу аналогових (analog data modem) тонального спектра частот

0,3...3,4 кГц і відповідають вимогам міжнародного стандарту (специфікації) ITU-T V.22 bis, V.22, V.23 and V.21; Bell 212A and Bell 103.

Дальність передачі інформації між сигнальними точками автоблокування або іншими об'єктами контролю до 20 км.

Модуль станційного контролера «СК2202» призначений для обробки інформації, отриманої від перегінних контролерів «ПК2202» по лініях зв'язку, та індикації оперативному персоналу станції про поїзне положення на перегоні, роботу переїздів та сигнальних світлових показчиків. Додатково, у випадку використання сумісно з МСДЦ «КАСКАД», інформація в повному обсязі надається відповідним користувачам.

Стан кожної з блок-дільниць перегону, які контролюються модулем «ПК2202», відображається на пульті ДСП світлодіодним випромінювачем:

- погашений стан – блок-дільниця вільна, у справному стані, для переїзду шлагбаум відкритий;

- випромінювання червоного кольору безперервне – блок-дільниця зайнята, у справному стані, для переїзду – шлагбаум закритий;

- випромінювання червоного кольору з миганням 1 раз за секунду – блок-дільниця вільна, наявність несправностей. Для переїзду – шлагбаум відкритий, наявність несправностей у пристроях переїздної сигналізації;

- випромінювання червоного кольору з миганням 5 раз за секунду – блок-дільниця зайнята, наявність несправностей. Для переїзду – шлагбаум закритий, наявність несправностей у пристроях автоматики на переїзді.

Мікропроцесорний контролер на програмно-апаратному рівні забезпечує:

- сприйняття вхідних сигналів ТС та їх обробку;

- управління світлодіодними індикаторами стану на табло пульта ДСП;

- управління і контроль модемів локальної мережі;

- підтримку протоколу обміну по лінії зв'язку;

- світлодіодну індикацію стану (живлення, лінії зв'язку).

Вхідний сигнал контролю ТС являє собою «сухий» контакт реле, який замикає струм 5-10 мА на схему оптоелектронної розв'язки. Вихідні сигнали цих схем у вигляді «лог. 0/1» поступають на вхід мікроконтролера.

Вихідні сигнали управління мають обмеження вихідного струму 7-10 мА і призначені для ввімкнення світлодіодних індикаторів стану на табло пульта ДСП. Вихідний сигнал управління «Alarm» – електронний контакт нормально розімкнений, захищений від перевантажень по струму, призначений для комутації постійного струму до 0,1 А (ввімкнення звукової сигналізації).

Станційний модуль «СК2202» допускає нарощування чисельності при включенні в системи вищого рівня (наприклад, МСДЦ «КАСКАД»), тому, як і в перегінних модулях, кожен модуль повинен мати унікальну адресу (адреса кодується перемикачем, який на схемі не показано).

Живлення модуля «СК2202» відбувається постійним струмом від станційної батареї поста ЕЦ. Схеми мають захист від перевантажень по напрузі (по відношенню до «землі» – 500 В, вхідної напруги – 36 В) і схеми захисного фільтру від імпульсних завад.

Модеми «СК2202» відповідають таким же вимогам міжнародних стандартів, як і ті, що використовуються в перегінних модулях «ПК2202».

Модуль «ПК2202» забезпечує управління та передачу інформації на лінійний пункт про стан пристроїв АБ, ПС та СП по виділеній лінії зв'язку. Одна пара лінії зв'язку обслуговує до 14 модулів «ПК2202» та 2 модулі «СК2202». Кожен з модулів «ПК2202», розташованих повздовж перегону, забезпечує обмін даними та ретрансляцію пакетів від сусідніх модулів у двох напрямках. Модуль «ПК2202» у своєму складі має два модеми, один з яких включається в лінію зв'язку в напрямок станції, другий – у напрямок перегону. Затримка в отриманні інформації до 3,2 с для 14 пристроїв на лінії.

Завдяки зробленому огляду і аналізу існуючих систем диспетчерського контролю можна зробити наступні висновки по кожній із систем:

- Частотний диспетчерський контроль вже морально застаріла система контролю, так як використовується релейна апаратура, яка вносить достатньо помітне зниження в швидкодії системи; система має обмежену кількість контрольованих параметрів і об'єктів; контролюються тільки дискретні (ті що мають два стани) об'єкти; неможливість збереження та архівації отриманих даних; громіздкість апаратури; велике споживання електроенергії та інше.

- Автоматизована система диспетчерського контролю АСДК на сьогоднішній день і досі не пройшла метрологічну атестацію; контролює дискретні об'єкти; при не повному використанні всіх можливостей системи (направлені на роботу з новими мікропроцесорними системами АБ, ЕЦ, ДЦ, ГАЦ т.і.) буде не оправдано дорогою системою.

- Диспетчерський контроль при системі АБ-Е1 найбільш розвинений, так як побудований на мікропроцесорній техніці, контролює дискретні та аналогові об'єкти, є можливість управління деякими об'єктами, але це все можливо тільки при використанні автоматичного блокування АБ-Е1; також необхідний виділений канал зв'язку з центральним контролером.

- Диспетчерський контроль «КАСКАД» використовується тільки при використанні МСДЦ «КАСКАД»; контролюються тільки дискретні об'єкти; максимальна кількість об'єктів контролю, що підключаються до модуля – 14, об'єктів управління – 2.

2. МЕТОД АВТОМАТИЗОВАНОЇ ДІАГНОСТИКИ РЕЙКОВИХ КІЛ 25 ГЦ

2.1. Вимоги до рейкових кіл

Всі РК розробляються з урахуванням технічних вказівок по проектуванню пристроїв сигналізації, централізації і блокування на залізницях колії 1520 мм загальної мережі, методичних вказівок по проектуванню пристроїв автоматики, телемеханіки і зв'язку на залізничному транспорті, керівних вказівок по захисту від перенапруги пристроїв СЦБ і різних додаткових методичних вказівок по проектуванню. Основні вимоги до рейкових кіл можна сформулювати у вигляді наступних положень:

1. Правильно розраховані рейкові кола повинні стійко працювати без сезонного регулювання і забезпечити надійну дію АЛСН.

2. Вплив електротяги на РК розповсюджується по залізничній колії на ділянках з АБ (при складних, гальванічно зв'язаних за допомогою дросель - трансформаторів РК) на відстань до восьми км без АБ (за відсутності суцільних РК) - на відстані до п'яти км. В поперечному напрямі вплив електротяги постійного струму розповсюджується на відстань до 300 м, змінного струму - до 100 м.

3. Всі типи РК з ізолюючими стиками повинні надійно захищати від взаємного впливу при електричному замиканні ізолюючих стиків. Такий захист здійснюється в РК з безперервним живленням – підключенням джерела живлення так, щоб у кожного ізолюючого стику була різнойменна (стрічна) полярність або зворотні 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 однопиткових РК змінного струму контроль і захист виконуються тяговими з'єднувачами суміжних РК.

Укорочені суміжні РК в маневрових районах мають одну загальну нитку і можуть мати однакову полярність по різні сторони ізолюючих стиків. Такі РК повинні граничити один з одним живлячими кінцями.

4. На ділянках з електротягою постійного і змінного струму для каналізації зворотного тягового струму ізолювані колійні ділянки, обладнані РК, з'єднуються між собою за допомогою дросель – трансформаторів (двохниткові РК) або тягових з'єднувачів (однопиткові РК). Для дотримання вимоги експлуатації РК, згідно інструкції ЦШЕОТ-0012 п.10.3. Вимірювання напруги на колійних реле рейкових кіл виконується електромеханіком: на станції - один раз в тиждень на перегоні - один раз на місяць. При регулюванні рейкового кола і інших змінах виконується також вимірювання напруги на живильному кінці. Результати вимірювань оформлюються на станції в журналі

ШУ-64, на перегоні - в картці ШУ-62. Всі зміряні параметри повинні відповідати нормаліям РК.

2.2. Математична модель РК. Параметри рейкових кіл

Вид основної математичної моделі рейкового кола залежить від форми представлення рейковій лінії, причому у ряді випадків не можна обмежитися чотирьохполюсною схемою заміщення рейкової лінії, а необхідно застосовувати багатопольсону схему заміщення, що враховує земляний тракт передачі сигнального струму. Це особливо важливо при моделюванні шунтового і контрольного режимів, коли з'являється неоднорідність на рейковій лінії, і відбувається підживлення приймача рейкового кола в обхід шунта потягу і обриву рейкової лінії.

Виходячи із задач конкретного етапу аналізу рейкових кіл, їх математична модель повинна відповідати самим різним вимогам: відобразити з точністю, що вимагається, залежність вихідних електричних параметрів рейкових ланцюгів від їх внутрішніх (провідність ізоляції, зміна опору струмопровідних і ізолюючих стиків) і зовнішніх (перешкоди електричного тягового жвавого складу, ліній електропередач) параметрів в широкому діапазоні їх зміни, мати однозначну відповідність фізичним процесам в рейкових лініях: включати необхідні апроксимації і спрощення, які дозволяють реалізувати її програмно на ЕОМ з різними можливостями: мати велику універсальність, тобто бути застосовною до моделювання численної групи рейкових ланцюгів (розгалужених, нерозгалужених з різними довжинами рейкових ліній): бути економічною з погляду витрат машинних ресурсів. Ці вимоги в своїй більшості є суперечливими, і вдале компромісне задоволення цих вимог в одних задачах може виявитися далеким від оптимальності в інших. З цієї причини для одного і того ж рейкового ланцюга доводиться мати не одну, а декілька моделей. Наприклад, рейкові ланцюги, що володіють властивістю поперечної симетрії, доцільно аналізувати чотирьохполюсними схемами заміщення, а при поперечній несиметрії необхідно використовувати багатопольсні схеми заміщення. У зв'язку з цим класифікація моделей повинна виконуватися по безлічі ознак, щоб описати всі можливі випадки.

Чотирьохполюсні і багатопольсні елементи заміщення рейкових ліній описуються відповідними матрицям параметрів. Всі матриці діляться на дві основні групи [3]:

- матриці, відповідні класичній теорії чотирьохполюсника;
- матриці, відповідні хвильовій теорії чотирьохполюсника.

До першої групи входять матриці передачі A , опорів (імпеданс) Z , провідності Y , гібридна H і ін. В другу - матриця розсіяння S і хвильова матриця передачі T .

Оскільки для діагностики вибрано РК 25 Гц, частотний діапазон яких обмежений областю низьких частот, то для розрахунків використовуються матриці першої групи, а зокрема матриця передачі.

Матриця передачі (ланцюгова матриця) A відповідає передачі сигналу з лівого входу чотириполіусника рейкової лінії на правий, отже, незалежними змінними вважаються вихідні (для чотириполіусника) напруги U і струм I , а вхідні визначаються 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

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

В загальному випадку рейкову лінію з розподіленими параметрами можна розглядати як несиметричний чотириполіусник. Цей чотириполіусник може знаходитися в режимах довільного навантаження або подовжній, або поперечній несиметрії.

Розрахунок стану РК ґрунтується на її уявленні у вигляді дводротової або трьохдротової електричної лінії з розподіленими параметрами. Питомі значення первинних параметрів можуть залежати від просторової координати, унаслідок неоднорідності, якості і стану шпал, висоти баластного прошарку, наявності міжколійних перемичок, вживаних для каналізації тягового струму, відсосуючих фідерів тягового струму і інших чинників [6]. При цьому подовжніми параметрами є питомий опір і індуктивність рейки, а як поперечні параметри виступають провідність між рейками і місткість між ними, відповідно. На рейкову лінію, як лінію з розподіленими параметрами, впливають різного роду внутрішні і зовнішні обурення.

Методично зручно розрізняти три види зовнішніх обурень на рейкову лінію, що використовується як чутливий елемент автоматизованої системи:

- безперервні дії (зміна температури, вогкість і ін.), що змінюють параметри рейкової лінії;
- дискретні дії (накладення шунта потягу, обрив рейкової лінії), що змінюють структуру її схеми заміщення;
- безперервні і дискретні перешкоди (від тягового струму, від блукаючих струмів і ін.), що не змінюють параметри і структуру схеми заміщення, але які впливають разом з основним сигналом на приймач [10].

Реакція рейкового кола на ці обурення виявляється в зміні параметрів сигналів на її вході і виході, що є інформативними ознаками її стану. Такими є:

- амплітуди і фази напруги і струму на вході рейкової лінії;
- амплітуда і фаза напруги на виході навантаженої рейкової лінії.

Безперервні і дискретні перешкоди і їх вплив на тракт передачі, а відповідно і на роботу приймача рейкового ланцюга достатньо повно досліджені і є описаний в [8], де запропоновані організаційні і технічні заходи, які не змінюють структуру схеми заміщення і тому при розробці математичних моделей породження образів перешкоди не ураховуються.

При дослідженнях рейкових ланцюгів змінного синусоїдального струму, рейкову лінію розглядають як лінію з рівномірно розподіленими параметрами [6]. Прийнята ідеалізація дозволяє одержувати результати аналізу, що добре узгоджується з реальними.

При двоколіїному представленні схеми рейкової лінії в нормальному режимі, рейкова лінія заміщається пасивним симетричним чотириполюсником з розподіленими параметрами, рівняння передачі якого 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 чотириполюсника.

Відомо, що такий чотириполюсник 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 представляє значну трудність. По-перше, бажано використовувати комплексні параметри, оскільки контроль одного або двох таких параметрів дозволяє судити про функціонування об'єкту. Проте для більшості об'єктів такі параметри ще не виявлені, і для їх виявлення необхідно проводити дослідницьку роботу. По-друге, контроль навіть всіх параметрів, регламентованих в технічних умовах на об'єкт діагностики, звичайно не дозволяє з повною достовірністю судити про функціонування об'єкту і, отже, необхідно вводити додаткові параметри.

Рис.2.1. Схеми заміщення РК змінного струму

Результат діагностики залежить не тільки від стану об'єкту, але і від вимог, що пред'являються до об'єкту при діагностиці, а вони визначаються призначенням об'єкту. Тому при діагностиці перш за все необхідно виявити діагностичні параметри, по значеннях яких повинен визначатися або оцінюватися результат діагностики. Таких параметрів може бути довільна кількість, проте необхідно ураховувати, що із збільшенням кількості діагностичних параметрів, як правило, зростають трудомісткість діагностики і складність засобів діагностики. Тому звичайне число параметрів діагностики обмежується 2-6 параметрами.

2.4. Методика автоматизованого визначення параметрів рейкового кола 25 Гц

Для будь-яких розрахунків, тим більше автоматизованих, необхідні вихідні дані. Для визначення параметрів кодового РК 25 Гц в вихідні дані входять різні константи, дані які вводяться наперед оператором, дані які поступають в діагностичну систему з лінійних контролерів. Схема рейкового кола приведена на плакаті № 1.

До констант відносяться наступні параметри і значення, практично все вноситься оператором при первинному запуску (настройці) автоматизованої системи 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 $r_{\text{и}} = 1$ Ом·км;
 - коефіцієнт розподілу струму витоку $m = 9,1$;
 - коефіцієнт взаємодукції рейок $M_{12} = 0,00128e^{-j7^\circ}$;
 - коефіцієнт нестабільності джерела живлення $K_{\text{и}} = 1,05$;
 - критичне значення комплексу при $(\gamma l)_{\text{кр}}$ при $f = 25$ Гц, при якому питомий опір ізоляції рейкового кола у контрольному режимі приймає критичне значення $(\gamma l)_{\text{кр}} = 1,13e^{j26^\circ}$;
- б) параметри приладів, що входять до складу РК:
 - вхідний опір фільтру ФП-25, навантаженим колійним реле типу ІМВШ-110, $Z_{\text{вх.ф}} = 200$ Ом;
 - коефіцієнт надійного повернення реле $K_{\text{вн}} = 0,75$;

- приведений коефіцієнт надійного повернення реле $K'_{вн} = 0,625$;
- коефіцієнт запасу по спрацьовуванню реле $K_{зсп} = 1,2$;
- опір обмежуючого резистора $R_0 = 200 \text{ Ом}$;
- опір з'єднувальних дротів кабелю між дросель-трансформатором і ізолюючим трансформатором відповідно для живлячого та релейного кінців рейкового кола $r_{сн} = r_{сп} = 0,3 \text{ Ом}$;

в) коефіцієнти чотиріполюсника приладів РК:

- коефіцієнти чотиріполюсника 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 $A_{ин}$ і $D_{ин}$ міняються місцями);

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

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

$$C_{др} = 0,496e^{-j70^\circ} \text{ СМ}; \quad D_{др} = 3;$$

- живлячого кінця:

$$A_{дп} = 3; \quad B_{дп} = 0,05e^{j35^\circ} \text{ Ом};$$

$$C_{дп} = 0,302e^{-j60^\circ} \text{ СМ}; \quad D_{дп} = 0,333;$$

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.

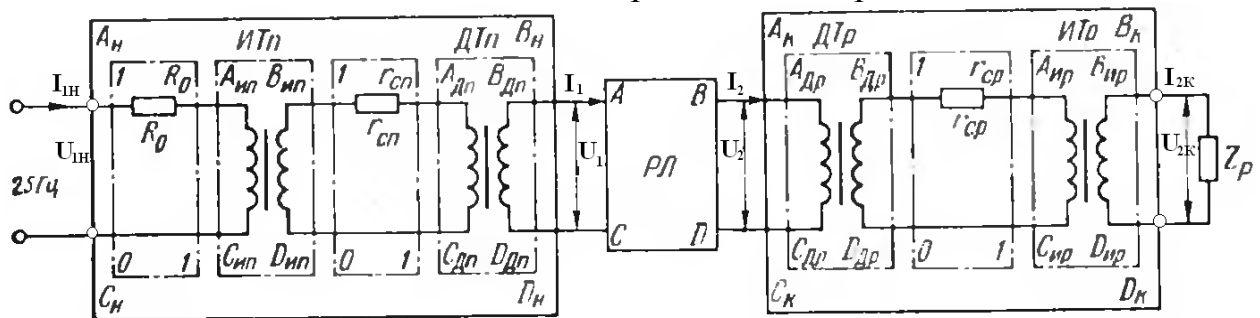


Рис.2.2. Схема заміщення кодової РК 25 Гц

Для скорочення об'єму розрахунків чотиріполюсники дросель трансформатора і ізолюючого трансформатора на живлячому і релейному кінцях об'єднують згідно з елементами R_0, C_0, R_n, C_p в чотиріполюсники Н і К.

Коефіцієнти загального чотириполосника живлячого кінця визначаються з рівняння

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} A_n & B_n \\ C_n & D_n \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} 1 & R_0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} A_{un} & B_{un} \\ C_{un} & D_{un} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 & r_c \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} A_{Дн} & B_{Дн} \\ C_{Дн} & D_{Дн} \end{pmatrix} = \\ &= \begin{pmatrix} 1 & 200 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 9,15 & 2,4e^{j36^\circ} \\ 0,006e^{-j65^\circ} & 0,11 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 & 0,3 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 3 & 0,05e^{j35^\circ} \\ 0,302e^{-j60^\circ} & 0,333 \end{pmatrix} \quad (2.6) \\ \text{звідки: } A_n &= 34,776e^{-j16^\circ 57'}; & B_n &= 9,38e^{j3^\circ 38'} \text{ Ом}; \\ C_n &= 0,051e^{-j62^\circ 32'} \text{ См}; & D_n &= 0,037e^{-j1^\circ 4'} \end{aligned}$$

Коефіцієнти загального чотириполосника релейного кінця визначаються з матричного рівняння:

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} A_k & B_k \\ C_k & D_k \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} A_{Др} & B_{Др} \\ C_{Др} & D_{Др} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 & r_c \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} A_{up} & B_{up} \\ C_{up} & D_{up} \end{pmatrix} = \\ &= \begin{pmatrix} 0,333 & 0,0525e^{j40^\circ} \\ 0,49e^{-j70^\circ} & 3 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 & 0,3 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0,11 & 2,4e^{j36^\circ} \\ 0,006e^{-j65^\circ} & 9,15 \end{pmatrix} \quad (2.7) \\ \text{звідки: } A_k &= 0,037e^{-j1^\circ 2'}; & B_k &= 2,078e^{j22^\circ 4'} \text{ Ом}; \\ C_k &= 0,072e^{-j69^\circ 40'} \text{ См}; & D_k &= 28,941e^{-j3^\circ 49'} \end{aligned}$$

Для розрахунку параметрів чотириполосника рейкової лінії необхідно, для початку, зняти показання струму й напруги на початку й в кінці загального чотириполосника, а саме: струм і напруга після перетворювача частоти $U_{1н}, I_{1н}$ – у точках 1-2 і напруга й струм на виході фільтра колійного приймача $U_{2к}, I_{2к}$ – у точках 3-4, які необхідні для подальших розрахунків.

Для знаходження напруг і струмів початку U_1, I_1 , і кінця U_2, I_2 рейкової лінії, скористаємося формулами:

$$I_1 = \frac{C_n U_{1н} - A_n I_{1н}}{C_n B_n - D_n A_n} \quad (2.8)$$

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

$$U_2 = A_k U_{2к} + B_k I_{2к} \quad (2.10)$$

$$I_2 = C_k U_{2к} + D_k I_{2к} \quad (2.11)$$

Знаходимо параметри чотириполосника рейкової лінії:

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

$$C = \frac{I_1 - AI_2}{U_2} \quad (2.13)$$

$$B = \frac{U_1 - AU_2}{I_2} \quad (2.14)$$

Розрахунок вторинні параметри рейкової лінії:

Коефіцієнт розповсюдження

$$\gamma = \frac{\operatorname{arcc}hA}{l} \quad (2.15)$$

Хвильовий опір

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

Розрахунок в нормальному режимі.

Нормальним режимом називається такий стан справної і вільної від рухомого складу РК, при якому колійний приймач видає дискретну інформацію «Вільно» (1). Така інформація видаватиметься надійно, якщо в правильно спроектованій і відрегульованій РК чітко дотримуватимуться до двох умов:

при критичному поєднанні значень основних параметрів, відповідних несприятливим умовам для передачі енергії (U_{\min} , $z(r_{\max})$, r_{\min}), рівень сигналу на вході одноелементного приймача відповідає його робочому струму I_p ;

- при критичному поєднанні значень основних параметрів, відповідних сприятливим умовам для передачі енергії (U_{\max} , $z(r_{\min})$, r_{\max}), рівень сигналу на вході одноелементного приймача не перевищує його допустиме перевантаження по струмі (напрузі) $I_{\text{пер.д}}(U_{\text{пер.д}})$

Критеріями першого стану є напруга U , струм I і потужність S джерела, при яких відбувається надійне спрацювання приймача.

Критерієм другого стану служить співвідношення:

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

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

$K_{\text{пер.д}}$ — допустимий (максимальний) коефіцієнт перевантаження приймача (по паспорту).

Розрахунок коефіцієнта перевантаження реле.

Мінімальний опір передачі:

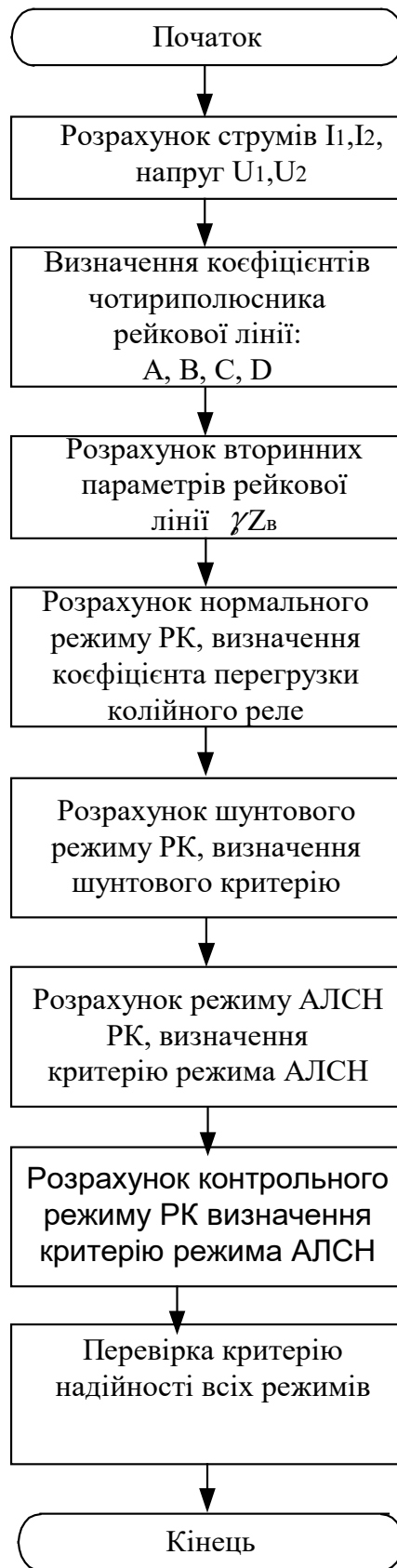


Рис.2.3. Алгоритм автоматизованого розрахунку параметрів і режимів РК

$$Z_{n\min} = K'_{Tн} K_{Tк} (Z_{ex.к} + z_l + Z'_{ex.н}), \quad (2.17)$$

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

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

Прямий коефіцієнт зниження токів у чотириполюснику К

$$Z_{ex.к} = \frac{A_k Z_{ex.ф} + B_k}{C_k Z_{ex.ф} + D_k} \quad (2.19)$$

Прямий вхідний опір чотириполюснику К

$$Z'_{ex.н} = \frac{B_n}{A_n} \quad (2.20)$$

Зворотний вхідний опір чотириполюснику Н

Максимальний опір передачі:

$$Z_{n\max} = K'_{Tн} K_{Tк} (AZ_{ex.к} + B + (CZ_{ex.к} + D)Z'_{ex.н}) \quad (2.21)$$

Коефіцієнт перевантаження реле:

$$K_{пер} = K_{зсп} K_u K_{тр} \frac{|Z_{n\max}|}{|Z_{n\min}|} \quad (2.22)$$

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 опором не нижче нормативного.

Критерієм надійності шунтового режиму служить співвідношення

$$K_{ш} > 1$$

де $K_{ш}$ — коефіцієнт шунтової чутливості до нормативного шунта потягу для будь-якої відносної координати P_m рейкової лінії, який обчислюється при критичних значеннях для цього режиму основних параметрів.

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

Опір нормативного шунта, прийняте в країнах СЕВ: $R_{шн} = 0,06$ Ом- для всіх РК, крім гіркових. У зв'язку з тим, що у всіх основних нерозгалужених РК постійного і змінного струму шунтова чутливість гранична (мінімальна) на кінцях рейкової лінії, цілком достатньо в інженерних розрахунках перевіряти шунтову чутливість тільки на живлячому і релейному кінцях.

Коефіцієнт шунтової чутливості на релейному кінці:

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

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

допустиме навантаження шунтового режиму

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

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

$$B_{шп} = zl \quad (2.26)$$

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

Урахувавши знайдені значення

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

Коефіцієнт шунтової чутливості на живлячому кінці

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

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

Коефіцієнти чотириполосника 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

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

Розрахунок контрольного режиму.

Контрольним режимом називається такий стан РК, при якому колійний приймач передає дискретну інформацію, еквівалентну «Зайнято» (0), при повному електричному розриві рейкової нитки в будь-якій точці рейкової лінії.

Критерієм надійності контрольного режиму є співвідношення

$$K_{ки} \geq 1,$$

де $K_{ки}$ - коефіцієнт чутливості ланцюга до обірваної (пошкодженій) нитки, який обчислюється при критичному наборі основних параметрів для

цього режиму $[U_{\max}, z(r_{\min}), r_{и.крит}, P_{кп.крит}]$.

Коефіцієнт чутливості РК до пошкодженої рейки $K_{ки}$ може розраховуватися методом порівняння напруг

$$K_{ки} = \frac{U_{дкп}}{U_{\phi \min}}, \quad (2.33)$$

де $U_{\phi \min}$ - дійсна мінімальна напруга генератора, розраховане в нормальному режимі.

Допустима напруга генератора в контрольному режимі

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

Комплекс опоры передачі загальної схеми заміщення при контрольному режимі обчислюється по формулі:

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

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

Контрольний режим повинен розраховуватися при критичних значеннях поточної координати $r_{\text{кп}}$ місця пошкодження (повного електричного розриву) рейки і опоры ізоляції. Обидва критичні значення для кожної РК в загальному випадку визначають за наслідками попередніх розрахунків.

Розрахунки критичних значень $\Gamma_{\text{и кр}}$ і $r_{\text{кп}}$ в загальному вигляді вимагають достатньо складний і громіздкий математичний апарат, тому аналітичні вирази для цих величин виводяться при цілому ряді допущень і спрощень. Так, для РК змінного струму приймається рівність вхідних опорів по кінцях кола $Z_{\text{вх.о}} = Z'_{\text{вх.н}} = Z_{\text{вх.к}}$, при цьому в деяких випадках опір $Z_{\text{вх.о}}$ приймається рівним 0.

Коефіцієнт чутливості до пошкодженої рейки

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

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

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

Для обчислення $Z_{\text{пкп}}$ необхідно обчислити ряд прохідних величин: коефіцієнт, враховуючий взаємоіндукцію рейок:

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

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.

Під режимом короткого замикання мається на увазі режим роботи генератора при розташуванні нормативного шунта потягу на початку рейкової лінії, тобто в точці підключення до неї генератора ($p=1$).

При цьому може розглядатися режим короткого замикання основного генератора, що живить колійний приймач, і додаткового генератора, що живить через рейкову лінію локомотивний приймач, пов'язаний з нею індуктивно. В РК

змінного струму функції додаткового генератора може виконувати основний генератор, якщо кодові сигнали АЛСН накладаються на живлячому кінці.

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

Звичайно струм і потужність режиму короткого замикання перевищують струм і потужність його при нормальному режимі. Проте в схемах з обмежувачем місткості співвідношення між ними може бути і зворотним, т. е, струм і потужність короткого замикання можуть бути меншим відповідно струму і потужності нормального режиму.

Режим короткого замикання розраховується при критичних поєднаннях основних параметрів, і тому $R_{шп} = 0$, а $p=1$.

Чисельні значення основних критеріїв режиму короткого замикання генератора, яке відбувається не безпосередньо на затисках генератора, а через чотиріполюсник Н, в значній мірі залежать від співвідношення параметрів цього чотиріполюсника і вхідного опору рейкової лінії $Z_{вх}$.

Тому струм і потужність режиму короткого замикання можуть у декілька разів перевищувати відповідно струм і потужність нормального режиму або, навпаки, можуть бити навіть менше цих значень завдяки застосуванню обмежувачів.

Вхідний опір короткого замикання

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

Струм витоку при короткому замиканні рейок

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

Потужність витоку при короткому замиканні рейок

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

Розрахунок режиму АЛС.

Режимом АЛСН називається такий стан справної зайнятої РЦ, при якому в рейковій петлі створюється рівень кодового сигналу, достатній для надійної дії локомотивного приймача, розташованого на видаленому від генератора АЛСН кінці рейкової лінії.

Критерієм надійності режиму АЛСН є співвідношення

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

де $I_{л\phi \min}$ — фактичний мінімальний струм в рейковій лінії при накладенні нормативного шунта потягу на видаленому від генератора кодових сигналів АЛСН кінці рейкової лінії і критичному поєднанні основних параметрів для цього режиму (U_{\min} , z, r_{\min} , $p=0$); $I_{лн}$ — нормативний струм АЛСН, при якому

локомотивний приймач працює стійко, $I_{лф}$ – нормативний струм АЛСН для електричної тяги.

Фактичний струм АЛС

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

де опір передачі кола для режиму АЛС

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

Коефіцієнт режиму АЛС

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

Критерії режимів використовують при детермінованих розрахунках рейкових кіл[18]. В цих розрахунках враховують найгірші умови параметрів елементів апаратури та рейкової лінії у кожному з режимів. При детермінованому методі розрахунку рейкові кола регулюють так, щоб їх працездатність у всіх режимах забезпечувалась у діапазоні зміни опору ізоляції рейкової лінії від мінімального розрахунку до безкінечності. Якщо фактичний опір ізоляції рейкової лінії у процесі експлуатації стане менше мінімального розрахункового, то працездатність рейкового кола у всіх режимах може бути забезпечена лише з деякою ймовірністю.

Враховуючи, що параметри елементів апаратури рейкового кола, а також характеристики рейкової лінії в кожний момент часу є випадковими величинами, запропоновані наступні критерії оцінки: ймовірність виконання нормального $P_u >$ шунтового $P_{ш}$ і контрольного $P_{кн}$ режимів.

Параметри елементів апаратури РК, а також параметри рейкової лінії - величини випадкові, тому випадковими є також значення току на вході приймача в нормальному $I_{рн}$, шунтовому $I_{рш}$ і контрольному $I_{рк}$ режимах. Приладом, який встановлює стан РК, є колійний приймач, який реагує на амплітуду вхідного сигналу. Пороги спрацьовування $I_{сп}$ і повернення приймача $I_в$ є також випадковими величинами.

Умови виконання нормального, шунтового та контрольного режимів роботи РК при ймовірнісному розрахунку наступні:

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

де Δ_n — різниця значень фактичного струму приймача у нормальному режимі та струму спрацьовування; $\Delta_{ш}$ — різниця значень струму повернення і

фактичного струму приймача у шунтовому режимі; $\Delta_{кп}$ — різниця значень струму повернення і фактичного струму приймача у контрольному режимі.

Різниці випадкових величин Δ_n , $\Delta_{ш}$ та $\Delta_{кп}$ також є випадковими величинами.

З урахуванням умов вираження ймовірнісних критеріїв нормального, шунтового та контрольного режимів роботи рейкових кіл приймуть вид:

$$\left. \begin{aligned} P_n &= P(\Delta_n > 0) = P(I_{рн} - I_{ср}); \\ P_{ш} &= P(\Delta_{ш} > 0) = P(I_{в} - I_{рш}); \\ P_{кп} &= P(\Delta_{кп} > 0) = P(I_{в} - I_{рк}). \end{aligned} \right\}$$

Таким чином:

- Ймовірність виконання нормального режиму – це ймовірність того, що фактичне значення струму на вході приймача у нормальному режимі більше порогу спрацьовування приймача.

- Ймовірність виконання шунтового режиму – це ймовірність того, що струм повернення приймача більше фактичного струму на вході приймача у шунтовому режимі.

- Ймовірність виконання контрольного режиму – це ймовірність того, що струм повернення приймача більше фактичного струму на вході приймача у контрольному режимі.

2.5. Експериментальна перевірка розробленого методу

Будь-які розрахунки і математичне моделювання повинне відповідати або практично не відрізнятися від дійсних значень, зміряних даних і т.д. Для перевірки розробленого методу роботи автоматизованої діагностичної системи можна провести порівняння розрахованих, за допомогою розробленого методу, і нормативних значень коефіцієнтів чотириполосника рейкової лінії.

Для розрахунку коефіцієнтів чотириполосника рейкової лінії, а так само порівняння їх з нормативними коефіцієнтами використовувався математичний пакет MathCAD. Перевірку повторних параметрів рейкової лінії, а так само режимів роботи РК і їх критерії, можна пропустити, оскільки точність результату їх розрахунку на пряму залежить від коефіцієнтів чотириполосника рейкової лінії.

За нормативні значення коефіцієнтів чотириполосника рейкової лінії беруться значення А, В, С, D, при питомому опорі рейок із сталевими приварними з'єднувачами $Z=0,55e^{-j50^\circ}$ Ом/км, питомим опір ізоляції рейкової лінії $гн=1$ 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 діагностичної системи отримали наступні значення напруги і струму на ПЧ 50/25 і ФП-25:

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

Для знаходження напруг і струмів початку U_1, I_1 , і кінця U_2, I_2 рейкової лінії, скористаємося формулами (2.8) - (2.11):

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

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

$$I_2 = A_k U_{2к} + B_k I_{2к} = 0,31 e^{j4^\circ};$$

$$U_2 = C_k U_{2к} + D_k I_{2к} = 1,231 e^{-j25^\circ}.$$

Знаходимо параметри чотириполосника рейкової лінії (2.12) - (2.14):

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

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

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

Порівнюємо на скільки, в процентному співвідношенні, відрізняються розраховані коефіцієнти чотириполосника рейкової лінії від номінальних значень:

$$\frac{|A_n - A|}{A_n} \cdot 100 = 3.35\%$$

$$\frac{|B_n - B|}{B_n} \cdot 100 = 0.89\%$$

$$\frac{|C_n - C|}{C_n} \cdot 100 = 3.72\%$$

У ході проведення експериментальних розрахунків відхилення розрахункових та експериментальних значень не перевищило 4%, що цілком допустимо для діагностичної системи рейкових кіл, тому на подальші розрахунки, а потім і прогноз роботи серйозного впливу не внесуть. Розроблений метод автоматизованої діагностики кодового РК 25 Гц є працездатним і придатним для використання на залізничному транспорті.

3. РОЗРОБКА АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ ЦИФРОВОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ РЕЙКОВИХ КІЛ

3.1. Цифрова система діагностування рейкових кіл

За основу системи контролю, що розробляється, взята трирівнева структура, в якій як нижній рівень прийняті лінійні блоки. Сигнал від лінійних блоків передається на центральний контролер (середній рівень), які встановлюються в релейному приміщенні або у чергового по станції. Тут вона обробляється і передається на центральний пост і до диспетчера дистанції сигналізації і зв'язку (вищий рівень). Передача інформації від об'єктів контролю на станцію здійснюється по спеціальній лінії контролю (рис. 3.1). Для передачі інформації з об'єктів на пост ЕЦ використовується.

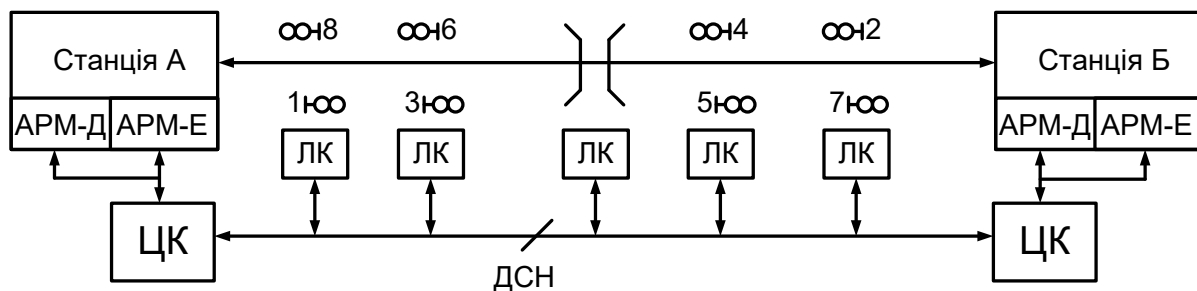


Рис.3.1. Структурна схема системи діагностування рейкових кіл

Пристрої контролю вищого рівня є автоматизованим робочим місцем, виконаним на базі персональної електронно-обчислювальної машини (ПЕВМ), типу ІВМ РС. Його завданням є збір інформації, її обробка і зберігання на сервері бази даних. Інформація, що поступає від центральних пунктів по лінії ДК приймається модемом, демодулюється і передається в персональний комп'ютер для подальшої обробки.

Центральні пункти призначені для збору інформації що поступає від лінійних пунктів.

АРМ-Д призначене для відображення черговому по станції ситуації потягу по станції, стани пристроїв, для контролю станційної централізації.

АРМ-Е забезпечує електромеханіку СЦБ можливість контролювати роботу централізації, проводити аналіз виниклих несправностей, використовуючи можливості технічного діагностування системи. Виконувати планові перевірки технічного стану системи.

Пристрої центрального пункту працюють під управлінням центрального контролера (рис.3.2), виконані на базі мікроконтролера PIC16F877.

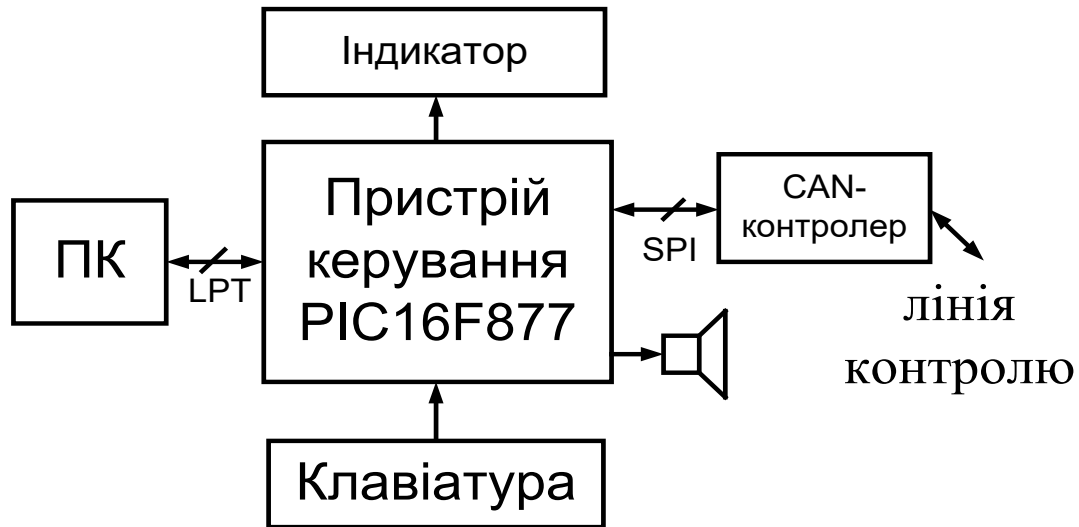


Рис. 3.2. Структурна схема центрального контролера

До завдання центрального контролера входить:

- організація циклічного контролю технічного стану станційної централізації, шляхом запиту контролерів;
- зберігання поточної інформації про стан всіх опитуваних контролерів;
- організація обміну даними між АРМами і центральним контролером;
- управління режимами роботи контролерів;
- аварійна індикація стану станційних пристроїв при відмові устаткування АРМа.

Лінійний пункт виконаний на базі PIC мікроконтролера PIC16F873A (рис.3.3). Його завданням є збір первинної інформації про технічний стан рейкових кіл, первинна обробка цієї інформації і передача її по запиту центрального контролера.

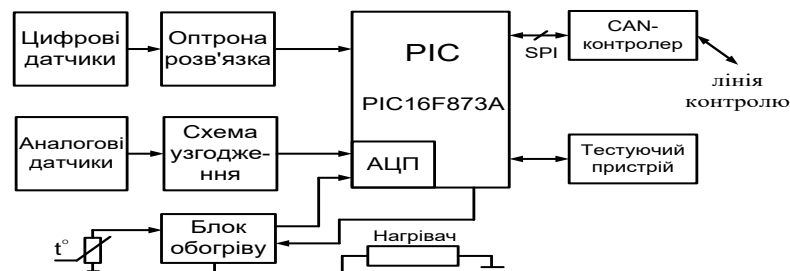


Рис.3.3. Структурна схема лінійного контролера

3.2. Принципова схема центрального контролера системи ДК

Центральний контролер (ЦК) встановлюється на кожній станції. Він призначений для збору, зберігання і обробки інформації що поступає від лінійних контролерів, що аналізують роботу станційних пристроїв. Центральний контролер забезпечує передачу отриманої інформації на автоматизовані робочі місця чергового по станції та електромеханіка СЦБ, а також виведення основних даних на вбудований текстовий індикатор, що робить систему повністю автономною й такою, що зберігає працездатність навіть при виході з ладу АРМа. Контроль справності системи ДК здійснюється засобами центрального контролера, опис яких буде приведений нижче.

Контроль та управління за зовнішніми пристроями виконується за допомогою портів вводу/виводу. До виходів порту можуть бути підключені вбудовані резистори навантажень (окремо до кожного розряду). Вихідні буфери забезпечують струм навантаження до 20 мА і здатні безпосередньо управляти LED індикатором. При використанні виводів порту як входи і установці зовнішнім сигналом в низький стан, струм витікатиме тільки при підключених вбудованих резисторах навантажень. Порти В, D, Е використовуються також при реалізації різних спеціальних функцій мікроконтролера.

Взаємодія з портами здійснюється трьома розташованими в просторі I/O пам'яті даних регістрами: регістром даних – PORTx, регістром напряду даних - DDRx, і регістром адрес виводів входу - PINx. Регістр адрес висновків входу порту В забезпечує можливість тільки читання, регістри даних і напряду даних порту В забезпечують можливість і читання і записи. Всі висновки порту В оснащені вбудованими резисторами навантажень, що індивідуально підключаються.

Для зберігання програми і констант в PIC–контролері використовується перепрограмуєма пам'ять програм і незалежна пам'ять даних, виконані по FLASH технології.

EEPROM пам'ять даних. EEPROM пам'ять даних організована як окремий простір даних з можливістю читання і запису окремого байта. EEPROM забезпечує 100000 циклів стирання/запису. Взаємодія між EEPROM і CPU визначається регістром адреси EEPROM, регістром даних EEPROM і регістром управління EEPROM.

Обробка переривань і скидання. Мікроконтролери PIC16F877 використовують 16 джерел переривання. Ці переривання і вектор скидання мають в своєму розпорядженні окремі програмні вектори в просторі пам'яті програм. Кожному перериванню привласнений свій біт дозволу який повинен

бути встановлений спільно з бітом I регістра статусу. Молодші адреси простору пам'яті програм автоматично визначаються як вектори скидання і переривань.

Мікроконтролер PIC16F877 містить два спеціальні 8-розрядні регістри масок переривань: регістр масок зовнішніх переривань EIMSK (External Interrupt Mask) і регістр масок переривань по таймеру/лічильнику TIMSK (Timer/Counter Interrupt Mask).

Режими енергозбереження (Sleep Modes). Для переходу в будь-який з трьох режимів енергозбереження біт SE в регістрі MCUCR повинен бути встановлений в состояние 1. Біти SM1 і SM0 регістра MCUCR визначають який з режимів Idle, Power Down або Power Save буде запущений командою SLEEP.

При виникненні дозволеного переривання під час знаходження MCU в режимі енергозбереження, MCU активується, виконує підпрограму обробки переривання і продовжує працю до наступної команди SLEEP. Якщо під час режиму енергозбереження відбувається скидання, MCU активується і починає роботу по вектору скидання. Вміст регістрового файлу, SRAM і пам'яті I/O в процесі активації не змінюється.

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

Таймери/лічильники. Мікроконтролер PIC16F877 оснащений таймерами лічильниками загального призначення: по одному 8-розрядному і 16-розрядному. Таймер/лічильник 1, на додаток до звичайного режиму, може тактуватися асинхронно від зовнішнього генератора. Цей генератор оптимізований під використання кварцового генератора, що дозволяє використовувати таймер/лічильник 1 як годинник реального часу (Real Time Clock – RTQ).

Для організації обміну інформацією між PIC-контролером і CAN-контролером типа MCP2510 використовується модуль порту PC в режимі SPI.

Послідовний периферійний інтерфейс - SPI - (Serial Peripheral Interface). Послідовний периферійний інтерфейс (SPI) забезпечує високошвидкісний синхронний обмін даними між мікроконтролерами PIC16F877 і периферійними пристроями або між декількома мікроконтролерами PIC16F877.

Вивід RB7(SCK) є виходом тактового сигналу ведучого мікроконтролера і входом тактового сигналу відомого. По запису ведучим CPU даних в SPI регістр починає працювати тактовий генератор SPI і записані дані зрушуються через виведення виходу RB5(MOSI) ведучого мікроконтролера на виведення входу RB5 (MOSI) відомого мікроконтролера. Після зрушення одного байта

тактовий генератор SPI зупиняється, встановлюючи прапор закінчення передачі (SPIF). Якщо в регістрі SPCR буде встановлений біт дозволу переривання SPI (SPIE), то відбудеться запит переривання. Вхід вибору відомого RB4(SS), для вибору індивідуального SPI пристрою як відомий, встановлюється на низький рівень. При установці високого рівня на виведенні RB4(SS) порт SPI деактивує і виведення RB5(MOSI) може бути використане як виведення входу. Режим ведучий/відомий може бути встановлений і програмним способом установкою або очищенням біт MSTR в регістрі управління SPI.

Частота роботи мікроконтролера - 16 МГц задається кварцовим резонатором Q1. Світлодіодний індикатор VD1, підключений до мікроконтролера (МК), працює в миготливому режимі, що характеризує активний і справний стан ЦК і МК зокрема.

Збір інформації з лінійних контролерів (ЛК) проводиться шляхом їх циклічного опиту. Зв'язок з ЛК відбувається по спеціальній лінії контролю. Канал зв'язку диференційований, що забезпечує високу перешкодостійкість. Для зв'язку використовується мікросхема ADM 485, що реалізує фізичний рівень інтерфейсу RS-485. Протокол зв'язку RS-485 є найбільш широко використовуваним промисловим стандартом, що використовує двонаправлену збалансовану лінію передачі. Протокол підтримує багатоточкові з'єднання, забезпечуючи створення мереж з кількістю вузлів до 32 і передачу на відстань до 4000 м. Використання повторювачів RS-485 дозволяє збільшити відстань передачі ще на 4000 м або додати ще 32 вузли. Стандарт RS-485 підтримує напівдуплексний зв'язок. Для передачі і прийому даних достатньо однієї скрученої пари провідників. Диференціальна передача сигналу в системах на основі стандарту RS-485 забезпечує надійну передачу даних у присутності шумів, а диференціальні входи приймача, крім того, можуть значно послабляти синфазні напруги.

Для реалізації протоколу обміну даними з високою вірогідністю виявлення помилки в модулі зв'язку використовується CAN-контролер MCP2510. Частота роботи CAN-контролера задається власним кварцовим резонатором - Q2, і складає 16 МГц. У нім на апаратному рівні реалізовані функції перевірки каналу зв'язку, адресації інформації, усунення конфліктів з іншими приймачами-передавач. Кожен вузол мережі повинен контролювати бездіяльність шини протягом деякого часу, перш ніж послати повідомлення. Як тільки виявлена бездіяльність шини, всі вузли мережі мають рівну можливість передати дані.

Під час приймання з лінії будь-якої інформації, CAN-контролер генерує переривання на виведенні INT, в МК включається підпрограма обробки переривань і він прочитує по SPI інтерфейсу отримані дані.

CAN-контролер пов'язаний з модемом ADM 485 через оптрону розв'язку, реалізовану на оптронах DA2 і DA3. Вона застосовується для захисту основних елементів ЦК від можливих перенапружень і перешкод в каналі зв'язку. На вхід TX ADM 485 поступають команди лінійним контролерам, що формуються, і перетворені CAN-контролером в CAN-протокол. З виходу RXU прочитується інформація, отримана від лінійних контролерів.

При поломці ПК, порушенні зв'язку з ним або інших причинах, що виключають можливість виведення інформації на екрани АРМів, для відображення стану ЛК використовується алфавітний - цифровий рідкокристалічний індикатор (РКІ). Алфавітно-цифрові РКІ-модулі є недорогим і зручним рішенням, що дозволяє заощадити час і ресурси при розробці нових виробів, при цьому забезпечують відображення великого об'єму інформації при хорошій помітності і низькому енергоспоживанні. Можливість оснащення РКІ-модулів заднім підсвічуванням дозволяє експлуатувати їх в умовах із зниженою або нульовою освітленістю, а виконання з розширеним діапазоном температур (-20°C...+70°C) у складних експлуатаційних умовах.

3.3 Схема модулю вимірювання напруги та струму в РК

Пристрої ДД (нижнього рівня) є лінійними пунктами на базі PIC мікроконтролера PIC16F873A [9]. Їх завданням є збір первинної інформації про стан сигнальних установок, рейкових ланцюгів, первинна обробка цієї інформації і передача її на проміжні станції (середній рівень). Структурна схема пристроїв диспетчерської діагностики лінійного пункту показана у вигляді функціональних блоків.

Кожен блок виконує наступні функції:

Пристрій управління (PIC-контролер) – здійснює контроль і управління роботою таких елементів системи, як: послідовний порт, аналого-цифровий перетворювач (АЦП), таймери, засоби зв'язку, порти вводу/виводу. Виконує логічну обробку інформації, що поступає, її зберігання і передачу. Пристрій управління має порти вводу/виводу для підключення цифрових датчиків, тобто введення інформації з сигнальної установки від контактів реле А, А1, О1, ОД, И1, ЖЗ, З, ДСН в пристрій управління. З периферійних модулів PIC-контролера використовуються два таймери. Таймер TMR1 застосовується для організації циклічного опиту пристроєм управління через порти введення/виведення контактів реле А, А1, О1, ОД, И1, ЖЗ, З, ДСН. Таймер TMR0 служить для фіксації часових інтервалів при розшифровці коду, що приймається колійним реле І з рейкового ланцюга.

АЦП - аналого-цифровий перетворювач [6], що входить до складу периферійних модулів PIC-контролера, призначений для перетворення напруги,

вимірюваної на колійному реле, на вторинній обмотці живлячого трансформатора, на затисках лампи червоного вогню, на затисках лампи жовтого вогню, на затисках лампи зеленого вогню, на сигнальному реле Ж, на сигнальному реле З на затисках СХ-МСХ, на затисках П-М в цифровий код.

Схема узгодження служить для узгодження рівнів вимірюваної напруги з входом аналого-цифрового перетворювача і гальванічної розв'язки його з контрольними крапками.

Оптрона розв'язка застосовується для гальванічної розв'язки цифрових датчиків і пристрою управління [9].

Оскільки для організації зв'язку між центральним і лінійними контролерами в проектованій системі вибраний CAN-протокол, то засоби зв'язку в ЛК також засновані на CAN-контролері.

Розробка принципової схеми виконана відповідно до структурної схеми пристроїв диспетчерського контролю лінійного пункту.

Як пристрій, що управляє, використовується мікроконтролер фірми Microchip PIC16F873. У відмінності від PIC16F874 він не оснащений паралельним портом, який не потрібний для завдань, що вирішуються лінійним контролером. Це дозволяє понизити вартість пристрою.

Технічні характеристики мікроконтролера:

- високошвидкісна RISC архітектура;
- система команд з 35 інструкцій;
- всі команди виконуються за один машинний цикл, окрім інструкцій переходів;
- тактова частота – до 20 МГц;
- виконання одного машинного циклу при тактовій частоті 20 МГц за 200 нс;
- 4 КБ FLASH пам'яті програм (14-розрядних слів);
- 192 Байт пам'яті даних програм ;
- 128 Байт EEPROM пам'яті даних програм;
- 13 джерел переривань;
- восьмирівневий стек;
- прямий, непрямий і відносний режим адресації;
- скидання при включенні живлення (POR);
- таймер скидання (PWRT) і таймер очікування запуску генератора (OST) після включення живлення;
- сторожовий таймер WDT з власним RC генератором;
- програмований захист пам'яті програм;
- режим енергозбереження SLEEP;

- вибір параметрів тактового генератора;
- високошвидкісна, енергозберігаюча технологія CMOS FLASH/EEPROM;
- повністю статична архітектура;
- технологія програмування ICSP, тобто програмування в готовому пристрої (використовується два виводи мікроконтролера);
- низьковольтний режим програмування;
- режим внутрішнього тестування (використовується два виводи мікроконтролера);
- широкий діапазон напруги живлення від 2 В до 5,5 В;
- підвищена здатність навантаження портів вводу/виводу (25 мА);
- мале енергоспоживання;
- < 0.6 мА при 3.0 В, 4.0 МГц;
- 20 мкА при 3.0 В, 32 кГц;
- < 1 мкА в режимі енергозбереження.

Характеристики периферійних модулів мікроконтролера:

- таймер TMR0: 8-ми розрядний таймер/лічильник з 8-ми розрядним програмним переддільником;
- таймер TMR1: 16-ти розрядний таймер/лічильник з можливістю підключення зовнішнього резонатора;
- таймер TMR2: 8-ми розрядний таймер/лічильник з 8-ми розрядним програмним переддільником і вихідним дільником;
- два модулі порівняння/захоплення/ШІМ (PCP):
- 16-ти розрядне захоплення (максимальна роздільна здатність 12.5 нс);
- 16-ти розрядне порівняння (максимальна роздільна здатність 200 нс);

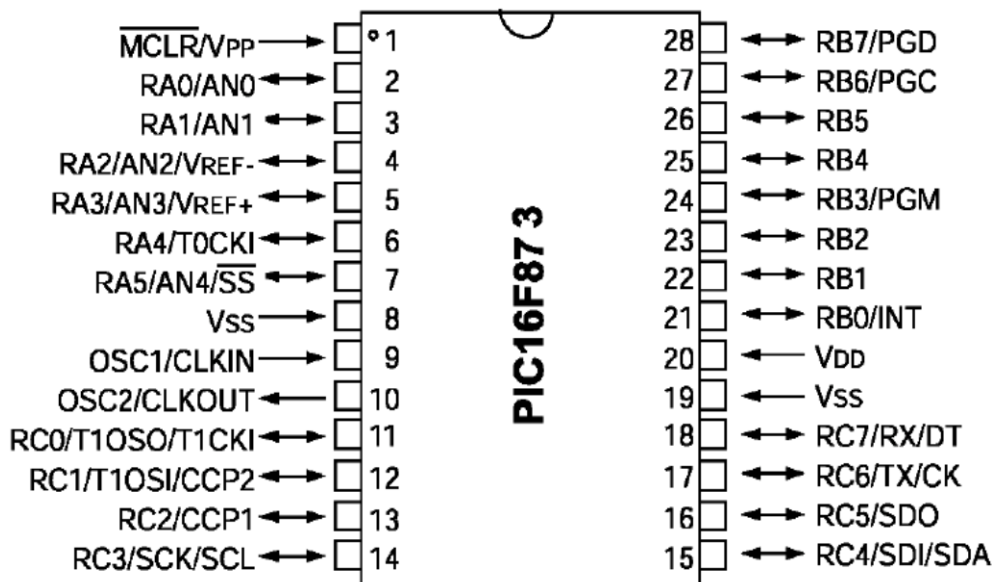


Рис.3.4. Розташування виводів PIC16F873

Таблиця 3.1

Позначення виводів	Опис
<i>OSC1\CLKIN</i>	Вхід генератора\вхід зовнішнього тактового сигналу.
OSC2\CLKOUT	Вихід генератора.
-MCLR\V _{PP}	Вхід скидання МК або напруга перепрограмування.
RA0\AN0 RA1\AN1 RA2\AN2\ VREF-	Двонаправлений порт вводу/виводу PORTA. RA0 може бути настроєний як аналоговий канал 0. RA1 може бути настроєний як аналоговий канал 1. RA2 може бути настроєний як аналоговий канал 2 або вхід негативної опорної напруги.
RA3\AN3\ VREF+ RA4\TOCK1	RA3 може бути настроєний як аналоговий канал 3 або вхід позитивної опорної напруги. RA4 може використовуватися як вхід зовнішнього тактового сигналу для TMR0.
RA5\SS\AN4	RA5 може бути настроєний як аналоговий канал 4 або вхід вибору мікросхеми в режимі відомого SPI.
RB7\PGD	Переривання від зміни рівня вхідного сигналу або введення для режиму внутрішньої тестування ICD. Вхід даних в режимі програмування.
RC0\T1OSO\T1CKI	Двонаправлений порт вводу/виводу PORTC. RC0 може використовуватися як вихід генератора
RC1\T1OSI\CCP2	TMR1 або входу тактового сигналу для TMR1. RC1 може використовуватися як вхід генератора для
RC2\CCP1	TMR1 або виведення модуля CCP2. RC2 може використовуватися як вивід модуля
RC3\SCK\SCL	CCP1. RC3 може використовуватися як вхід \ вихід
RC4\SDI\SDA	тактового сигналу в режимі SPI \ I2C. RC4 може використовуватися як вхід даних в
RC5\SDO	режимі SPI або вхід \ вихід даних в режимі I2C. RC5 може використовуватися як вхід даних в
RC6\TX\CK	режимі SPI. RC6 може використовуватися як вихід передавача
RC7\RX\DT	USART в асинхронному режимі або вивід синхронізації USART в синхронному режимі.

	RC7 може використовуватися як вхід приймача USART в асинхронному режимі або вивід даних USART в синхронному режимі.
VSS	Загальний вивід для внутрішньої логіки і портів вводу \ виводу.

- 10-розрядний ШІМ;
- 5-ти канальне 10-ти розрядне АЦП;
- послідовний синхронний порт MSSP;
- ведучий/відомий режим SPI;
- ведучий/відомий режим I2C;
- послідовний синхронно – асинхронний приймач-передавач USART з підтримкою детектування адреси;
- детектор зниженого енергоспоживання (BOD) для скидання по нижній напрузі живлення (BOR);
- три (А, В, З) восьми розрядних порти введення/виведення.

Мікроконтролер PIC16F873 випускається в 28-ми вивідному корпусі. Розташування виводів, в корпусі PDIP, мікроконтролера PIC16F873 приведено на рисунку 3.1.

Модуль аналого-цифрового перетворення, що грає дуже важливу роль в роботі лінійного контролера, має п'ять каналів. Вхідний аналоговий сигнал через комутатор каналів заряджає внутрішній конденсатор АЦП CHOLD.

Модуль АЦП перетворює напругу, що утримується на конденсаторі CHOLD у відповідний 10-розрядний цифровий код методом послідовного наближення. Джерело верхньої і нижньої опорної напруги може бути програмно вибране з виводів VDD, VSS, RA2 або RA3.

Допускається робота модуля АЦП в SLEEP режимі мікроконтролера, при цьому як джерело тактових імпульсів для АЦП повинен бути вибраний RC генератор.

Для управління АЦП в мікроконтролері використовується 4 регістри:

Регістр результату ADRESH (старший байт);

Регістр результату ADRESL (молодший байт);

Регістр управління ADCON0;

Регістр управління ADCON1.

Регістр ADCON0 використовується для налаштування роботи модуля АЦП, а за допомогою регістра ADCON1 встановлюється, які входи

мікроконтролера використовуватимуться модулем АЦП і в якому режимі (аналоговий вхід або цифровий порт вводу/виводу).

У регістрі ADRESH:ADRESL зберігається 10-розрядний результат аналого-цифрового перетворення. Коли перетворення завершено, результат перетворення записується в регістр ADRESH:ADRESL, після чого скидається прапор GO/-DONE (ADCON0<2>) і встановлюється прапор переривання ADIF.

Після включення і конфігурації АЦП вибирається робочий аналоговий канал. Відповідні біти TRIS аналогових каналів повинні налаштувати порт вводу/виводу на вхід. Перед початком перетворення необхідно витримати тимчасову паузу.

Для забезпечення необхідної точності перетворення, конденсатор CHOLD повинен встигати повністю заряджатися до рівня вхідної напруги. Схема аналогового входу АЦП показана на рисунку 3.2. Опори RS і RSS безпосередньо впливають на час зарядки конденсатора CHOLD.

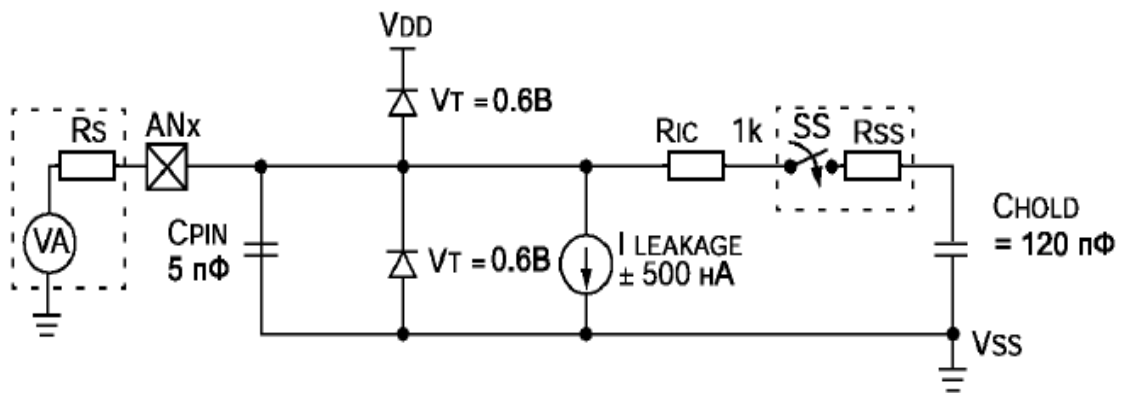


Рис.3.5. Схема аналогового входу АЦП

Максимальне рекомендоване значення внутрішнього опору джерела аналогового сигналу 10кОм. При менших значеннях опору джерела сигналу - менше сумарний час перетворення.

Після того, як буде вибраний один з декількох аналогових вхідних каналів, але перш ніж проводиться перетворення, повинен пройти певний час. Для знаходження даного часу скористаємося рівнянням:

$$TACQ = TAMP + TC + TCOFF$$

де: TAMP - час затримки підсилювача, TC - час заряду конденсатора CHOLD, TCOFF - температурний коефіцієнт.

$$TACQ = 2 \text{ мкс} + TC + [(Температура - 25^{\circ}\text{C}) (0.05 \text{ мкс}/^{\circ}\text{C})]$$

$$T_C = - \text{CHOLD} (\text{RIC} + \text{RSS} + \text{RS}) L_n (1/2047)$$

$$T_C = - 120 \text{пФ} (1 \text{кОм} + 7 \text{кОм} + 10 \text{кОм}) L_n (0.0004885) = 16.47 \text{ мкс}$$

$$T_{ACQ} = 2 \text{мкс} + 16.47 \text{мкс} + [(50^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})(0.05 \text{мкс}/^\circ\text{C})] = 19.72 \text{мкс}$$

Це рівняння дає результат з помилкою в LS_b (2047 кроків АЦП). Помилка в LS_b , це максимальна погрішність, що дозволяє функціонувати модулю АЦП з необхідною точністю.

Регістри $ADCON1$, $TRISA$ і $TRISE$ відповідають за налаштування висновків АЦП. Якщо висновки мікросхеми налаштовується як аналогові входи, то при цьому повинні бути встановлені відповідні біти в регістрі $TRIS$.

Якщо відповідний біт скинутий в '0', виведення мікросхеми налаштоване як цифровий вихід із значеннями вихідної напруги V_{OH} або V_{OL} . Модуль АЦП функціонує незалежно від стану бітів $CHS2:CHS0$ і бітів $TRIS$.

РІС-контролер працює на частоті 4МГц, яка задається кварцовим резонатором $Q1$. Напруга живлення РІС-контролера, як і інших елементів ЛК, складає +5В. Активний стан ЛК позначається миганням світлодіода $VD1$.

Засоби зв'язку, як і в центральному контролері, засновані на мікросхемі $ADM485$, що реалізує фізичний рівень інтерфейсу $RS485$, і CAN -контролері $MCP2510$, що реалізує CAN -інтерфейс. Обмін даними між CAN -контролером і РІС-контролером проводиться по послідовному SPI -інтерфейсу.

Гальванічна розв'язка між лінією і елементами ЛК організована за допомогою трьох оптронів $AOT128$.

Завданням ЛК є контроль стану реле сигнальної установки і контроль аналогових датчиків. Стан реле контролюється шляхом підключення їх фронтних контактів до порту B РІС-контролера. Якщо фронтний контакт замкнутий, на вхід порту мікроконтролера поступає логічний «0».

Код, що приймається з рейкового ланцюга імпульсним реле I , записується в таймер $TMR0$, що працює в режимі лічильника. Це дозволяє встановлювати відповідність між кодом, що приймається, і станом реле сигнальної установки, а отже виявляти пов'язані з цим несправності. Таймер $TMR1$ застосовується для завдання частоти опиту стану реле. Кожні 0,5 сек. він генерує переривання, по якому відбувається читання логічних сигналів з порту B і збереження їх в чарунках ОЗП РІС-контролера.

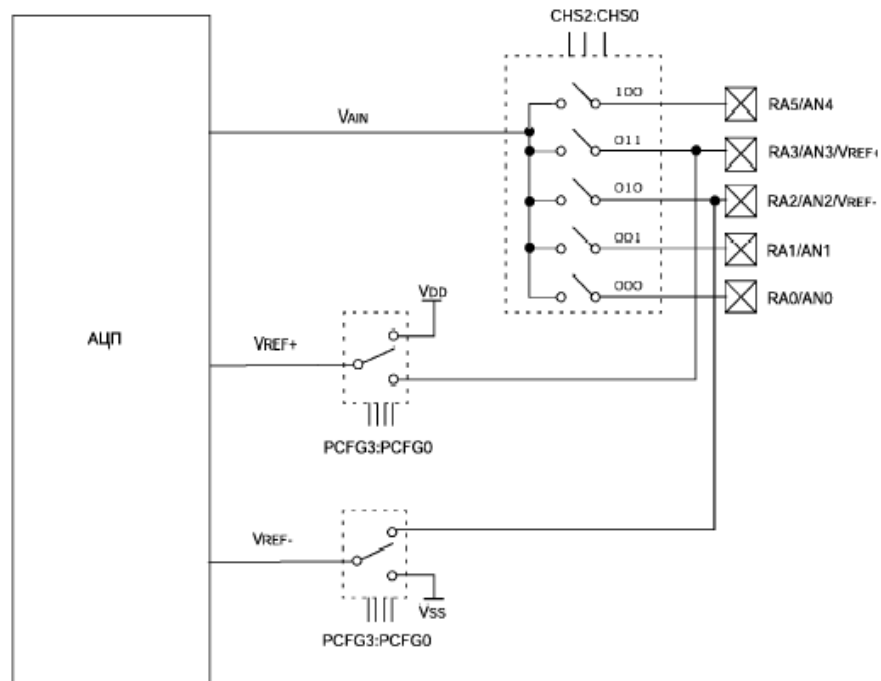


Рис. 3.6. Структурна схема модуля АЦП

У лінійному контролері передбачено п'ять аналогових входів, призначених для вимірювання напруги на основних елементах сигнальної установки. Аналогові входи підключені до порту А РІС-контролера, висновки якого за допомогою мультиплексора підключаються до інтегрованого АЦП (рис. 3.6.). Результати вимірювань зберігаються в ОЗУ. В процесі циклічного опиту на ЛК приходить запит даних з ЦК.

CAN-контролер визначає кому адресований запит, і, якщо його адреса співпадає з прийнятим, то він генерує сигнал переривання, що поступає в РІС-контролер. В результаті переривання РІС-контролер передає дані, збережені в ОЗУ по SPI-інтерфейсу в CAN-контролер, який у свою чергу передає їх в лінію зв'язку, тобто центральному контролеру. Після сеансу зв'язку лінійний контролер повертається до опиту датчиків.

3.4 Розробка алгоритму роботи модулю вимірювання напруги та струму в РК

Лінійний контролер може працювати у двох режимах: автоматичний і ручний. Автоматичний режим є основним (рис. 3.7.). У цьому режимі ЛК виконує закладену в нього програму, яка здійснює періодичний опит стану реле сигнальної установки з інтервалом 0,5 с, а також за кодом, що поступає з

рейкового ланцюга. По запиту центрального контролера, всі збережені дані передаються в лінію зв'язку. У ручний режим ЛК переходить по команді диспетчера. Перехід в ручний режим використовується для виконання планових профілактичних вимірювань або для з'ясування причин збоїв в роботі сигнальної установки.

Робота лінійного контролера в автоматичному режимі починається з його ініціалізації, тобто встановлюється початковий стан всіх пристроїв:

- відбувається настройка послідовного порту PIC-контролера в режим SPI для організації обміну даними між PIC-контролером і CAN-контролером;
- таймер TMR0 настраюється в режим лічильника;
- таймер TMR1 настраюється в режим таймера з інтервалом переповнювання 0,5 секунди;
- настройка портів введення/виведення PIC-контролера;
- настройка режимів роботи АЦП PIC-контролера;
- настройка системи переривань PIC-контролера;
- настройка режимів роботи CAN-контролера.

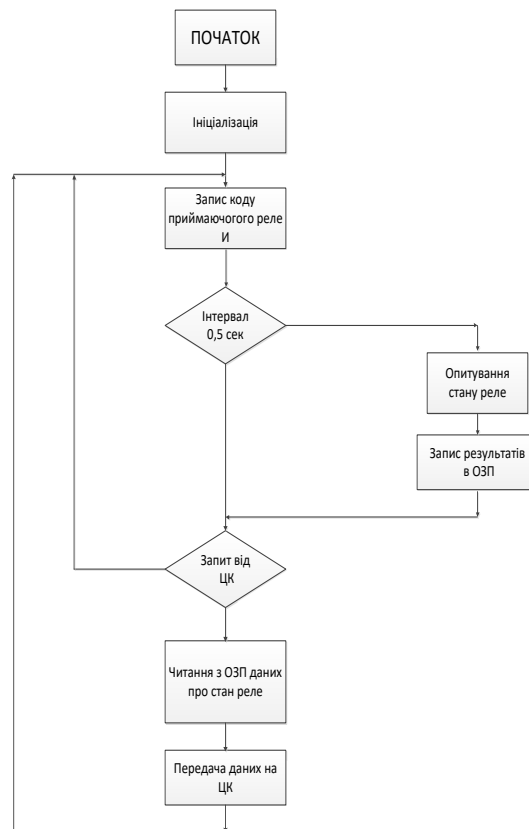


Рис.3.7. Алгоритм роботи ЛК в автоматичному режимі

Після запуску таймера TMR0, він починає рахувати кількість імпульсів реле И, що приймаються з рейкового ланцюга. Зафіксований код зберігається в ОЗУ PIC-контролера. Запуск таймера TMR1 ініціалізував відлік часу. Через 0,5 секунди таймер викличе переривання, в результаті якого відбудеться читання станів контактів реле сигнальної установки, підключених до порту В PIC-контролера. Отриманий байт зберігається в ОЗУ.

У момент отримання запиту від центрального контролера, відбувається переривання від входу INT, викликане сигналом, що поступає з CAN-контролера. Підпрограма обробки переривання проводить читання з ОЗП PIC-контролера всіх даних, збережених після останнього сеансу зв'язку з ЦК. Ці дані за допомогою засобів зв'язку відсилаються центральному контролеру. Після цього цикл повторюється і відбувається оновлення збережених в ОЗП даних.

При отриманні команди від ЦК на перемикання ЛК в ручний режим роботи він припиняє автоматичний опит станів контактів реле, і чекає подальших команд від центрального контролера (рис. 3.8).

Після отримання запиту на проведення вимірювань аналогових сигналів, PIC-контролер ініціалізує АЦП. До лінійного контролера можна підключити до п'яти джерел аналогових сигналів. Вони по черзі за допомогою вбудованого мультиплексора підключаються до входу АЦП. Найбільш виправданим з погляду важливості отриманих даних є підключення до аналогових входів наступних джерел аналогових сигналів:

- обмотка колійного реле;
- вторинна обмотка живлячого трансформатора;
- обмотка сигнального реле Ж;
- обмотка сигнального реле З;
- затиски П-М дешифратора.

Після вимірювання напруги кожного джерела, результати зберігаються в ОЗУ PIC-контролера у вигляді масиву байт. Коли всі п'ять аналогових датчиків будуть опитано, а результати вимірювань збережені, дані будуть передані в лінію зв'язку. Для перемикання з ручного режиму в автоматичний, лінійним контролером повинна бути отримана відповідна команда від центрального контролера.

Висновок

На сьогодні існує різні методи діагностики рейкових кіл. Рейкові кола (РК) є датчиками інформації про те, де перебуває рухомий склад у межах станцій або перегонів. Серед інших елементів систем РК є найважливішими, тому що вони безпосередньо визначають безпеку руху поїздів. Ід рейкових кіл безпосередньо залежить безпека руху поїздів у господарствах колії й споруджень, електрифікації й електропостачання, локомотивного господарства й звісно у пристроях залізничної автоматики й телемеханіки.

У першому розділі приведений аналіз існуючих сучасних систем діагностики. Проаналізована робота рейкових кіл за період з 2015 р. по теперішній час, а також виконаний аналіз несправностей, які виникають у пристроях автоматики та у рейкових колах.

У другому розділі виділені основні вимоги до рейкових кіл, проведений вибір точок для контролю параметрів сигнальних точок систем автоблокування, а також розроблена математична модель розрахунку рейкового кола 25 Гц й оснований на даній моделі автоматизований метод діагностики рейкових кіл 25 Гц. Крім цього в даному розділі проведена експериментальна перевірка розробленого методу.

Будучи одним з основних елементів системи безпеки, рейкові кола відрізняються складністю в обслуговуванні й вимагають значних експлуатаційних витрат. Підвищення їхньої надійної роботи вимагає постійної пильної уваги виконавців і керівників всіх рівнів, а також фінансових вкладень. В третьому розділі розроблена структурна схема автоматизованої системи діагностики рейкових кіл, розроблена принципова схема лінійного контролера

Підвищення рівня безпеки руху поїздів; зниження економічних витрат, пов'язаних з відмовою пристроїв СЦБ; зниження витрат на експлуатацію пристроїв СЦБ шляхом створення умов для переходу від планово-

профілактичного принципу ремонтно – технічного обслуговування обладнання, пристроїв СЦБ до принципу ремонту і технічного обслуговування устаткування за технічним станом; поліпшення умов і підвищення культури праці.

Впровадження методу автоматизованого діагностування рейкових кіл кодового автоблокування з частотою 25 Гц дозволить:

- знизити експлуатаційні витрати на обслуговування та ремонт рейкових кіл;
- зменшити час на пошук та ремонт рейкових кіл;
- підвищити надійність роботи рейкових кіл;
- підвищити безпеку руху поїздів на перегонах.

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. 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 DS00713а компании Microchip Technology Incorporated, USA. [Электрон. ресурс] / – Режим доступа: <http://www.microchip.com>.

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.

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