

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»

Освітньо-професійна програма «Автоматика та автоматизація на транспорті»

Тема _ Підвищення надійності роботи рейкових кіл шляхом розробки засобів автоматизованого контролю їх параметрів

Theme _ Improving the reliability of rail circuits by developing means of automated control of their parameters

Керівник дипломної роботи доцент _____ Маловічко В.В.

Студент групи АТ1921 (967М) _____ Масленникова В.В.

Student АТ1921 (967М) _____ Maslennykova Viktoriia

Дніпро – 2020

Дніпровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна
Факультет «Комп'ютерні технології і системи»
Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
Спеціалізація Автоматика та автоматизація на транспорті

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Завідувач кафедри АТ

Гаврилюк В.І.
« ____ » _____ 20 ____

ЗАВДАННЯ

до дипломної роботи на здобуття освітнього ступеню «магістр»

Масленникова Вікторія Вячеславівна

(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема роботи Підвищення надійності роботи рейкових кіл шляхом
Розробки засобів автоматизованого коньролю їх
параметрів

Затверджена наказом по університету № 798ст 18 жовтень 2020 р.

2. Термін подання студентом закінченої работ 17.12.20

3. Вихідні дані до роботи Дільниця залізниці з переважно вантажним рухом поїздів
та електричною тягою постійного струму

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу	Обсяг %	Кількість креслень
1. Аналітичний огляд засобів контролю рейкових кіл	15	3
2. Дослідження характеристик розповсюдження сигналів в тракті рейкових кіл та розробка методів підвищення завадостійкості	35	5
3. Розробка підсистеми контролю рейкових кіл в автоматичному режимі	40	9
4.Ефективність використання розроблених засобів контролю рейкових кіл	10	

Студент
Науковий керівник

Масленникова В.В.
Маловічко В.В.

РЕФЕРАТ

Відомості про об'єм пояснювальної записки: 88 сторінок, 7 таблиць, 15 рисунків, 27 джерела літератури.

Ключові слова: Рейкові кола, тональні рейкові кола, фазочутливі рейкові кола, автоматизовані підсистеми, завадостійкість, надійність рейкових кіл

Об'єкт проектування: підвищення надійності роботи рейкових кіл шляхом розробки засобів автоматизованого контролю їх параметрів.

Мета магістерської роботи: розробка методів та засобів для підвищення надійності роботи рейкових кіл шляхом розробки засобів автоматизованого контролю їх параметрів.

У першому розділі розглядається аналіз систем рейкових кіл які застосовуються на просторах залізниць України. Розглянуті типи рейкових кіл які є більш розповсюдженими на залізничному транспорті. По результатам проведених аналізів прийнято рішення про доповнення сучасних систем автоматизованим безперервним контролем та передбаченням появи відмов, що дає можливість більш ефективно їх експлуатувати.

У другому розділі обґрунтовані функціональні можливості рейкових кіл по завадостійкості. Розглянуті проблеми та несприятливі фактори які впливають на працездатність та надійність рейкових кіл. Також в розділі була створена імітаційна модель, яка враховує основні складові цих заважаючих факторів.

В третьому розділі були розроблені системи контролю та діагностування фазочутливих рейкових кіл на станції та тональних рейкових кіл на перегоні. Наведені структурні та принципові схеми розроблених систем та алгоритми їх роботи.

В четвертому розділі наведено основні переваги використання розроблених підсистем контролю рейкових кіл та перспективи розвитку їх в майбутньому.

Галузь застосування: системи керування рухом поїздів на залізничному транспорті.

Висновок. Впровадження автоматизованого контролю та передбачення появи відмов дозволяє виявити та діагностувати помилки а також усунути їх заздалегідь, скоротити час роботи обслуговуючого персоналу та автоматично зафіксувати результати вимірювання.

ЗМІСТ

	ВСТУП	7
1.	АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ РЕЙКОВИХ КІЛ	9
1.1	Аналіз принципу дії рейкових кіл	9
1.2	Використання рейкових кіл в різних системах автоблокування	13
1.3	Класифікація систем рейкових кіл	13
1.3.1	РК в залежності від виду тяги струму	13
1.3.2	РК в залежності від режиму живлення	14
1.3.3	РК в залежності від типу приймача	17
1.4	Станційні системи рейкових кіл	21
1.4.1	Однониткові та двониткові РК	22
1.5	Постановка задачі	24
1.6	Висновки за розділом 1	26
2.	ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК РОЗОВСЮДЖЕННЯ СИГНАЛІВ В ТРАКТІ РЕЙКОВОГО КОЛА ТА РОЗРОБКА МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ	28
2.1	Засоби контролю та огляд існуючих рейкових кіл	28
2.2	Дослідження та аналіз чинників, що впливають на роботу рейкових кіл	30
2.3	Засоби підвищення надійності роботи тональних рейкових кіл	37
2.4	Властивості поширення сигналів у ТРК	41
2.5	Дослідження роботи ТРК при впливі гармонік тягового струму	46
2.6	Функціонування ТРК при імпульсних та флуктуаційних впливах	46
2.7	Висновки за розділом 2	52
3.	РОЗРОБКА ПІДСИСТЕМ КОНТРОЛЮ РЕЙКОВИХ КІЛ В АВТОМАТИЧНОМУ РЕЖИМІ	53
3.1	Призначення і особливості роботи фазочутливого РК	53

	3.1.1	Структурна схема системи діагностики та контролю пристроїв автоматики	54
	3.1.2	Алгоритм діагностування колійних реле	55
	3.1.3	Схемна реалізація блоків підсистеми діагностування колійних реле	56
	3.2	Обґрунтування розробки підсистеми діагностування тональних рейкових кіл	63
	3.2.1	Структурна схема підсистеми діагностування тональних рейкових кіл	64
	3.2.2	Основі вузли схеми розробленої системи діагностування та принцип роботи принципової схеми	67
	3.3	Висновки за розділом 3	80
4		ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ РОЗРОБЛЕНИХ ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ РЕЙКОВИХ КІЛ	81
		ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	84
		ЛІТЕРАТУРА	86

ВСТУП

Системи автоматики та телемеханіки застосовуються на залізниці для виконання перевезень вантажів, а також забезпечення безперебійного функціонування промислового комплексу країни. А точніше регулювання руху поїздів, автоматизація процесу розформування складів на сортувальних гірках, забезпечення безпеки руху поїздів. Всі ці функції будуються на використанні рейкових кіл як основних колійних датчиків і телемеханічних каналів.

За останній час впроваджено і створено вагому кількість нових видів рейкових кіл. Значно змінився і характер роботи рейкових кіл у зв'язку із застосуванням напівпровідникових приладів, залізобетонних шпал, підвищеної частоти сигнального струму.

Рейкові кола є одним з основних елементів всіх пристроїв залізничної автоматики та телемеханіки: автоблокування, автоматичної локомотивної сигналізації, електричної централізації стрілок і сигналів, диспетчерського контролю руху поїздів, автоматичної переїзної сигналізації і ряду інших систем.

Рейкові кола вперше були застосовані в 1872 р, і ось уже протягом більше ніж 100 років триває їх впровадження на залізничному транспорті різних країн [1]. Нині існує понад 30 типів (в яких 800 видів) рейкових кіл [2]. Численні спроби замінити рейкові кола більш досконалі засоби до теперішнього часу не дали очікуваних результатів. Такі пристрої знайшли лише обмежене застосування або знаходяться в стадії розробки та експлуатаційних випробувань[1].

Пошук відмов в РК не автоматизовано і здійснюється з використанням різних вимірювальних засобів. Нерідко для виявлення характеру відмови електромеханіка СЦБ необхідно прямувати до місця розташування, що значно збільшує час пошуку несправностей.

Одним зі шляхів підвищення надійності технічних засобів, що забезпечують безпеку руху поїздів, є впровадження пристроїв безперервного контролю за їх станом. Системи діагностики дозволяють зменшити кількість відмов у пристроях

СЦБ внаслідок прогнозування відмовних станів, прискорити пошук елемента, що відмовив в зонах залізничного транспорту[3].

В цій роботі буде розглянуто метод розробки безперервного контролю та прогнозування появи відмов з визначенням характеру і місця несправності РК (рейкового кола) в системі з поста електричної централізації.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ РЕЙКОВИХ КІЛ

1.1. Аналіз принципу дії рейкових кіл

У системах залізничної автоматики рейкові кола виконують різні та відповідальні функції. Вони автоматично безперервно контролюють стан колійних ділянок на перегонах і станціях, а також цілісність рейкових ниток, виключаючи можливість приймання поїзда на зайняту колію, не дозволяють перевести стрілку під складом, а також забезпечують індикацію контролю вільності або зайнятості колій і стрілок на апаратурі управління; з їх допомогою передаються кодові сигнали на локомотив для дії пристроїв автоматичної локомотивної сигналізації, забезпечується ув'язка між показаннями світлофорів в кодовому автоблокуванні; в системах переїзної сигналізації вони забезпечують автоматичний контроль наближення поїздів до переїздів і подальший контроль їх проходження. Рейкові кола є основою всіх розроблюваних систем автоматичного управління і контролю руху поїздів на залізничному транспорті, значною мірою підвищуючи безпеку руху поїздів.

Важко або практично неможливо отримати в інших пристроях такі чудові властивості РК, як надійне і практично безпомилкове фіксування вільності та зайнятості колійних ділянок рухомим складом, що не обладнане спеціальними пристроями; автоматичний контроль цілісності рейкових ліній; автоматичне відновлення нормальної та безпечної роботи без спеціальних запам'ятовувальних пристроїв після відключення та подальшого включення джерела живлення або при заміні апаратури та обладнання; безперервний безпосередній зв'язок між поїздами, станом колії та ряд інших переваг.

Разом з тим рейкові кола мають ряд недоліків, що знижують їх експлуатаційно-технічну ефективність: залежність їх роботи від стану верхньої будови колії (баласту, шпал, рейок, з'єднувачів й інших елементів), кліматичних умов (найбільш несприятливі райони з суворим кліматом, а також райони, в яких спостерігаються значні коливання температури та вологості); погіршення шунтового ефекту при забрудненості поверхні рейок і колісних пар; значні витрати праці та коштів на технічне обслуговування і ряд інших недоліків. Тому створення нових та

вдосконалення теперішніх рейкових кіл поєднуються з науковими дослідженнями й розробкою пристроїв, які могли б замінити рейкові кола.

По призначенню та електричним параметрам рейкові кола значно відрізняються від повітряних ліній зв'язку та електропередачі, кабелі яких розміщені на великій відстані від землі, добре електрично ізолювані один від одного і від несучих їх опор, а окремі частини кабелю в стиках надійно з'єднані між собою. Тому електричні параметри ліній зв'язку та електропередачі досить стабільні, причому опір ізоляції проводів між собою і стосовно землі досить велике. У порівнянні з ними рейкові кола знаходяться в складніших умовах, оскільки їх провідники - рейки - слабо електрично ізолювані від землі та один від одного; ізоляторами рейок є шпали, занурені в баластний шар. Шпали й баласт значною мірою змінюють свою електричну провідність в залежності від наявності в них вологи, змін навколишньої температури та інших факторів. Тому опір ізоляції рейкового кола, або, як заведено його називати, опір баласту, виходить дуже низьким і дуже нестабільним [1].

Рейкове коло являє собою електричне коло (рис1.1), в якому є джерело живлення (ІП), колійний приймач (П) і рейкова лінія.

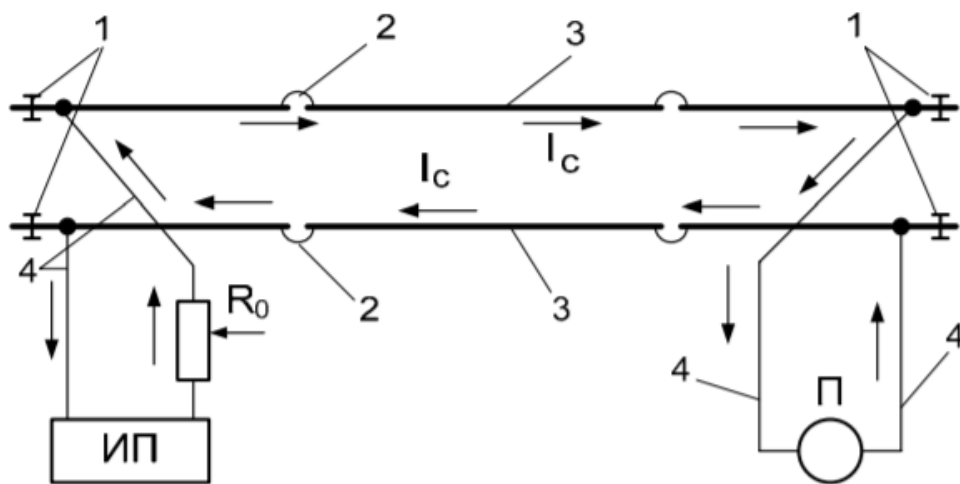


Рис.1.1 Схема рейкового кола

Рейкова лінія - це дві рейкові нитки, складені з окремих рейкових ланок, з'єднаних накладками. Рейкові нитки закріплені на шпалах, покладених на баласт. При відсутності рухомої одиниці на рейковій лінії від джерела живлення до

колійного приймача тече сигнальний струм. Для стабілізації опору рейкових ниток, що складаються з окремих ланок, скріплених накладками, в струмопровідних стиках встановлюють стикові з'єднувачі.

В цей час на мережі залізниць широко застосовуються суцільнозварні рейкові нитки, в яких стикові з'єднувачі відсутні. Для гальванічної розв'язки суміжних рейкових кіл на межах контрольованих ділянок колії встановлюються ізолюючі стики. Опір обмежує струм джерела живлення від короткого замикання при знаходженні поїзда на живильному кінці РК. Апаратура живильного і релейного кінця рейкового кола з'єднується з рейками спеціальними сполучними провідниками (сталеві або мідні багатожильні дроти). В якості колійного приймача в рейкових колах використовуються електромагнітні реле, електронні та мікропроцесорні приймачі. У більшості типових РК в якості колійних приймачів застосовуються електромагнітні реле. Властивості реле замикають фронтові контакти - при наявності на його обмотках напруги спрацьовування (РК вільна від рухомого складу) і тилові контакти - при зниженні напруги (РК зайнята або пошкодження рейок) до значення напруги відпадання (непритягнення) якоря реле використовуються для контролю стану ділянок шляху і цілості рейкових ниток. Параметр "напруга відпадання" якоря застосовується для характеристики реле в РК з безперервним живленням, а "непритягнення" - для реле в РК з імпульсним, або кодовим живленням [4].

При вільності рейкового кола (РК) живлення подається через апаратуру живильного кінця (шляховий трансформатор) в рейки та знімається з рейок через апаратуру релейного кінця і подається на колійне реле (колійний приймач). Реле знаходиться під струмом.

При проходженні колісної пари відбувається коротке замикання в РК. При цьому на релейному кінці реле знеструмлюється.

Живлення в рейкове коло пускають назустріч потягу. Опір однієї колісної пари менше або дорівнює 0,06 Ом. Для контролю вільності РК використовується сигнальний струм, враховуючи це у РК сигнальний і тягові струми повинні відрізнятися по частоті [5].

За принципом дії рейкові кола поділяються на нормально замкнуті та нормально розімкнені кола. Розглянемо нормально замкнуті рейкові кола 1РК і 2РК, контролюючі суміжні ділянки шляху (на слайді 2).

Нормально замкнутим рейковим колом називають таке коло, у якому колійне реле знаходиться під струмом при вільному стані контрольованої ділянки шляху. При справних ізолюючих стиках (А і Б) сигнальним струмом І1 обтікаються всі елементи рейкового кола 1РК, отже, здійснюється контроль їх справного стану, у тому числі й рейкових ниток. Аналогічно здійснюється контроль стану елементів рейкового кола 2РК сигнальним струмом І2. Колійні реле 1П і 2П знаходяться під струмом (замкнуті фронтові контакти).

Недоліками нормально замкнутих РК є: велика кількість сполучних проводів (кабелю) між апаратурою живлення, релейним кінцем і рейковою лінією; уповільнена реакція на шунт (реле повільніше відпускає якір, ніж притягує його).

Нормально розімкнутим рейковим колом називають таке коло, у якого при вільному стані контрольованої ділянки шляху колійне реле знаходиться в знеструмленому стані. Розглянемо електричну схему нормально розімкнутого рейкового кола (на слайді 2). При відсутності рухомої одиниці на рейковій лінії (Rш відсутня) живильний трансформатор працює в режимі холостого ходу. Через первинну обмотку і через опір R1 протікає мінімальний струм холостого ходу. Напруга, виділена на опір R1, недостатня для спрацьовування колійного реле. При вступі рухомої одиниці (Rш) на контрольовану ділянку шляху, сигнальний струм протікає через колісну пару, що живить трансформатор та переходить в режим короткого замикання, струм в первинній обмотці трансформатора різко зростає і колійне реле замикає фронтовий контакт.

Таким чином, в нормально розімкнутому РК контроль зайнятого стану ділянки шляху відбувається при спрацьовуванні колійного реле і замкнутих

фронтових контактах, а вільного - при знеструмленому стані реле і замкнутих тильових контактах.

Перевагами нормально розімкнутого РК є: мінімальні витрати кабелю для підключення апаратури (оскільки релейний і живильний кінці суміщені); підвищена реакція на шунт – мінімальний час видачі команди про зайнятість ділянки шляху. Реле притягує якір швидше, ніж відпускає його.

Недоліком нормально розімкнутого РК є відсутність контролю цілісності рейкових ниток, що створює можливість зміни положення стрілки під складом або включення дозволяючого вогню на світлофорі при зайнятій ділянці та пошкоджені рейкового кола. Нормально розімкнуті РК мають обмежене поширення: застосовуються тільки на сортувальних гірках, де їх довжина мінімальна, і вони знаходяться під постійним контролем обслуговуючого персоналу [4].

1.2. Використання рейкових кіл в різних системах автоблокування

Рейкові кола поділяють за основними ознаками: за призначенням - перегінні (АБ або ПАБ), станційні, для сортувальних гірок, для автоматичних захисних пристроїв. Вони поділяються: на нормально замкнуті та нормально розімкнуті РК. За родом сигнального струму рейкові кола поділяються на: коло з безперервним живленням; імпульсним живленням; кодовим живленням (імпульси певної довжини через певний інтервал). За джерелом живлення рейкові кола бувають: змінного струму; постійного струму. Рейкові кола змінного струму можуть бути частотою: при електричній тязі змінного струму: 25, 75 Гц; при електричній тязі постійного струму: 25, 50, 75 Гц; автономного струму: 25, 50, 75 Гц; РК тональної частоти: ≥ 300 Гц. По пропусканню зворотного тягового струму рейкові кола бувають: двониткові, одониткові (використовуються на бічних шляхах). По колійному розвитку РК розрізняють: нерозгалужені, розгалужені. За типом колійного приймача розрізняють наступні рейкові кола: з одноелементним приймачем та з двоелементним приймачем [5].

1.3. Класифікація систем рейкових кіл

1.3.1. РК в залежності від виду тяги струму

За видом сигнального струму РК діляться на РК постійного струму і РК змінного

струму. В цей час постійний струм, внаслідок істотних недоліків, знаходить обмежене застосування в рейкових колах залізничної автоматики (в імпульсних рейкових колах). Вибір частоти сигнального струму є одним з складніших питань, що виникають при розробці рейкових кіл. Він залежить від цілого ряду обставин. Найбільшого поширення знайшов змінний струм промислової частоти 50 Гц і одержуваний від перетворювачів частоти ПЧ-50/25 струм частотою 25 Гц. Сигнальний струм 50 Гц застосовується для живлення РК на ділянках з автономною тягою і на ділянках залізниць з електротягою постійного струму. Сигнальний струм частотою 25 Гц застосовується для живлення РК на ділянках з електротягою змінного струму. Спочатку на ділянках з електротягою змінного струму застосовувався сигнальний струм з частотою 75 Гц. Однак при цьому необхідно було будувати високовольтні лінії з частотою 75 Гц для електропостачання сигнальних точок на перегонах, що значно збільшувало вартість систем автоблокування.

При виборі частоти сигнального струму, що відрізняється від частоти тягового струму 50 Гц, враховувалася можливість передачі його по рейках з мінімальними втратами, а також забезпечення простих і надійних приладів перетворення струму по частоті. Низька частота сигнального струму рейкового кола 25 Гц дає значні переваги у зв'язку зі зменшенням загасання в рейковій лінії, наявністю простих по конструкції та надійних в експлуатації статичних подільників частоти ПЧ-50/25. Рейкові кола 25 Гц практично є універсальними й можуть застосовуватися при всіх видах тяги, де є проблеми із завадами на промисловій частоті 50 Гц.

Зі збільшенням швидкостей, вагових навантажень, застосуванням нових типів локомотивів з тиристорним регулюванням потужності тягових двигунів в рейкових нитках виникають перешкоди в діапазоні робочих частот 25 і 50 Гц, що різко знижує надійність їх роботи. Для підвищення надійності роботи систем залізничної автоматики нині широке поширення знаходять рейкові кола тональної частоти (ТРК), що працюють в діапазонах 420 ... 780 Гц і 4,5 ... 5,5 кГц. Вони мають цілу низку переваг в порівнянні з РЦ 25 і 50 Гц. [4]

1.3.2. РК в залежності від режиму живлення

По режиму живлення рейкові кола бувають з безперервним живленням, імпульсними та кодовими. У рейкових колах з безперервним живленням найпростішим способом забезпечується надійний контроль згону стиків за допомогою чергування полярності джерел живлення в суміжних рейкових колах. Їх максимальна довжина дорівнює 1200 ... 1250 м.

Імпульсні рейкові кола постійного струму нині знаходять обмежене застосування (в системах АБ постійного струму). Кодові рейкові кола працюють на частотах 25 і 50 Гц і застосовуються в широко поширених системах кодового автоблокування. Кодові та імпульсні рейкові кола мають підвищену чутливість до шунта і пошкодження рейок. Їх максимальна довжина дорівнює 2,5 ... 2,6 км.[4]

Кодове рейкове коло 25 Гц. На перегонах і станціях, обладнаних системами автоматичного блокування та електричною централізацією, з метою контролю стану ділянок шляху, а також передачі на локомотив інформації про показання попереду розташованих світлофорів застосовуються рейкові кола, що працюють на частотах 25, 50, 75 Гц. Для ділянок з автономною тягою та електротягою постійного струму застосовуються РК, що працюють на частоті 50 Гц, а для ділянок з електротягою змінного струму, що працюють на частотах 25 і 75 Гц. В останні роки стали широко застосовувати РК, що працюють на частотах 420, 480, 580, 720 і 780 Гц при всіх видах тяги.

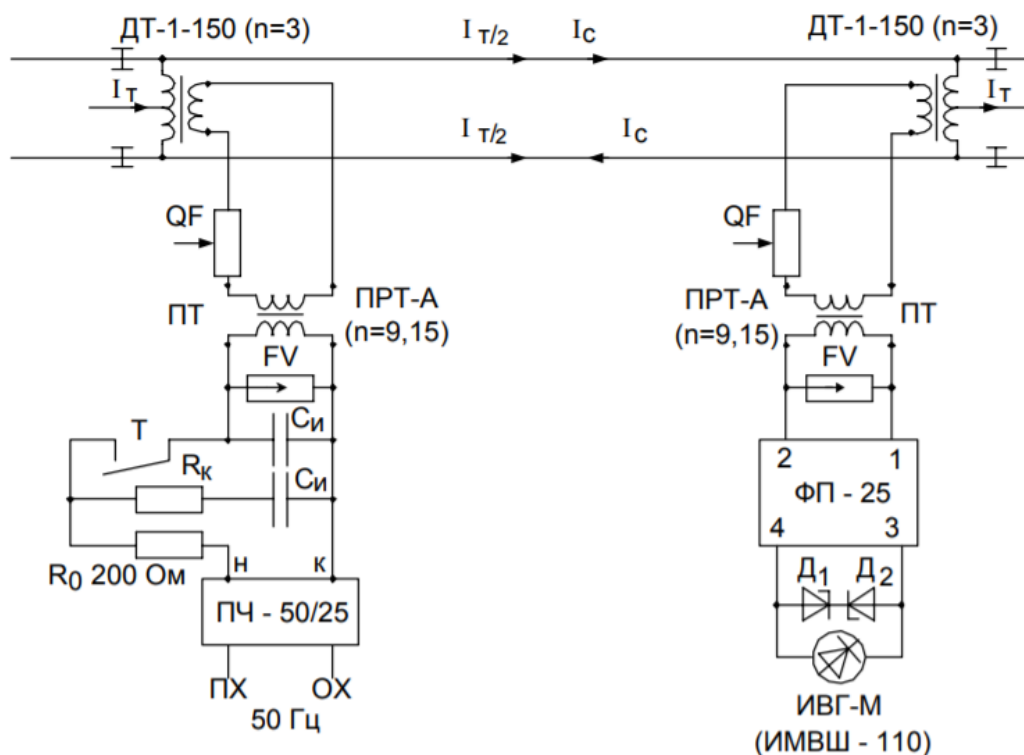


Рис.1.4 Схема кодового рейкового кола змінного струму частотою 25Гц

Кодові рейкові кола 25Гц (рис.1.4) живляться від перетворювача частоти ПЧ-50/25 потужністю 100 або 150 В·А, вторинна обмотка яких секціонована, що дозволяє регулювати напругу частотою 25 Гц в межах від 0 до 175 В, з градацією через 5 В на висновках "н" і "до". Як датчики коду використовуються кодові колійні трансмітери штепсельних типів КПТШ-515, КПТШ-715, або з використанням безконтактної технології - БКПТ-5, БКПТ-7, які чергуються в рейкових колах суміжних блок-ділянок для здійснення схемного контролю короткого замикання ізолюючих стиків. Безпосередньо, в рейкові кола, коди посиляються контактами трансмітерного реле Т. Останнім часом датчиком коду застосовуються безконтактні колійні трансмітери БКПТ-5 і БКПТ-7, а замість контакту реле Т - безконтактні комутатори струму БКТ, або осердя ТШ-65К, що містить безконтактний комутатор струму і реле Т для його управління.

Прилади живлення розміщуються на вихідному кінці рейкового кола по ходу руху поїзда, щоб коди посилялися йому назустріч і могли сприйматися приймальними локомотивними котушками системи АЛС. Для нормальної роботи

локомотивних пристроїв АЛС необхідно, щоб при шунтуванні вхідного (релейного) кінця рейкового кола і мінімальному опорі ізоляції кодовий струм в рейках під приймальними котушками локомотива був не менше 1.4 А при електричній тязі змінного струму, 1.2 А при автономній тязі та 2 А при електричній тязі постійного струму.

Для колійного приймача використовується імпульсне колійне реле ІМВШ-110 або ІВГ-М. Реле ІМВШ-110 має недостатній комутаційний ресурс внаслідок підгоряння контактів, зламу контактних пластин, що вимагає щорічної його перевірки в РТУ. Тому в цей час замість ІМВШ-110 в кодових рейкових колах встановлюють імпульсні герконові реле типу ІВГ-М, в яких в якості комутуючого елемента застосований рідкометалевий (ртутний) магнітокеруючий геркон, що дозволяє збільшити термін служби колійних реле до 10 років.

Апаратура РК має також захист від короткочасних імпульсних перенапруг, що виникають в рейкової лінії від ударів блискавки, розривів в колі контактного проводу та струмоприймача або при короткому замиканні в контактної мережі, що отримується за допомогою розрядників типу РВНШ-250 або тиристорних захисних пристроїв типу УЗТ-1 і УЗТ-2. Як обмежувач струму джерела живлення, в режимі короткого замикання рейкової лінії, послідовно з перетворювачем частоти встановлюється опір R_0 , рівне 200 Ом. Цей опір R_0 також стабілізує роботу перетворювача частоти ПЧ, надаючи активний характер навантаженні. При його відсутності може відбуватися зрив генерації в контурі перетворювача на частоті 25 Гц внаслідок підключення до обмотки контуру ПЧ додаткової індуктивності навантаження (вхідного опору рейкового кола, що має індуктивну складову).[4]

1.3.3. РК в залежності від типу приймача

За типом колійного приймача рейкові кола поділяються: - на РК з одноелементними колійними приймачами; - РК з двоелементною колійними приймачами (типу ДСШ); - РК з електронними дорожніми приймачами; - РК з мікропроцесорними дорожніми приймачами.

Одноелементні колійний приймачі. Широке застосування в кодових рейкових колах знайшли одноелементні колійні приймачі типів ІМВШ, ІВГ-М і ІВГ-В. У станційних рейкових колах при автономній тязі застосовуються одноелементні колійні приймачі типу АНВШ2-2400. Істотним недоліком РК з одноелементними колійними приймачами є низька захищеність від впливу завад.

Двоелементні колійні приймачі. На станціях, де інтенсивність перешкод значно більше, ніж на перегонах внаслідок впливу блукаючих струмів, обхідних кіл за елементами зворотної тягової мережі та інших джерел широке поширення знайшли фазочутливі рейкові кола з реле типу ДСШ.

Мікропроцесорні колійні приймачі. Нині НПП "Стальєнерго" (г. Білгород) випускає мікропроцесорний колійний приймач ІВГ-Ц. Областю застосування реле ІВГ-Ц є ділянки залізничних ліній з будь-яким видом тяги поїздів і з розміщенням апаратури в релейних шафах і на стативах постів ЕЦ. Характерною особливістю реле ІВГ-Ц в порівнянні з аналогічними реле ІМВШ, ІВГ-М і ІВГ-В є: - підвищена зносостійкість, що забезпечується використанням напівпровідникових комутаторів замість механічних контактів; - підвищена надійність і безпека, яку забезпечують наявністю електронного контролю роботи реле і відсутністю зміни електричних параметрів в процесі експлуатації; - стійкість до імпульсних перешкод і перенапруженням, яка забезпечується використанням елементів захисту вхідних кіл, кіл живлення і вихідних комутаторів. Реле ІВГ-Ц виконано в корпусі реле НМШ, і по контактах воно повністю сумісно з експлуатаційним тепер імпульсними колійними реле ІМВШ, ІВГ-М і ІВГ-В.

Контроль роботи та електричні параметри забезпечуються двома індустріальними мікроконтролерами з вбудованим восьми розрядним АЦП, що забезпечує високу надійність і безпеку роботи ІВГ-Ц. Кількість спрацьовувань становить $5 \cdot 10^9$. Що на порядок більше, ніж у контактних реле.[4]

Рейкові кола тональної частоти. Надійність функціонування РК більшою мірою залежить від справного стану ізолюючих стиків. Численними дослідженнями встановлено, що із загального числа відмов в роботі РК пошкодження ізолюючих

стиків складають близько 30%. У зв'язку із застосуванням електровозів з тиристорним регулюванням потужності тягових двигунів значно збільшуються перешкоди на частотах 50 і 25 Гц. В цей час все більше широкое поширення на вітчизняних і закордонних залізницях знаходять безстикові РК тональної частоти (ТРК). Вони мають ряд істотних експлуатаційних, технічних і економічних переваг, в тому числі можуть працювати без ізолюючих стиків. Споживана потужність ТРК знижується в 5 ... 10 разів у порівнянні з традиційно застосовуваними РК.

Розглянемо схему (рис.1.5) включення РК тональної частоти, що пояснює принцип контролю блок-ділянок (12БУ, 10БУ, 8БУ) без поділу їх ізолюючими стиками.

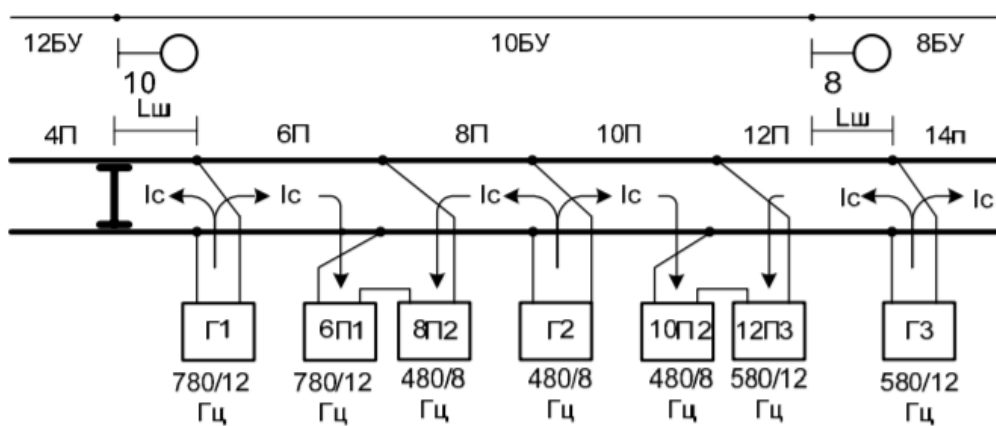


Рис.1.5 Схема включення апаратури рейкових кіл тональної частоти

На кожні дві суміжні рейкові кола, які контролюють ділянки шляху (4П і 6П, 8П і 10П, 12П і 14П), встановлюється один з генераторів Г1, Г2, Г3, що виробляє свою несучу частоту, модульовану низькочастотними сигналами. Рейкові кола тональної частоти називають також безстиковими (БРК), або електронними, підкреслюючи тим самим їх нові функціональні можливості та тип застосовуваної елементної бази. Стан ділянок колії контролюються електронними колійними приймачами П. Перша цифра в умовному найменуванні приймача позначає номер безстикового РК, а друга - номер генератора, що живить це коло. Кожен приймач являє собою підсилювач, налаштований на примання сигналів наступних частот:

780/12, 480/8 і 580/12 Гц. Для контролю одної ділянки колії (блок-ділянки) може використовуватися одна, дві та більше рейкових кіл, в ізоляції).

В рейкових колах відсутні ізолюючі стики, в тому числі й на кінцях блок-ділянок. Вплив генератора Г1, яке живить рейкові кола 4П і 6П, на приймачі 8П2, 10П2, 12П3 рейкових кіл 8П, 10П, 12П виключається застосуванням різних несучих і модулюючих частот для контролю цих ділянок. Аналогічно виключається вплив генераторів Г2 і Г3 на приймач 6П1, налаштований на частоту генератора Г1.

Для роботи рейкових кіл тональної частоти використовуються несучі частоти тонального діапазону: 420, 480, 580, 720 і 780 Гц та модулюючі частоти 12 і 8 Гц.

Характерною особливістю РК без ізолюючих стиків є наявність зон додаткового шунтування. Ці кола можуть бути зашунтовані рухомим складом, що знаходиться на суміжній РК на деякій відстані $L_{ш}$ від місця підключення колійного приймача (генератора). При опорі ізоляції (баласту) від 0,7 до 1 Ом·км максимальна довжина РК становить 1000 м, а зона додаткового шунтування може досягати 40 ... 120 м і залежить від багатьох факторів. При підвищенні частоти сигнального струму, напруги на вході приймача, опору баласту і рейок довжина зони додаткового шунтування зменшується. При зниженні зазначених параметрів її значення зростає.

За мінімальний розрахунковий питомий опір ізоляції рейкової лінії в ТРК прийнято: для нерозгалужених - 0,10 ... 0,8 Ом·км (в залежності від типу і довжини ТРК); для розгалужених і однопітківних - 0,5 Ом·км. Максимальна довжина ТРК при опорі баласту 0,1 Ом · км складає 200 м.

Вибір значень частоти модуляції повинен здійснюватися, виходячи з того, що кожному значенню несучої частоти на сусідніх коліях перегону присвоюються відмінні один від одного значення модулюючих частот. Так, наприклад, ця умова виконується, якщо на одному зі шляхів застосовані частоти: 580/8; 480/12; 780/8; 420/12; 720/8 Гц, а на іншому шляху - 580/12; 480/8; 780/12; 420/8; 720/12 Гц. Нині заводами випускається апаратура ТРК третього і четвертого покоління і модернізація їх триває.

Нормами технічного проектування НТП встановлено при новому будівництві в системах автоблокування (ЦАБ АЛСО, АБТЦ і ін.) і електричної централізації застосовувати рейкових кіл третього - ТРК3 і четвертого - ТРК4 поколінь.

Третє покоління ТРК3 з робочими частотами 420, 480, 580, 720, 780 Гц призначене для роботи при зміні температури навколишнього середовища від - 45 до + 65 ° С. До складу апаратури третього покоління входять: приймачі ПП і ПП1; генератор ГП31 (ГПЗ), поєднаний з підсилювачем; фільтр ФПМ; зрівнювальний трансформатор УТЗ.[4]

1.4. Станційні системи рейкових кіл

Розгалужені рейкові кола. На станціях з електричною централізацією для контролю вільного стану ділянок колії, стрілочних секцій і найбільш ефективного використання колійного розвитку при поїзній і маневровій роботі станційні колії розбивають на окремі стрілочні та безстрілочні ділянки, які обладнують РК. Рейкові кола, контролюючі стрілочні секції, називають розгалуженими. У стрілочних ділянках не може бути включено понад три окремих або двох перехресних стрілочних переводів. У різні ізолювані ділянки включають стрілки з'їзду, а також стрілки, за якими можливі одночасні неворожі пересування. Зі збільшенням числа стрілочних переводів, що включаються в одну ізолювану ділянку, створюється надлишкова ворожість маршрутів, ускладнюється експлуатаційна робота станції, а також ускладнюються процеси регулювання і погіршуються умови виконання режимів РК з бічними відгалуженнями. Водночас, виділення в ізолювану ділянку кожної стрілки, з метою поліпшення можливості експлуатаційної роботи, призводить до підвищеної витрати кабелю та апаратури, збільшення витрат на будівництво та експлуатацію пристроїв автоматики.

Розглянемо схему установки ізолюючих стиків і рейкових з'єднувачів на стрілочній секції для обладнання її рейковим колом (на слайді 4). На стрілочних секціях ізолюючі стики 1 встановлюються на відстані 3,5 м від граничного стовпчика та у кінця рамних рейок (на станціях з ЕЦ під час маневрових переміщень по замкнутим маршрутам). Розбіжність ізолюючих стиків 2 на протилежних нитках

колії на перехідному шляху з'їзду і на стрілочних переводах має бути не більше 1,6 м. У розгалужених РК, як і в нерозгалужених, рейкові кола служать провідниками сигнального струму між джерелом живлення і колійним приймачем. Жирною лінією позначені рейкові кола, до яких підключають один полюс джерела живлення, а другий полюс підключають до рейкових кіл, позначених тонкою лінією. Таке умовне позначення використовується при складанні технічної документації на станційні рейкові кола для дотримання чергування полярності джерел живлення в рейкових нитках та в ізолюючих стиках. Чергування полярності необхідно для контролю пошкодження ізолюючих стиків. Ізолюючі стики 1 розділяють електрично суміжні РК. Для виключення короткого замикання рейкових кіл хрестовинами на стрілочних переводах встановлюють ізолюючі стики 2. Надійний електричний контакт між окремими рейковими колами й конструкціями стрілочного перевodu забезпечують стикові з'єднувачі 3 та стрілочні з'єднувачі 4,5,6,7 з різними довжинами і поперечним перерізом [6].

1.4.1. Однониткові та двониткові РК

На роботу рейкових кіл істотно впливає наявність або відсутність зворотного тягового струму в рейкових нитках. Тяговий струм може надавати не тільки завади, але і небезпечний вплив на роботу РЦ. Ступінь впливу тягового струму на роботу рейкових кіл багато в чому залежить від способу каналізації (пропуску) тягового струму по рейкових нитках.

На практиці застосовується два способи пропуску тягового струму:

1) по одній рейковій нитці рейкової лінії; 2) за двома рейковим ниткам рейкової лінії.

Найбільшого поширення знайшов другий спосіб, який забезпечує найкращі умови для роботи рейкових кіл і протікання зворотного тягового струму. Залежно від типу пропуску тягового струму по рейковим ниткам рейкові кола називають однонитковим і двонитковим.

Двониткові рейкові кола. Для забезпечення безперервного протікання тягового постійного або змінного струму застосовуються двониткові рейкові кола,

які здійснюють пропуск тягового струму по кожній рейкової нитки шляху. Розглянемо спосіб пропуску тягового струму в обхід ізолюючих стиків в суміжних рейкових колах, де апаратура рейкових кіл використана в узагальненому вигляді.

Безперервне протікання тягового струму по двонитковим РЦ забезпечується за допомогою дросель-трансформаторів (ДТ), що встановлюються з двох сторін від ізолюючих стиків. Колійний ДТ має дві обмотки: основну обмотку з великою площею перерізу проводів, що підключається до рейкових ниток, і додаткову з великою кількістю проводів малого перерізу - для підключення джерел живлення або колійних приймачів П. Середні точки основних обмоток суміжних ДТ з'єднуються міждроссельними перемичками. Конструктивно ДТ виготовляють по одному (ДТ-1-150) і здвоєними (2ДТ-1-150), два ДТ поміщені в один корпус). У здвоєних дросель-трансформаторах міждроссельна перемичка встановлюється між основними обмотками усередині корпусу.

Загальний тяговий струм від тягової підстанції через контактний провід і струмознімач надходить на тяговий двигун ТД електровоза, а далі через колісні пари - в рейкові нитки. Напівструми ІТ / 2 протікають в обхід ізолюючих стиків "1" через основні полуобмотки ДТ1, ДТ2 і міждроссельної перемички. (на слайді 4).

Тягові напівструми ІТ / 2 в кожній рейковій нитці протікають в одному напрямку. У наступного ДТ3 вони, проходячи через обидві половини основної обмотки, стікаються до середньої точки, і по міждроссельній перемичці сумарний струм ІТ потрапляє до середньої точки ДТ4. Далі струм ІТ розгалужується по обох половинах первинної обмотки ДТ4 і знову в вигляді напівструмів ІТ / 2 протікає по рейкових нитках до ізолюючих стиків, які обтікає з допомогою ДТ5 і потрапляє на зворотний полюс тягової підстанції. Інша складова частини тягового струму через ДТ6 протікає в сусідні РЦ до наступних електропоїздів. Подібним чином всі інші ДТ, установлені в ізолюючих стиках на станціях і перегонах, проводять тяговий струм в обхід ізолюючих стиків і створюють безперервне електричне коло між тяговими підстанціями. При електротязі змінного струму відстань між тяговими підстанціями може досягати 60 км.

Однониткові рейкові кола. На станційних ділянках колії без кодування і в горловинах станцій допускається застосування однониткових РК при їх довжині до 500 м. Вони простіші по облаштуванню і дешевші двониткових РК з ДТ. Наприклад розглянемо суміжні 1РК і 2РК поділяються електрично один від одного ізолюючими стиками, тому сигнальні струми І С від джерел живлення ІП1 і ІП2 протікають до колійних приймачів 1П і 2П тільки в межах своїх ізольованих ділянок (на слайді 4). Основна частина тягового струму ІТ протікає по рейкових нитках, які з'єднуються в ізолюючих стиках двома рейковими з'єднувачами (РС). Рейкові з'єднувачі виготовляються з багатожильного мідного дроту перетином 50 мм²; - при електричній тязі змінного струму і 70 мм²; - при електричній тязі постійного струму. Мідний дріт приварюється до сталевих штепселей з різбленням. Кріплення з'єднувачів до рейок виконується за допомогою гайок і контргайок. Тягові рейкові кола мають вихід на середні точки ДТ двониткових РК.

В однониткових РК частина тягового струму відгалужується в інше рейкове коло колії, протікає через прилади живлячих і релейних кінців. Опір використовується для зменшення цієї частини тягового струму і забезпечення основних режимів роботи РК. Нерівномірний розподіл тягового струму по рейкових колах виключає можливість накладення пристроїв АЛС на однониткові РК. Для виключення впливу тягового струму на роботу колійного приймача на релейних кінцях застосовуються спеціальні фільтри, які пропускають тільки частоту сигнального струму [4].

1.5. Постановка задачі

Актуальність роботи. Для забезпечення та функціонування надійної роботи автоматизованих систем регулювання рухом поїздів на перегоні так і на станції потрібно щоб в системі надійно працювали рейкові кола (РК), які залежать від належного функціонування первинних елементів управління вільності блок-ділянок або справності рейкових ниток. Таким чином, рейкові кола є найпоширенішим засобом в якості таких елементів.

Збільшення інтенсивності руху поїздів ставлять нові вимоги до систем управління, в яких зазначено найбільша кількість відмов, що доводиться на рейкові кола. Тому підвищення надійності та модернізації роботи рейкового кола є актуальною задачею, що і буде розглядатися в даній роботі. Рейкові кола є каналом для безперервної передачі інформації автоматичної сигналізації локомотивів, від колії до локомотива. Більшість їх несправностей зумовлені ізолюючими стиками або інтенсивністю завад. Отже, впровадження систем тональних рейкових кіл, які не містять ізолюючі стики або застосування фазочутливих рейкових кіл, які володіють підвищеною завадостійкістю є перспективною пропозицією. Також можна враховувати те, що використання струму тональної частоти в якості сигнального дає можливість реалізувати централізоване розташування апаратури, захист від впливу тягового струму та зменшення споживаної енергії.

Як щодо фазочутливих рейкових кіл, застосовуються при всіх видах тяги, також встановлюються на станції та мають добру чутливість до зміни фази напруги, мають простоту регулювання короткого замикання ізолюючих стиків, дозволяють отримати підвищення захисту від завад тягового струму. Однак, фазочутливі РК використовують ізолюючі стики, які призводять до негативного впливу надійності безпеки руху поїздів, а також використовують дорогі дросель-трансформатори та споживають велику потужність.

Всі ці аспекти викликають відмови в роботі рейкових ліній, що призводить до простоїв рухомих складів та пасажирного транспорту, а також до економічних збитків. Таким чином актуальною задачею стає вдосконалення методів впровадження автоматичного або автоматизованого контролю рейкових кіл як на станції так і на перегоні

Метою роботи є розробка методів та засобів для підвищення надійності роботи рейкових кіл шляхом розробки засобів автоматизованого контролю їх параметрів.

Завданням роботи є:

- проведення аналізу існуючих рейкових кіл на перегоні та станції з метою дослідження їх можливостей по додатковому контролю параметрів;
- проведення аналізу факторів, що впливають на роботу рейкових кіл, дослідження роботи тональних рейкових кіл при впливі на них зворотнього тягового струму та імпульсних завад;
- розробка засобів для автоматичного контролю та діагностування стану рейкових кіл на перегоні та станції.

Об'єкт дослідження – процес експлуатації технічного обслуговування з використанням не автоматизованих різних вимірювальних засобів.

Предмет дослідження – методи та засоби покращення надійності роботи рейкових кіл шляхом розробки засобів автоматизованого контролю їх параметрів.

Для визначення поставлених задач застосовується аналіз існуючих РК та принцип їх роботи, закони електротехніки, правила матриць, методи чотириполісників, метод програмного моделювання, методи математичної статистики, розрахунки в системі Simulink та Mathcad.

1.6. Висновки за розділом 1

В даному розділі викладені основні станційні та перегінні системи рейкових кіл та проведено їх аналіз, розглянуто особливості впровадження систем. Рейкові кола є найбільш відповідальним елементом систем безпеки руху. Водночас саме на їх частку припадає незмінно найбільша кількість відмов.

Що стосується станційних рейкових кіл, найпоширенішим використанням є фазочутливі рейкові кола. Але дані рейкові кола також часто виходить з ладу, трапляються раптові і поступові відмови. Внаслідок чого обслуговуючий персонал втрачає час на виявлення несправностей. В зв'язку з цим, потрібно розробляти і покращувати систему автоматичного контролю рейкових кіл.

На перегінних рейкових колах в основному використовуються кодові РК у яких теж є ряд переваг та недоліків: погана передача по інформаційному тракту, спотворення кодів, малий обсяг переданої інформації. Також на перегінних ділянках

використовують тональні РК які передають більший обсяг інформації, але теж є недостатньо завадостійкими. Тому є сенс збільшити завадостійкість РК, для того, щоб система точніше сприймала інформацію.

Отже враховуючи все перераховане вище можна додати, що жодне з рейкових кіл ні на станції, ні на перегоні не має підсистеми автоматичного або автоматизованого контролю і їх необхідно розробляти виходячи з аналізу першого розділу на станціях для фазочутливих двониткових рейкових кіл 25 Гц, а на перегонах для тональних рейкових кіл.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК РОЗОВСЮДЖЕННЯ СИГНАЛІВ В ТРАКТІ РЕЙКОВОГО КОЛА ТА РОЗРОБКА МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ

2.1 Засоби контролю та огляд існуючих рейкових кіл

Неможливо підвищити ефективність та безпеку транспортного процесу без оснащення залізниць сучасними та надійними засобами автоматизації залізниць (ЗАТ). Вони поділяються на станційні та перегінні. Системи контролю руху станцій включають електричну централізацію, засоби для автоматизації сортувальних гірок та диспетчерську централізацію

Дистильційні системи, ще відомі як системами інтервального регулювання рухом поїздів (ІРРП), належать до класу систем сигналізації, централізації та блокування (СЦБ). Традиційно системи ІРРП включали системи блокування колії (автоматичні та напівавтоматичні), системи саморегулювання сигналів, пристрої диспетчерського контролю та автоматичні пристрої огорожі переїздів . одним з головним завданням засобів ЗАТ являється процес регулювання рухом залізничного транспорту та забезпечення безпеки транспортного процесу.

У будь-якій системі контролю руху залізничного транспорту є датчик колії для контролю стану колії, свободи або зайнятості ділянки. Його технічна продуктивність, а також функції можуть бути несхожі в різних системах.

На українських залізницях РК є головним різновидом колійних датчиків, які виконують призначення колійних датчиків у перегонах та станціях, передаючи дискретну первинну інформацію про стан ділянок колії та виходу з ладу рейкових ниток. РК за устроєм живлення розподіляються на безперервне, імпульсне і кодове живлення.

У РК в яких використовується безперервне живлення, надійний контроль згону стиків здійснюється за рахунок чергування полярності джерел прилеглих РК.

Зазвичай для систем автоблокування (АБ) постійного струму застосовують імпульсне живлення, але в результаті низької надійності імпульсні РК постійного струму не можна використовувати на електрифікованих зонах .

На ділянках, що електризуються постійним струмом, використовуються РК змінного струму з частотою 50 Гц. Для того, щоб захистити РК від завад впливу тяги змінного струму застосовуються РК із струмом сигналу 75 Гц, але потім для збільшення захищеності РК перевели на частоту 25 Гц. РК з кодовим живлення використовують частоти 25 і 50 Гц і працюють в загальних системах кодового АБ.

Фазові РК з двоелементними приймачами з високою стійкістю до перешкод використовуються на приймально-відправочних станціях та стрілочних ділянках колії, де рівень завад найбільший. У випадку фазочутливих РК фазочутливе реле живиться завдяки параметричним дільникам частот за двофазною схемою, що може підвищити захист від перешкод в струмі тяги.

Проте застосування РК змінного струму 25 Гц і 50 Гц та фазочутливих РК має такі недоліки:

- наявність ІС, що негативно діє на безпечність системи та забезпечує надійність руху залізничного транспорту ;
- використання цінних і габаритні ДТ для проведення тягового струму в обхід ІС;
- ненадійна робота з низьким опором баласту;
- велика споживана потужність.

За результатами досліджень [7] про відмови автоматизації залізниць в Україні, 13% всіх відмов систем СЦБ припадають на РК з ІС. На підставі досліджень [8] на російських залізницях, де функціонування ТРК триває більше 16 років , наводиться аналіз відмов елементів РК з ізолюючими стиками (ІС) (на слайді 5). Згідно з дослідженнями 2005 року на залізницях Росії, загалом було зафіксовано 1966 відмов, що становить близько 20% усіх відмов господарства СЦБ.

Порівняльний розгляд роботи РК з ІС та ТРК на основі кількості відмов показує, що ТРК працюють втричі надійніше. Безпеку руху залізничного транспорту можна підвищити за рахунок виключення ІС, а здатність працювати при зменшеному опорі баласту до 0,04 Ом / км можливо за допомогою ТРК, що пропонує наступні переваги :

1. TRK на перегоні може функціонувати без найненадійнішого РК – ІС. При цьому:

- зникає необхідність установки дорогих металомістких ДТ.
- покращуються умови протікання струму, а також забезпечується електрична безперервність кола повернення тягового струму;
- Зменшуються витрати електроенергії на тягу залізничного транспорту.

2. Зниження дії гармонік тягового струму на використовуваний діапазон частот порівняно з нижчим, при якому і розташовується основна енергія гармонічного та імпульсного шуму, підвищує перешкодостійкість РК, а також зменшує використання потужності і габарити фільтра.

3. Покращення безпеки руху шляхом забезпечення захисної зони за "хвостом" залізничного транспорту.

4. Здатність віддаляти обладнання від рейкової лінії

5. Покращена надійність і довговічність за рахунок відмови від застосування контактних реле, які функціонують в імпульсному режимі.

6. Здатність працювати в районах з низьким баластним опором.

7. Здатність живлення двох сусідніх РК за допомогою одного спільного джерела.

Використання ТРК значно збільшує безпеку залізничного транспорту за допомогою вимкнення ІС. У той же час, споживання потужності зменшується в 5-10 разів порівняно з традиційно використовуваними РК. Через значні технічні, експлуатаційні та економічні переваги застосування ТРК є перспективною сферою у розвитку систем АБ.

2.2 Дослідження та аналіз чинників, що впливають на роботу рейкових кіл

Призначення колійного датчика виконує РК і від надійності їх спрацювання залежить робота систем АБ, АЛС, диспетчерської централізації і безпеки руху залізничного транспорту. Проте функціонування РК застосовується в умовах багатьох перешкод, що заважають і ускладнює здатність задовольняти електромагнітну сумісність (ЕМС) між РК і тяговою мережею (рис. 2.1).

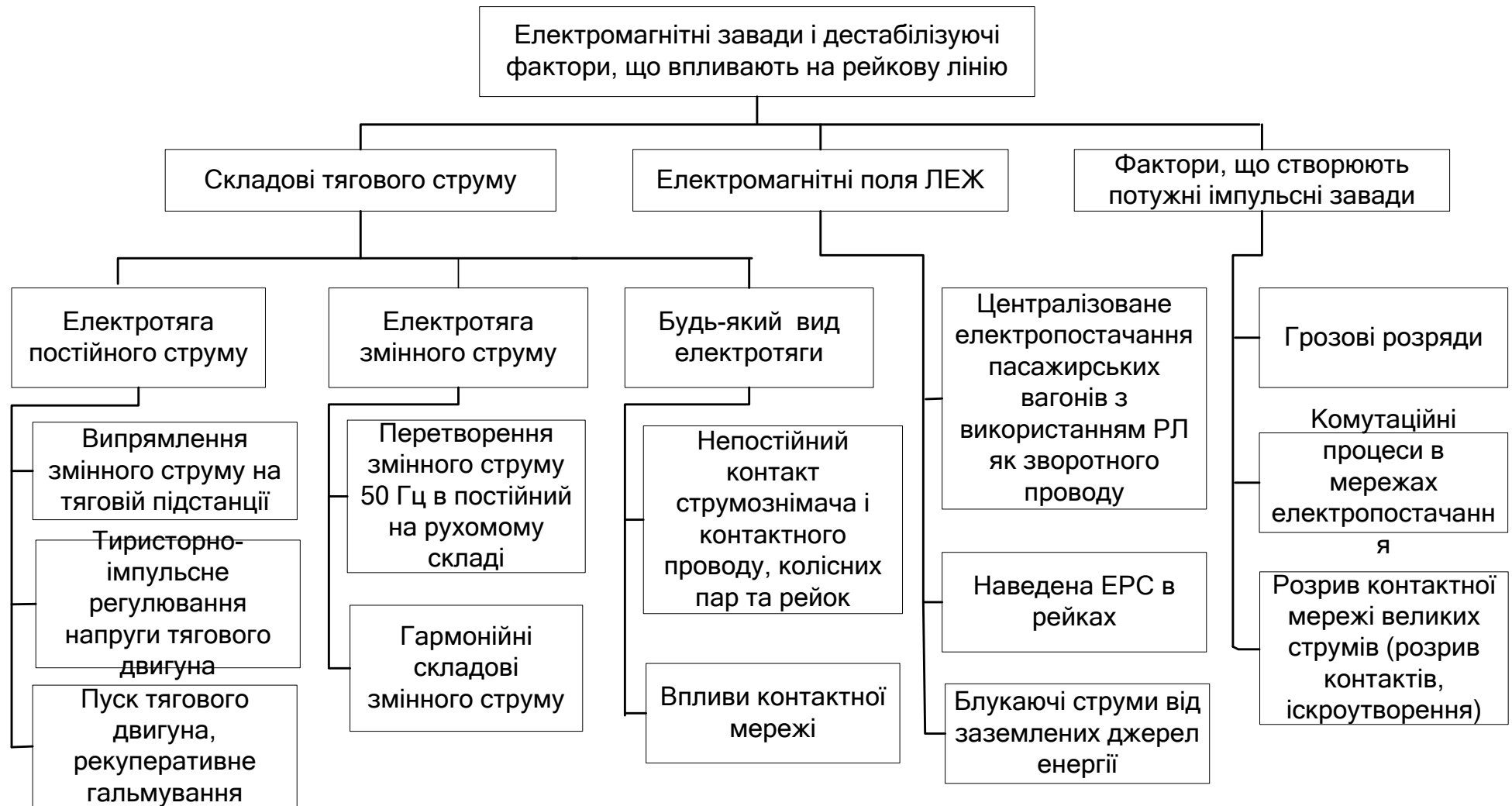


Рис. 2.1 Класифікація основних завад і дестабілізуючих факторів, що впливають на рейкову лінію

Це пов'язано з впливом асиметрії параметрів тягової мережі внаслідок не синусоїдальних змінних та пульсацій постійних напруг та струмів. Згідно [9] з статистикою до 10% помилок в РК викликані електромагнітними перешкодами. Іншими словами перешкода як електромагнітне явище-це процес, який зменшує або може зменшити якість роботи технічних пристроїв. Кондуктивні перешкоди - це електромагнітні перешкоди, які розповсюджуються через провідники.

Важливість проблеми ЕМС зростає внаслідок все більшого використання автономних джерел живлення поїздів (рефрижераторні поїзди), центрального живлення пасажирських поїздів з РЛ у якості зворотного проводу та використання тиристорно-імпульсного регулювання напруги на тяговому двигуні локомотивів.

Рівень впливу шуму на РК залежить від графіку роботи, розміру не симетричних рейкових ниток , системи постачання РК, властивостей фільтрів на релейному кінці, діапазону діючого значення шуму.

За типом дії електромагнітні впливи розділились на небезпечні та заважаючі. У випадку рейкових кіл,загрозливими являються рейки, що спричиняють неправильний контроль свободи та цілісності колій та неправильний контроль зайнятості та поломки колії, що може призвести до необґрунтованих затримок залізничного транспорту .

Головними лініями, що мають вплив на залізницю [10], є: абсолютно асиметрична щодо параметрів тягова мережа, що поставляє енергію завдяки несинусоїдальному змінному або пульсуючому постійному струму і напруги; лінії розподілу змінного струму для поздовжнього живлення АБ та не тягових користувачів із асиметричними несинусоїдальними струмами та напругами; лінії, що експлуатуються за системою " два дроти – рейка". Трифазні лінії електропередач, що використовуються для живлення тягових підстанцій, генерують електромагнітні ефекти завдяки асиметричним та несинусоїдальним струмам та напругам, разом з асиметричними поперечними параметрами. Лінії

постійного струму надвисокої напруги являються потужними випрямлячами та інверторами, які змушують гармоніки струму та напруги впливати на сусідні лінії в широкому діапазоні частот.

Порушення роботи тягової мережі можуть діяти на РК наступним способом:

- як тяговий струм, що проходить в РЛ,
- як струм, який індукується у РК через вплив змінних електричних і магнітних полів, що формуються в довколишньому просторі ліній тягової мережі та обумовлені наявністю в них змінного струму і напруги

Зайва дія тягових мереж та ліній електропередач на залізниці зумовлена присутністю кривих напруги та струму мереж гармонійних компонентів. На залізницях, що електрифіковані змінним струмом, викривлення форми кривої струму відбувається через вживання двох напівперіодних агрегатів на рухомому складі для трансформації однофазного змінного струму в постійний струм. Під час електрифікації постійним струмом, випрямлячі підстанцій являються головним джерелом деформацій кривих струму та напруги, які трансформують трифазний змінний струм у постійний. Окрім постійних складових, у тягову мережу потрапляє значна частка різних гармонік. Присутність значної частки факторів, що мають вплив на тяговий струм у РЛ, ускладнюють вивчення впливу тягової мережі на РК.

У разі несиметричності RL перешкоди внаслідок зворотного тягового струму, який протікає по рейках, проникають в обладнання приймально-передавальних кінців РК, створюючи можливість такої небезпечної поломки, як неправильне функціонування колійного реле. Несиметричність поділяється на два типи: поздовжня і поперечна. Її значення формулюється первинним параметром RL та технічним станом колії. У разі поздовжньої несиметричності передбачається перевищення опору однієї рейки відносно іншої. Головними мотивами виникнення поздовжньої несиметричності являються:

- кривизна опорів ниток колії ;

- Заміщення умов потоку електроенергії на РЛ шляхом заземлення на рейки балок контактної мережі, а також інших металевих побудов та проектів;
- Знос і псування властивостей сполучних та ізолюючих частин, що відносяться до комплексу РЛ, внаслідок постійної дії динамічних навантажень, змін температури та вологості.

Внаслідок з'єднання рейок з захисними пристроями змінюється їх провідність ізоляції, і в електрифікованих зонах виникають втрати струму в землю. Саме це і являється головним мотивом виникнення поперечної несиметричності, що призводить до переміни розподілу тягового струму вздовж рейкових ліній.

Поява поздовжньої та поперечної несиметричності призводить до неоднакового розподілення струмів завад вздовж рейкових ниток. На пристрої РК діють як змінні, так і постійні компоненти струму завад. Постійна складова являється причиною ефекту намагнічування та температурної дії на колійний трансформатор (КТ). Запровадження швидкісного пересування в районах з електричною тягою постійного струму збільшує рівень струму в тяговій мережі до 5 - 10 кА, що при збільшенні швидкості руху ставить нові потреби до системи СЦБ відносно безпеки руху.

Щоб визначити рівень дії системи тягового електроживлення на нормальну працю РК, потрібно провести спектральний аналіз оберненого тягового струму для визначення ступенів гармонік, що проникають в ділянку пропускання КП.

Перешкоди від тягових двигунів локомотивів з'являються під час перехідних процесів, які спричиняють стрибки в контактній мережі, псування та оновлення зв'язку поміж струмоприймачем та контактним проводом.

Імпульсні тиристорні перетворювачі застосовуються для контролювання напруги на тягових двигунах ЕРС . Робота таких перетворювачів збільшує ступінь та розвиває частотний діапазон перешкод від струму тяги завдяки виникненню гармонік комбінаційних частот .

Найбільшу небезпеку несуть за собою завади, які з'являються під час частотного і змішаного імпульсного регулювання тиристорів.

Через запровадження сучасних перспективних типів ЕРС з новітніми різновидами тягових перетворювачів, постало питання забезпечення завадостійкості РК. Зараз все більше набирає оберти напрямок заміщення на тяговому рухомому складі колекторного двигуна на асинхронний, при застосуванні як постійно, так і змінного струмів. Через те що тяга контролюється змінами частот струму, що використовує асинхронний двигун, це спонукає до значного збільшення спектру частот гармонік струму мережі електровоза.

Був здійснений дослід [11] в якому було визначено зворотній тяговий струм для електропоїзда з асинхронним тяговим приводом на ділянці з електротягою змінного та постійного струмів (табл. 2.1 і 2.2).

У діапазоні встановленого тягового струму наявні перешкоди з частотами, які наближаються до частот роботи РК 25, 480 і 580 Гц, до того ж ступінь перешкод у смузі частот ~ 25 Гц наближений до критичного значення, а у смузі частот ~ 480 Гц ступінь завад короткочасно перебував за допустимим значенням.

Таблиця 2.1

Струм завади у рейковій лінії при електротязі змінного струму

Частота, Гц	Діапазон частот, Гц	Максимально допустимий струм завади, А	Максимальний вимірний струм завади, А
25	21-29	1	1,41
420	408-432	0,35	0,37
480	468-492	0,35	0,40
580	568-592	0,35	0,55
720	708-732	0,35	0,12
780	768-792	0,35	0,52
4545	4508-4583	0,2	0,5
5000	4963-5038	0,2	0,15
5555	5518-5593	0,2	0,13

Таблиця 2.2

Струм завади у рейковій лінії при електротязі постійного струму

Частота, Гц	Діапазон частот, Гц	Максимально допустимий струм завади, А	Максимальний вимірний струм завади, А
25	21-29	1	0,39
50	46-54	1,3	0,1,
420	408-432	0,35	0,42
480	468-492	0,35	0,48
580	568-592	0,35	0,46
720	708-732	0,35	0,06
780	768-792	0,35	0,38
4545	4508-4583	0,2	0,12
5000	4963-5038	0,2	0,30
5555	5518-5593	0,2	0,13

За підсумками досліджень [12] було виявлено, що для одного локомотива з асинхронним двигуном у фідерній зоні струм гармонік 25 Гц містив менше 1А, а для декількох локомотивів - 1.073 А , що являється критичним для функціонування РК змінного струму з частотою 25 Гц. Крім цього, було встановлено, що під час зростання чисельності локомотивів у фідерній зоні до 5 помічалось перебільшення граничного ступеню перешкод для усіх частот тонального діапазону ТРК-3.

У ТРК є цілий список недоліків, що негативно впливають на їх завадостійкості. Особисто, при дрейфі початкової грані чутливості КП в результаті коливань напруги спадає ступінь його захисту від критичних відмов. Проте головною вадою ТРК являється низький ступінь завадостійкості під час збігу їх функціонуючих частот разом з частотами перешкод при широтно-імпульсному контролюванні струму у тягових двигунах електровоза. Саме тому питання збільшення завадостійкості ТРК залишається актуальним.

2.3 Засоби підвищення надійності роботи тональних рейкових кіл

ТРК здобули свою назву через те що в них застосовуються тональний спектр частот в районі 400-6000 Гц. Сигнальний струм, що керує положення

ТРК, представляє собою амплітудно- маніпульований сигнал через модуляцію сигналу тональної частоти сигналом низької частоти 8 або 12 Гц.

В залежності від сигнальних частот, які вживаються, і приладів можливо виділити чотири види ТРК: ТРК-1, ТРК-2, ТРК-3 і ТРК-4. ТРК-1, ТРК-2 і ТРК-3 застосовують сигнальні струми спектру низьких частот, які сформувались при модуляції п'яти несучих частот сигналами 8 або 12 Гц. Значення несучих частот в ТРК-1 та ТРК-2 дорівнюють 425, 475, 575, 725 і 775 Гц. Під час розробки ТРК-3 брались до уваги навички використання ТРК-1 та ТРК-2, за допомогою яких з метою захисту КП від перешкод тягового струму було використано несучі частоти 420, 480, 580, 720 та 780 Гц. Після розробки ТРК-3, прилади 1-го та 2-го покоління, які використовувались до цього, були модифіковані.

Розробка ТРК-4 була зроблена з ціллю отримання мінімальних ділянок додаткового шунтування і функціонування при малому опорі баласту. Заради цього в ньому застосовується сигнальний струм спектру високих частот, який утворюється за допомогою модуляції несучих частот сигналами 8 і 12 Гц. Несучі частоти ТРК-4 дорівнюють 4,5-5,5 кГц, а ділянка додаткового шунтування приблизно 15 м, саме для цього їх раціонально застосовувати в місцях встановлення прохідних світлофорів.

За підсумком дослідження методів збільшення завадостійкості РК, можливо підвести підсумки, що завадостійкість ТРК змінюється при розпізнаванні корисних сигналів і завад, і списку прийняття рішень.

Для того, щоб гарантувати безпеку руху залізничного транспорту значний вплив має усунення проблеми присутності перешкод у функціонуючому спектрі частот ТРК. Ця проблема може бути причиною ризикованої відмови через дію на вхід КП перешкод під час зайнятої залізничним транспортом контрольованої ділянки колії. Для прикладу, можна взяти винаходження РК тональної частоти з автоматичним керуванням ступеню сигналу (ТРКАР), який спроможний збільшити ступінь

синусоїдальної перешкоди на вході КП. Недостачею такого вирішення є те, що присутність синусоїдальних завад в приймальних приладах РК не вимикається.

Отримати збільшення завадостійкості безпеки функціонування ТРК можливо при використанні більшої чисельності інформаційних ознак сигналів, прикладом може слугувати частота, фаза або ж амплітуда та методи їх обробки. За допомогою цього можливо збільшити імовірність правильного знаходження корисного сигналу під час впливів перешкод і стає технічно здійсненним через запровадження мікроелектронної елементної бази та вдосконалення технічних і програмних засобів.

Самим ключовим елементом ТРК, що забезпечує контроль положення РЛ і керує колійним реле, являється КП. Застосування способів цифрового опрацювання сигналів у приймачах ТРК може полегшити технологію їх використання, покращити алгоритм опрацювання сигналів і аналізувати на перед функції діагностики.

Застосовуючи цифрові фільтри замість аналогічних їм LC-фільтрів можливо збільшити селективність и завадостійкість КП за допомогою підвищення їх порядку.

Було переглянуто [13] різні варіанти захисту ТРК від імпульсних перешкод, наприклад як застосування амплітудних утримувачів, компенсація завад, використання схеми "широкосмуговий фільтр - обмежувач - вузькосмуговий фільтр". Самим часто застосовуваним для зниження імпульсних перешкод використовують амплітудний обмежувач. Проте адитивна суміш гармонійних частин тягового струму і сигналів суміжних РК можуть призводити до виникнення на вході комбінаційних частот, що здатні проникнути в смугу пропускання фільтра КП і бути підставою помилки в функціонуванні РК.

Механізм функціонування системи зниження завад "широкосмуговий фільтр - обмежувач - вузькосмуговий фільтр" заключається в наступному:

- Через дію імпульсної завади на виході широкосмугового фільтру утворюються вільні затухаючі коливання з резонансною частотою фільтру;
- Ступінь значень коливань понижується з використання амплітудного обмежувача;
- знижується ймовірність утворення комбінаційних частот, які надходять в смугу пропускання КП, на вході обмежувача утворюється широкосмуговим фільтром за допомогою початкового зниження зосереджених в діапазоні перешкод;
- Наступне по давлення завад забезпечується вузькосмуговим фільтром.

До вже створених КП ТРК належать вузькосмугові фільтри, налаштовані на діапазон сигналу контролю РЛ, та двосторонні амплітудні детектори, з цього випливає, що здійснити схему "широкосмуговий фільтр - обмежувач - вузькосмуговий фільтр" можливо, додавши до КП широкосмуговий фільтр. Наслідки імітаційного моделювання демонструють, що використання даної схеми допускає збільшити відношення сигнал/завада в 4.1 рази в співставленні із простим вузькосмуговим фільтром.

Було запроваджено [14] використання у якості вузькосмугового фільтру КП ТРК корелятор, який здатний визначати взаємкореляційні функції прийнятих коливань і опорних сигналів. При цьому смуга пропускання широкосмугового фільтру була майже прямо пропорційною до співвідношення сигнал/завада. При спектрі пропускання 100 Гц схема з використанням корелятора спроможна збільшити відношення сигнал/імпульсна перешкода у 5.9 разів у зрівнянні із вузькосмуговим фільтром.

Висновок про стан ділянки рейкової лінії, що під контролем, колійний приймач отримує в результаті зрівнянь амплітуди сигналу контролю РЛ з

граничним значенням. Проте коливання показників опору баласту діють на амплітуду сигналу керуванню РЛ.

Існуючий метод, в якому для зниження дії флуктуацій опору баласту запропоновується застосування двох різночастотних сигналів контролю РЛ і висновок про положення контрольованої ділянки РЛ приймати за підставою різниць амплітуд цих сигналів.

Для того щоб збільшити стійкість РК в мікропроцесорних системах автоблокування АБ-ЧКЕ проводять аналіз стрибкоподібних змін амплітуд замість їх значень на вході колійних приймачів. Завдяки способу кумулятивних сум можна визначити вирішальну статистику, що зрівнюється з максимально допустимим значенням.

Здійснений аналіз демонструє, що дійсні способи збільшення завадостійкості не дозволяють використати факт дії завад на приймальні прилади ТРК і потребують подальшого вдосконалення. Тому в дипломній роботі поставлена мета розробки нових методів збільшення надійності, які здатні зменшити час впливу завад на колійний приймач ТРК.

Знаходження способів збільшення рейкових кіл неможливе без інформації про різновиди та чисельні характеристики перешкод, які мають вплив на них. Показники більшості перешкод мають ймовірносний характер, для налаштування їх аналізу створюються імітаційні, математичні моделі а також інше програмне забезпечення. Вони також спроможні налаштувати регулювання основних параметрів рейкових кіл з ціллю передбачання їх некоректного функціонування. Збільшити завадостійкість рейкового кола можливо за допомогою підвищення чесельності інформаційних ознак сигналу регулювання рейкової лінії або за допомогою покращення способів його обробки.

2.4 Властивості поширення сигналів у ТРК

Для збільшення надійності ТРК з застосуванням НМ потрібно добути вихідні дані, що будуть застосовуватися для їх навчання. Ця інформація

утворюється на підставі обчислень характеристик розповсюдження сигналів в ТРК. Для обробки характеристик розповсюдження сигналів ТРК потрібно мати формальну характеристику об'єкта, на якому проводять дослід та ознаки і особливості його поведінки в зіпсованому та незіпсованому стані.

Прилади РК умовно розподіляють на прилади передавального кінця, прилади приймального кінця і рейкову лінію. Під час проектування за основу було взято загальну схему заміщення ТРК. (рис. 2.2). [15].

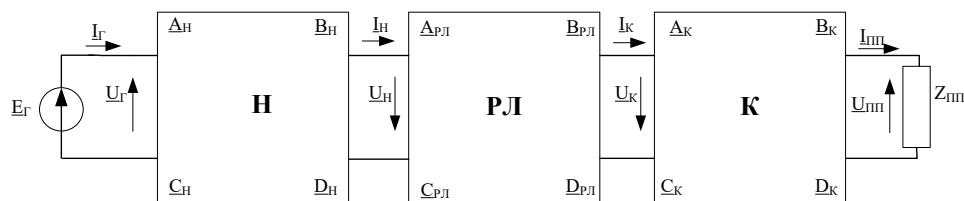


Рис. 2.2 Загальна схема заміщення рейкового кола

На рис. 2.2 показані основні структурні частини схеми у вигляді чотириполіусників: РЛ – чотириполіусник, що презентує рейкову лінію, Н – кінцеве обладнання електроживлення, К – кінцеве приймальне обладнання, $\underline{E}_Г$ – генератор колії (КГ), який генерує струм сигналу, $\underline{Z}_{пп}$ – комплексний опір, еквівалентний опору КП. На схемі (рис.2.2) двухпровідна РЛ показана у вигляді пасивного симетричного чотириполіусника з розподіленими параметрами. Параметри чотириполіусників Н і К є постійні незалежно від режимів роботи рейкового кола, а параметри РЛ обчислюються окремо для кожного режиму роботи. Кожен з чотириполіусників має властивості за допомогою комплексних параметрів $A_{РК}$, $B_{РК}$, $C_{РК}$ і $D_{РК}$. Вони є коефіцієнтами рівнянь, що зв'язують входні і вихідні напруги і струми: [16]

$$\begin{vmatrix} \underline{U}_Г \\ \underline{I}_Г \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} A_{РК} & B_{РК} \\ C_{РК} & D_{РК} \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \underline{U}_{пп} \\ \underline{I}_{пп} \end{vmatrix}, \quad (2.1)$$

де $\underline{I}_Г$, $\underline{U}_Г$ – струм і напруга на вході РК,

\underline{I}_{III} и \underline{U}_{III} – вихідний струм і напруга на виході РК,

$\underline{A}_{PK}, \underline{B}_{PK}, \underline{C}_{PK}, \underline{D}_{PK}$ – коефіцієнти узагальненого чотириполюсника РК.

Загальна матриця коефіцієнтів узагальненого чотириполюсника РК визначається на основі параметрів чотириполюсників, які містяться в ньому:

$$\begin{vmatrix} \underline{A}_{PK} & \underline{B}_{PK} \\ \underline{C}_{PK} & \underline{D}_{PK} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \underline{A}_H & \underline{B}_H \\ \underline{C}_H & \underline{D}_H \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \underline{A}_{PL} & \underline{B}_{PL} \\ \underline{C}_{PL} & \underline{D}_{PL} \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \underline{A}_K & \underline{B}_K \\ \underline{C}_K & \underline{D}_K \end{vmatrix} \quad (2.2)$$

де $\underline{A}_H, \underline{B}_H, \underline{C}_H, \underline{D}_H$ – коефіцієнти чотириполюсника живлячого кінця РК;

$\underline{A}_{PL}, \underline{B}_{PL}, \underline{C}_{PL}, \underline{D}_{PL}$ – коефіцієнти чотириполюсника РЛ;

$\underline{A}_K, \underline{B}_K, \underline{C}_K, \underline{D}_K$ – коефіцієнти чотириполюсника релейного кінця РК.

Вирази для знаходження А-параметрів РЛ в нормальному режимі мають вигляд [15]:

$$\begin{cases} A_{PLH} = ch(\gamma \cdot l), \\ B_{PLH} = Z_B sh(\gamma \cdot l), \\ C_{PLH} = \frac{sh(\gamma \cdot l)}{Z_B}, \\ D_{PLH} = A = ch(\gamma \cdot l), \end{cases} \quad (2.3)$$

де $\gamma = \sqrt{(R_0 + j\omega L_0)(G_0 + j\omega C_0)}$ – постійна розповсюдження;

$Z_B = \sqrt{\frac{(R_0 + j\omega L_0)}{(G_0 + j\omega C_0)}}$ – хвильовий опір РЛ;

l – довжина РЛ,

R_0, L_0, C_0, G_0 – первинні параметри РЛ: активний опір, індуктивність, ємність і провідність ізоляції елементарної ділянки рейкової лінії відповідно.

У програмному забезпеченні Mathcad складена програма розрахунку параметрів РЛ за допомогою якої отримані графіки залежності хвильового опору (рис.2.3) і постійної розповсюдження (рис.2.4) з частотами несучого сигналу, що використовуються в ТРК-3, від значення опору РЛ.

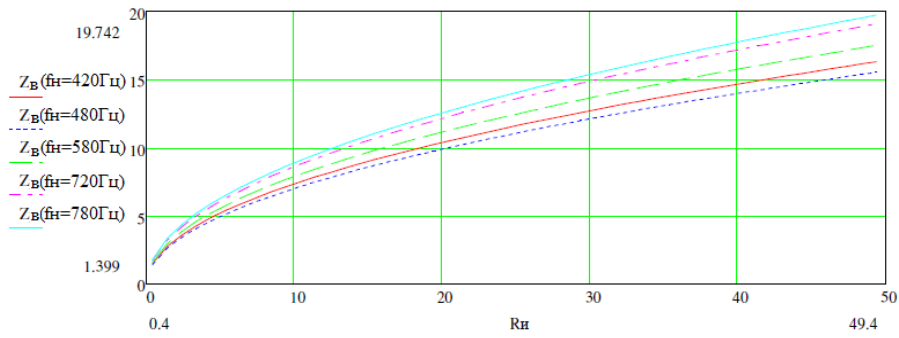


Рис. 2.3 Залежність хвильового опору РЛ з різними частотами несучого сигналу від опору ізоляції

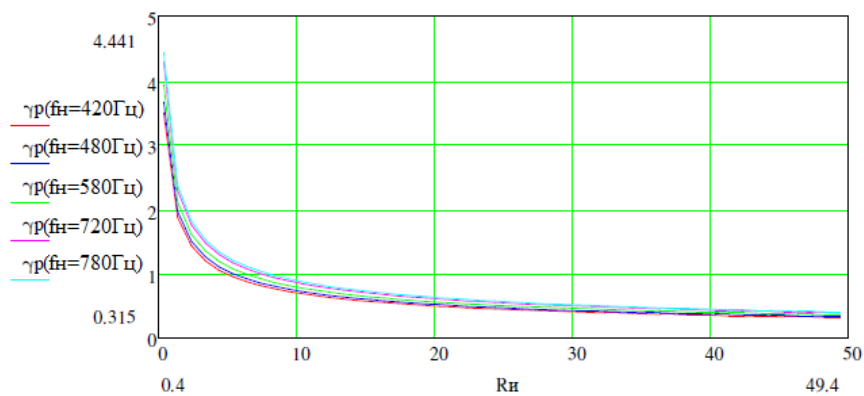


Рис. 2.4 Залежність постійної розповсюдження РЛ з різними частотами несучого сигналу від опору ізоляції

Для узагальненого чотириполюсника РК в нормальному режимі рівняння (2.1) мають вигляд: [17]

$$\underline{E}_1 = A_{PЦн} \underline{U}_2 + B_{PЦн} \underline{I}_2, \quad (2.4)$$

$$\underline{I}_1 = C_{PЦн} \underline{U}_2 + D_{PЦн} \underline{I}_2, \quad (2.5)$$

де $\underline{E}_1 = \underline{U}_1$ – напруга генератора дорівнює напрузі на вході чотириполюсника РК;

\underline{I}_1 – струм на вході чотириполюсника Н;

\underline{U}_2 і \underline{I}_2 – напруга і струм на виході К (на вході КП).

Шунтовий режим роботи РК відзначається нанесенням будь-якої координати шунта на РЛ. Для виконання шунтового режиму необхідно, щоб

при максимальній напрузі генератора та за найкращих умовах передачі сигналу в РЛ напруга на вході КП не збільшувала допустимі значення напруги його надійного виходу з ладу. . Ці умови розглядаються як мінімальний опір РЛ та максимальний опір ізоляції. З цієї причини для розрахунку РК в шунтовому режимі використовується схема заміщення, яка не враховує опору ізоляції РЛ (рис. 2.5) [18]. На ній ℓ – довжина РЛ; $R_{\text{ш}}$ – опір поїзного шунта; x – відстань від місця накладення шунта до приймального кінця РЛ.

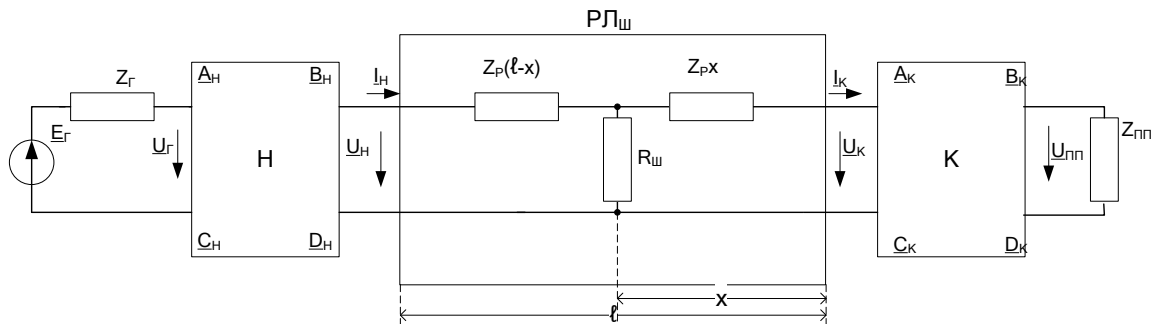


Рис. 2.5 Схема заміщення РК в шунтового режимі

Коефіцієнти РЛ у шунтовому режимі визначаються з використанням виразів виразів [16, 17]:

$$A_{\text{ш}} = 1 + \frac{Z_P(\ell - x)}{R_{\text{шн}}}, \quad (2.6)$$

$$B_{\text{ш}} = Z_P\ell + \frac{Z_Px \cdot Z_P(\ell - x)}{R_{\text{шн}}}, \quad (2.7)$$

$$C_{\text{ш}} = \frac{1}{R_{\text{шн}}}, \quad (2.8)$$

$$D_{\text{ш}} = 1 + \frac{Z_Px}{R_{\text{шн}}}, \quad (2.9)$$

де Z_P – повний кілометричний опір рейкової петлі.

Вирази (2.1) у режимі шунтування РК мають вигляд [17]:

$$\underline{E}_1 = A_{PЦш} \underline{U}_2 + B_{PЦш} \underline{I}_2, \quad (2.10)$$

$$\underline{I}_1 = C_{PЦш} \underline{U}_2 + D_{PЦш} \underline{I}_2. \quad (2.11)$$

2.5 Дослідження роботи ТРК при впливі гармонік тягового струму

За статистичними властивостями та структурою завади можна поділити на флуктуаційні, імпульсні та гармонічні. Одним з головних чинників гармонійних впливів є вплив тягової мережі на роботу ТРК. Сюди входять ефекти сигналів АЛС і сусідніх РК.

Питання в гарантуванні безпечної роботи РК під впливом тягових завад струму актуальна у зв'язку із запровадженням швидкісного руху, оновлених типів локомотивів з асинхронними тяговими двигунами і т.д. На електрифікованих залізничних ділянках надійне функціонування РК дуже ускладнена впливом гармонічних складових тягового струму. Ступінь цього ефекту підлеглі від величини та характеру тягового струму, його гармонічного складу, довжини РК, властивостей верхньої конструкції колії, кількості та параметрів заземлюючих пристроїв підключених до рейок, що визначає сутність асиметрії тягового струму.

У разі тяги змінного струму основні завади викликані струм основної гармоніки з частотою 50 Гц. Робота випрямлячів локомотива спотворює форму кривої струму, що спричиняє до появи гармонійних компонентів вищого порядку.

2.6 Функціонування ТРК при імпульсних та флуктуаційних впливах

Одними з основних причин виникнення сильних імпульсних завад є електричні розряди блискавки, аварійні та комутаційні процеси в системах електропостачання. Розглядаючи, що кожен удар блискавки, який припускається на лінію електроживлення, спричиняє до втручання захисних пристроїв та автоматичної роботи резерву, до якого додається комутаційні

перемикання імпульсних процесів. Наступною проблемою імпульсних завад, характерних для РК, є коротке замикання контактної лінії на коліях через працездатні розрядники або зламані ізолятори.

Імпульсні завади - це поодинокі імпульси, періодичні або випадкові послідовності імпульсів. Вигляд одиничного імпульсу та періодична послідовність імпульсів, яка формується генератором імпульсів (Pulse Generator) у додатку Simulink, показані на рис. 2.6.

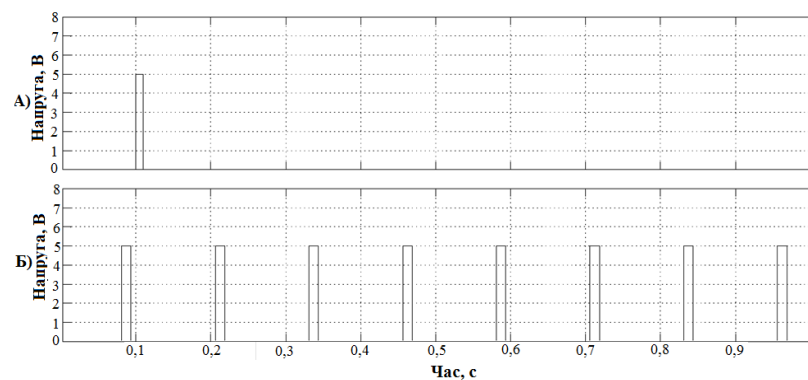


Рис. 2.6 Приклад одиничного імпульсу (а) і періодичної послідовності імпульсів (б)

Вираз для короткого циклу імпульсів має вигляд [19]:

$$U_{\text{ип}} = \sum_{i=1}^m A_i \cdot h_i(t - \tau_i), \quad (2.12)$$

де m – кількість імпульсів,

A_i – випадкова амплітуда імпульсів,

h_i – огибаюча імпульсів,

τ_i – випадковий момент появи імпульсів.

Огибаюча імпульсної завади може бути виражена в більшості випадків [19]:

$$h(t - \tau_i) = \begin{cases} 1, & \tau_i \leq t \leq \tau_i + t_{ui}, \\ 0, & t < \tau_i, t > \tau_i + t_{ui}. \end{cases} \quad (2.13)$$

де t_{ui} – випадкові тривалості імпульсів.

Одинична імпульсна завада може бути описана [19]:

$$U_n(t) = \begin{cases} A, & \tau \leq t \leq \tau + t_u \\ 0, & t < \tau, t > \tau + t_u, \end{cases} \quad (3.10)$$

де A – амплітуда імпульсу;

τ – час його появи;

t_u – його тривалість.

В системі [13] зарекомендована модель послідовності випадкових імпульсів, яка була прийнята в результаті реєстрації завад на залізниці. Амплітуда імпульсу становить від -47 до 51 В. Математичне очікування для ширини імпульсу становило 3,52 мс, дисперсія – 17,01 мс², середньоквадратичне відхилення – 4,12 мс. Математичне сподівання для міжімпульсних інтервалів становило 171,7 мс, дисперсія – 0,2034 с² і середньоквадратичне відхилення – 0,451 с. Також було виявлено, що тривалість інтерференційних імпульсів для завад потрібно описувати законом експоненціального розподілу [13]:

$$\omega_{\text{имп}}(n) = \lambda e^{-\lambda n}, \quad (2.14)$$

де $\lambda = 284,057$, а тривалість межімпульсних інтервалів за критерієм максимальної правдоподібності відповідають закону гамма-розподілу [13]:

$$w_{\text{инт}}(n) = \frac{b^a}{\Gamma(a)} n^{a-1} e^{-bn}, \quad (2.15)$$

де $\Gamma(x) = \int_0^{\infty} z^{x-1} e^{-z} dz$ – гамма-функція з параметрами $a=0,0109$ и $b=1,216$.

Приклад реалізації такої послідовності випадкових імпульсів показаний на рис. 2.7. [20, 19]

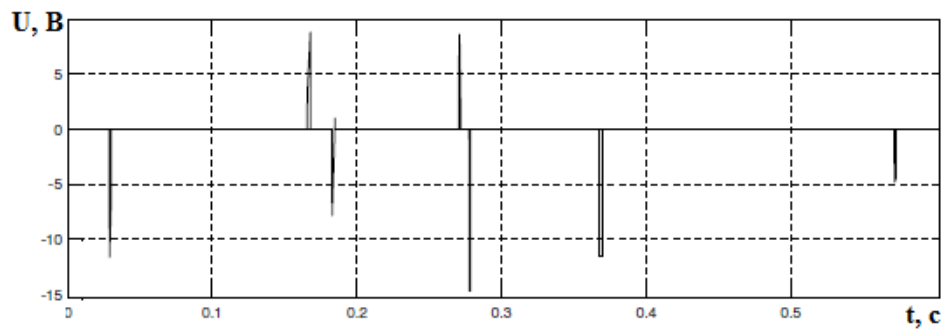


Рис. 2.7 Приклад реалізації випадкової послідовності імпульсних завад

Оскільки метою дослідження є визначення потужності імпульсної завади з метою спрощення моделювання на основі відомих даних про математичне очікування тривалості імпульсу та міжімпульсного інтервалу [13], буде представлено періодична послідовність з періодом

$$T = M_{\text{імп}}(X) + M_{\text{інт}}(X), \quad (2.16)$$

$$T = (3.52 + 171.7) \cdot 10^{-3} = 175.22 \cdot 10^{-3} \text{ с.}$$

Відомо, що амплітуда імпульсів завади розподіляється відповідно до гістограми (рис. 2.8). [21]

На основі цього визначаються початкове U_1 та кінцеві значення U_2 інтервалів та відповідні відносні частоти. Також є наведені найчастіші інтервали, тому їх загальна відносна частота становить 0,9575, а не 1.

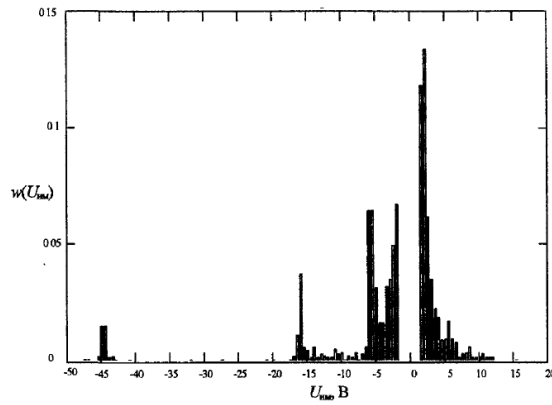


Рис. 2.8 Гістограма розподілу амплітуд імпульсів завади [21]

В ході визначення сили сигналу важливим є абсолютне значення амплітуди, а не полярність. Тому ми визначаємо математичне очікування модулів амплітуд.

$$M(U) = \sum_{i=1}^n |U_{cp}| \cdot n_i ; \quad (2.17)$$

$$M(U) = 4.62 \text{ В};$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (U_{cp} - M(U))^2}{N}} ; \quad (2.18)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1589.63}{47}} = 5.8157 .$$

Флуктуаційні завади можна описати як безперервний процес у часі, що формується з багатьох імпульсів із випадковою амплітудою. Особливістю цього типу завад є накладення великої кількості одиничних перехідних викидів при практичній відсутності викидів, які перевищували б базовий рівень більш ніж у 3-4 рази.

При появі флуктуаційних завад РК з'явилися її власні шуми, які викликані флуктуацією параметрів її елементів, а також іншими шумами в навколишньому просторі.

Для того, щоб дослідити вплив флуктуаційних завад на РК, було проведено моделювання, в якому завада є білий гаусовський шум із заданими

значеннями шумових властивостей: математичним очікуванням нуля та одиницею дисперсії [13] (рис 2.9).

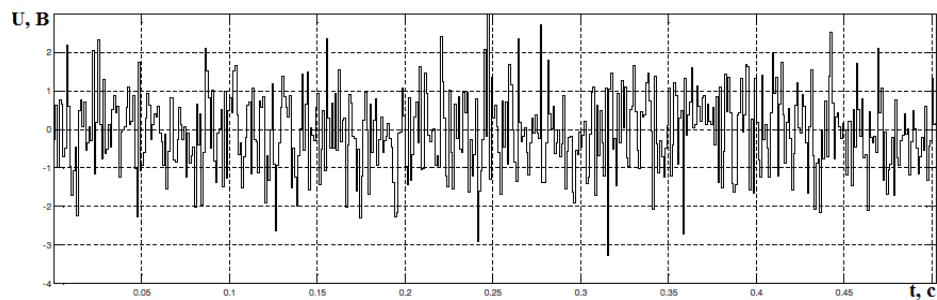


Рис. 2.9 Приклад флуктуаційної завади з одиничною дисперсією і нульовим математичним очікуванням на вході приймача

Щоб визначити відношення сигнал/завада, визначимо потужність імпульсу та флуктуаційної завади протягом інтервалу часу 1 с, використовуючи додаток Simulink (рис.2.10).

Відношення сигнал/завада у децибелах під впливом імпульсної та флуктуаційної завад за умови корисного рівня сигналу 1,25 В.

$$SNR_{db_{имп}} = 10 \lg \left(\frac{0.3906}{0.3012} \right) = 1,13 \text{ дБ}, \quad (2.19)$$

$$SNR_{db_{флукт}} = 10 \lg \left(\frac{0.3906}{0.0624} \right) = 7,97 \text{ дБ}. \quad (2.20)$$

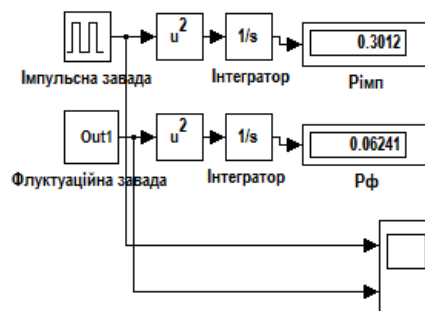


Рис. 2.10 Визначення потужності завад з використанням додатка Simulink

Запропонований підхід до втілення флуктуаційних та імпульсних завад може бути використаний для генерації та дослідження сигналів завад з іншими характеристиками параметрів.

2.7 Висновки за розділом 2

При дослідженні методів підвищення надійності рейкових кіл, було з'ясовано що вирішити цю задачу неможливо без наявності інформації про тип та кількісні характеристики завад, що впливають на них. Властивості імовірнісного характеру містяться в більшості завад, для цього розробляють математичні та інші програмні забезпечення для оптимізації їх аналізу. Це і дає можливість уникнути несправностей, тобто характеристики дають можливість автоматизувати управління ключових параметрів рейкових кіл. Захист та надійність рейкового кола може бути підвищена за рахунок збільшення кількості інформативних ознак управління сигналу рейкової лінії або вдосконалення методів обробки, але це потребує значної зміни конструкції рейкового кола. В роботі пропонується без зміни апаратури рейкових кіл організувати постійний контроль та діагностування їх стану, тим самим підвищити надійність їх роботи в цілому.

3 РОЗРОБКА ПІДСИСТЕМ КОНТРОЛЮ РЕЙКОВИХ КІЛ В АВТОМАТИЧНОМУ РЕЖИМІ

3.1. Призначення і особливості роботи фазочутливого РК

Враховуючи всю інформацію було встановлено що на станціях частіше застосовуються розгалужені фазочутливі рейкові кола які призначені для електричного контролю вільності колійних ділянок від рухомого складу. Ця характеристика обумовлена використанням зокрема фазочутливого колійного приймача. Тому збільшення контролю функціональної надійності, цілісності та працездатності рейкового кола стоїть на першому місці, для того щоб збільшити надійність роботи РК на стації треба збільшити контроль стану фазочутливого колійного приймача.

Фазочутливі рейкові кола є одними із найпоширеніших типів РК. Використовується для всіх видів тяги. Вони зазвичай використовуються як рейкові кола на станції, оскільки їх ефективність трохи нижче кодової, а максимальна довжина - від 1000 до 1500 м. Одною з ознак роботи фазочутливих РК є те, що при надходженні до шляхового приймача вони мають чутливість до зміни фази напруги. При цьому їх обслуговування вимагає керування рейкових ланцюгів не тільки за амплітудою напруги, але і за фазою. Більше того фазочутливі рейкові ланцюги мають простоту регулювання короткого замикання ізолюючих стиків.

При електротязі змінного струму використовуються двониткові фазочутливі РК - змінного струму 25 Гц або із двома дросель-трансформаторними та фазочутливим колійним реле ДСШ-16 (ДСШ-13).

Рейкові кола мають можливість додатково використовувати апаратуру для кодування як релейного так і живильного кінця. Рейкове коло живиться двома перетворювачами частоти ПП та ПМ типу ПЧ-50/25. На кінцях реле та джерела живлення розміщені дросель – трансформатори з коефіцієнтом перетворення $n = 3$, а на релейному кінці РК розміщено ІТ-ізолюючий трансформатор типу ПРТ-АУЗ, з коефіцієнтом перетворення $n = 18,3$. За

рахунок цих коефіцієнтів трансформації виконується узгодження великого вхідного опору системи електроживлення та релейного кінців з низьким опором рейкової лінії на вході.

Для захисту рейкових кіл застосовується автоматичний вимикач багаторазової дії (АВМ-2) при перенавантаженні або короткому замиканні струмів. Ці вимикачі спрацьовують на живильному кінці проходячи вздовж внутрішнього опору джерела живлення або через захисний блок ЗБ-ДСШ та не переривають систему роботи рейкового кола. Пристрій АВМ-2 може вимикати апаратуру живлення рейкового кола та релейний кінець, якщо внаслідок асиметрії тягового струму буде перевищувати допустимі значення (15 А - для ДТ-1-150). Блок захисту ЗБ-ДСШ - це послідовна схема коливань, яка налагоджена на резонанс напруг при частоті тягового струму 50 Гц та мінімальний опір 24 Ом

3.1.1 Структурна схема системи діагностики та контролю пристроїв автоматики

Структурна схема підсистеми представлена на (слайді 10) графічній частини проекту.

На посту ЕЦ в кабінеті старшого електромеханіка встановлюється ЕОМ з пристроєм відображення інформації і друкуючим пристроєм, яка виконує головну роль у даній системі. Також по лінійному колу вона зв'язана з комп'ютером змінного інженера дистанції сигналізації і зв'язку для оперативної передачі інформації. ЕОМ зв'язана шиною даних з мікроконтролером, який виконує контроль та діагностування колійних реле. Мікроконтролер знаходиться у релейному приміщенні і зв'язаний з контрольованими об'єктами безпосередньо.

Мікроконтролер зв'язаний з пристроєм фіксації аналогових сигналів, який представляє собою реєстр – замикач. Який в свою чергу зв'язаний з аналогово – цифровим перетворювачем, на якому оцифровується аналоговий

сигнал, котрий знімається з виходу мультиплексора. Вибір активного входу котрого також реалізується мікроконтролером.

В якості мультиплексора можна використовувати будь – який інший пристрій, який виконував би функцію комутації багатьох вхідних сигналів на один вихідний. Наприклад, кроковий шукач, компаратор і т.д.

На кожному колійному реле послідовно вимірюється напруга і інформація передається на вхід відповідного мультиплексора. Далі показання через гальванічну розв'язку потрапляють у блок узгодження рівнів. Звідти інформація потрапляє на мультиплексор, на АЦП аналоговий сигнал перетворюється на цифровий, потрапляє у регістр – замикач і далі на мікроконтролер, який виконує функції збору та первинної обробки інформації, після чого вона передається на ЕОМ.

3.1.2. Алгоритм діагностування колійних реле

Алгоритм діагностування реле наведено на слайді 11 графічної частини проекту. Послідовно перевіряється кожне коло на станції. Якщо секція вільна, то виконується вимірювання напруги на колійному реле даного кола. Якщо секція зайнята, то підсистема автоматично перевіряє наступне коло. Нормалі напруги на обмотці реле ДСШ: мінімальна - 14В при мокрому баласті і довжині рейкового кола від 250 метрів; максимальна – 21В мерзлий баласт і довжина кола до 1500 метрів.

У випадку, коли напруга на колійному реле перевищує максимальну нормаль це показання передається на ЕОМ, яка встановлена на посту ЕЦ. Комп'ютер видає інформацію на пристрій відображення і на друкуючий пристрій, а також по лінійному колу показання поступають змінному інженеру дистанції сигналізації і зв'язку. Підсистема автоматично переходить до тестування наступного рейкового кола.

Якщо напруга на колійному реле не перевищує максимальну нормаль, то підсистема перевіряє чи не менше вона мінімальної нормалі. Коли ця умова виконується, показання передаються на ЕОМ, встановлену на посту

ЕЦ. Комп'ютер видає інформацію на пристрій відображення і на друкуючий пристрій, а також по лінійному колу показання поступають змінному інженеру дистанції сигналізації та зв'язку. Підсистема автоматично переходить до тестування наступного рейкового кола.

У випадку, коли напруга на реле знаходиться у нормованих межах, інформація передається на ЕОМ, встановлену на посту ЕЦ, зберігається у пам'яті комп'ютера, а також проводиться порівняння отриманих показань з попередніми для діагностики реле. Якщо напруга наближається до максимальної або до мінімальної нормалі на моніторі видається попередження про необхідність регулювання напруги на реле. Таким чином підсистема перевіряє кожне колійне реле.

3.1.3. Схемна реалізація блоків підсистеми діагностування колійних реле

Блок перетворювача являє собою звичайний дільник напруги для одержання необхідного рівня сигналу, де паралельно резистору, який включений в лінію Л1 або Л2, підключаються два резистора послідовно з одного з яких знімається необхідний сигнал. Величина резисторів вибирається у відповідності з величиною струму в Л1 і Л2, яка в свою чергу залежить від ординати розміщення стрілки та типу двигуна в ній.

Блок гальванічної розв'язки представляє з себе звичайну оптопару типу АОД109А. Багатоканальний оптоелектронний прилад, який складається з трьох окремих оптопар, у металокерамічному корпусі. Кожна оптопара створена випромінювальним діодом на основі арсенід-галій-алюмінія та кремнієвим фотодіодом. Призначена для використання в радіоелектронній апаратурі керування і пристроїв автоматики для гальванічної розв'язки електричних ланцюгів.

Електричні параметри:

- коефіцієнт передачі струму при вхідному струмі 10 мА-1,2%;
- вхідна напруга при $I_{вх}=10$ мА не більш ніж- 1,5 В;

- зворотній струм фотодіода при $I_{\text{вх}}=0$ не більш ніж 2 мкА;
- кількість каналів в оптопарі -3;
- час зростання і спаду вихідного імпульсу струму не більш ніж 0,5 мкс;
- опір ізоляції між входом і виходом не більш ніж 10 Ом.

Ця гальванічна розв'язка використовується в якості датчика реєстрації переводу стрілки підключеного до ланцюгів керування стрілочними переводами. Також являється блоком узгодження рівнів сигналів. Блоки гальванічної розв'язки котрі підключені до стрілочних резисторів виконуються на основі інших приладів. Так як вхідний опір ланцюга дільник напруги, мультиплексор, АЦП на декілька порядків більший ніж опір двигуна, гальванічна розв'язка в цьому місці не потрібна.

За мультиплексор ми беремо мікросхему K155КП1. Мультиплексори - цифрові багатопозиційні перемикачі, по-іншому, комутатори. У мультиплексора може бути, наприклад, 16 входів та один вихід. Це позначає, що якщо до цих 16 входів приєднати 16 джерел цифрових сигналів - генераторів послідовних цифрових слів, то байти від будь — якого з генераторів можна передавати в єдиний вихідний провід. Для цього потрібний нам вхід потрібно, подав на чотири входи селекції (тобто вибір номеру каналу; нагадаємо: $2^4 = 16$) двійковий код адреси. Так, для передачі на вихід даних від каналу номер 9 слід встановити код адреси 1001. Мультиплексори здатні вибирати, селекувати певний канал. Тому їх інколи називають селекторами. Використовуються і двійні назви: селектори - мультиплексори.

Мікросхеми K155КШ - 16 - вхідний цифровий мультиплексор. Він дозволяє за допомогою чотирьох адресних входів вибору 80 - 83 передати данні, що надходять на один з входів П - 116 в вихідний провід У. По - іншому, цей мультиплексор - це 16 - позиційний перемикач, що містить в собі інвертори на виході. Якщо на вхід дозволу Е надано напруга високого

рівня, на виході У також з'являється високий рівень незалежно від адреси S0 - S3 та даних на входах I1 - I16. Що споживається мікросхемою струм не перевищує 68 мА, час затримки розповсюдження сигналу від входів вибору 8 до виходу У складає 35 нс.

Аналогово - цифровий перетворювач беремо схему К572ПВ1 [22]. Напівпровідна БІС 12 - розрядного малопотужного АЦП К572ПВ1 є універсальним багатофункційним вузлом для пристроїв аналогового вводу - виводу мікропроцесорних систем низького та середнього швидкодії. Сумісно з зовнішнім операційним підсилювачем або генератором тактових імпульсів мікросхема виконує функції АЦП послідовних приближень з виводом паралельного двійкового коду через вихідні каскади з трьома станами. Конструктивно БІС виконана в 48 - вивідному плоскому металевокерамичному корпусі.

В послідовно — паралельних АЦП використовуються сполучення методів послідовного та паралельного перетворення. В простішому випадку два та більш паралельних АЦП працюють послідовно в часі. Перший АЦП відпрацьовує п старших розрядів вихідного коду. Цифрова інформація з виходу АЦП надходить на вхід ЦАП, результат перетворення якого порівнюється з вхідним сигналом. Отриманий залишок надходить на вхід АЦП для отримання т молодших розрядів вихідного коду. Мікроелектронним АЦП властиво розширені функціональні можливості, що дозволяють їх в сучасних системах керування та обробки даних на основі МП та мікроЕВМ.

Робота схеми в режимі АЦП здійснюється у відповідності з принципом послідовних наближень з програмованим зсувом. Перетворення здійснюється за 12 робочих та 2 допоміжних тактів. Перший допоміжний такт використовується для синхронізації системи та встановлення усіх пристроїв в початковий стан, другий - для формування сигналу. Кожний такт по довжині займає два імпульси ГТІ. При цьому вихідна інформація

формується до початку слідуєчого такту. Зчитування даних можна виконувати з моменту появи позитивного фронту сигналу.

Параметри та характеристики АЦП.

- Кількість розрядів - кількість розрядів коду зв'язаного з аналоговою величиною, яку може виробляти АЦП.

- Коефіцієнт перетворення $K_{\text{пр}}$ - відношення приросту вихідного сигналу до приросту вхідного сигналу для лінійної характеристики перетворення.

- Абсолютна похибка перетворення - відхилення значення вхідної для АЦП напруги (струму) від номінального значення.

- Напруга зміщення нуля на вході $U_{\text{вх}}$ - приведена до входу напруга, що характеризує відхилення початку характеристики АЦП від заданого значення. Вимірюється в одиницях МР.

- Диференціальна нелінійність - відхилення різності двох аналогових сигналів, що відповідають сусіднім кодам, від значення одиниці МР. Вимірюється в процентах від значення діапазону вхідного (вихідного) сигналу або в одиницях МР,

- Монотонність характеристики перетворення - ідентичність знаку приросту миттєвих значень вхідного та вихідного сигналів перетворювача.

- Коефіцієнт розділення каналів K_p (K_c) - рівень подавлення проходження сигналів між каналами перетворювача. Цей параметр має значення для багатоканальних АЦП.

- Час перетворення $t_{\text{прб}}$ (t_c) - інтервал часу від миті заданої зміни сигналу на вході АЦП до появи на його виході відповідного стійкого коду.

- Максимальна частота перетворення - найбільша частота дискретизації, при якій задані параметри відповідають встановленим нормам.

Існують інші, менш характерні для перетворювачів параметри, що входять в склад важливих для АЦП, визначення яких надані в ГОСТ 19480 - 74. В їх числі: вхідна напруга високого рівня $U_{\text{вх1}}$; вхідна напруга низького

рівня $U_{вх}$; вихідна напруга високого рівня $U_{вих}$; вихідна напруга низького рівня $U_{вих}$; струм витоку на виході $I_{ут.вих}$; струм споживання $I_{пот}$; діапазон вхідної напруги; діапазон вихідного струму та інші.

Основні електричні параметри БІС К572ПВ1 А - В вказані в таблиці 3.1. Вихідний струм при $U_{ref} = 10$ В дорівнює 1 мА, вихідний струм зміщення нулю 50мА. Вхідний струм керування повинен бути не більш 1 мкА. Нормальне функціонування ІС забезпечується при тактовій частоті, що не перевищує 250 кГц.

Таблиця 3.1

Параметри	К572 ПВ1А	К572 ПВ1Б	К572 ПВ1В
Нелінійність, %	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$
Диферинціальна нелінійність, %	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,4$
Абсолютна похибка	± 127	± 127	± 127
перетворення МР			
Вихідна напруга низького рівня,	0,3	0,3	0,3
В, не більш			
Вихідна напруга високого рівня,	2,4	2,4	2,4
В, не менш			
Струм споживання I_{CC1} , мА, не більш	3	3	3
Струм споживання I_{CC2} , мА, не більш	5	5	5

При роботі з мікросхемою необхідно дотримуватися послідовності встановлення електричних режимів та міри захисту. Струм навантаження логічних виходів не повинна перевищувати 40 мкА для сигналів високого рівня та 400 мкА для сигналів низького рівня. Опорна напруга не повинна перевищувати ± 15 В, а напруга живлення 16,5 В. Можна також використати

АЦП HANDY 8сop2, яку пропонує в продажі фірма RTS. В цьому АЦП в середині є гальванічна розв'язка і додатковий блок ставити не потрібно.

В якості пристроїв фіксації аналогових сигналів та фіксації дискретних сигналів ми візьмемо мікросхему K555IP22 — восьмирозрядний регістр — замикач відображення даних, вихідні буферні підсилювачі якого мають третій Z - стан [23]. Схема регістру складається з двох частин. Перша частина - це вісім D -тригерів з входом дозволу паралельного запису PE. Поки напруга на вході PE високого рівня, дані від паралельних входів D - тригерів D0 - D7 відображаються на виходах Q0 - Q7. Подачею на вхід PE напруги низького рівня дозволу запису в тригери нового восьмибітного байту. Друга вихідна частина пристрою керується по виводу дозволу E0. Її вісім буферних ключових вихідних підсилювачів відрізняються більшою навантаженою здатністю та мають Z - стан.

Якщо згідно таблицею 3.2 на вхід EO дати напругу низького рівня, дані з тригерів регістру пройдуть на виходи Q0 - Q7. Ці виходи розімкнуться, якщо на вхід EO подати напругу високого рівня. Буферний вхід має гістерезис Шмідта $\pm 400\text{мВ}$, що підвищує перешкодостійкість при перемиканні.

Споживаючий регістром K555IP22 струм 40 мА; вихідний струм буферного виходу кожного розряду не менш 30 мА, що дозволяє обслуговувати шини з ємнісним характером навантаження (пам'ять МОП, мікропроцесорна система). Час затримки розповсюдження даних від входів до виходів 32 нс; час включення виходів від Z - стану складає: до напруги високого вихідного рівня -20 нс, низького - 28 нс. При переході до Z - стану від напруги високого рівня потрібен інтервал 45 нс, від низького - 24 нс.

Мікроконтролер ми беремо PIC 16P873.

Характеристика мікроконтролера:

- високошвидкісна RISC архітектура;
- 35 інструкцій

- всі команди виконуються за один цикл, крім того інструкцій переходів, що виконуються за два циклу;
- тактова частота: DC - 20МГц; тактовий сигнал; DC - 200нс, тактовий один машинний цикл;
- до 4кх 14 слів FLASH пам'яті програм
- до 192х8 байт пам'яті даних (ОЗП)
- до 128х8 байт EEPROM пам'яті даних;
- система переривань (до 14 джерел)
- 8 - рівневий апаратний стек;
- прямий, непрямий режим адресації;
- сброс по включенню живлення (POR);
- таймер сбросу (PWRT) і таймер очікування запуску генератора (OST) після включення живлення;
- сторожовий таймер WDT з власним RC генератором;
- захист, що програмується, пам'яті програм;
- режим енергозбереження SLEEP;
- вибір параметрів тактового генератору;
- високошвидкісна, енергозберігаюча CMOS FLASH/EEPROM технологія;
- повністю статична архітектура;
- програмування в готовому пристрої (використовується два виводи мікро контролера);
- низьковольтний режим програмування;
- режим внутрішньосхемної відладки (використовується два виводи мікроконтролера);
- широкий діапазон напруг живлення від 2,0В до 5,5В;
- підвищення навантаженої здібності портів вводу/виводу (25 мА); мале енергоспоживання:
- < 0.6 мА, 3.0В, 4.0МГц

- 20мкА, 3.0В, 32кГц
- < 1 мкА в режимі енергозбереження.

Характеристика периферійних модулів:

- таймер 0:8 — розрядний таймер/лічильник з 8 — розрядним програмованим преддільником;
- таймер 1:16 - розрядний таймер/лічильник з можливістю підключення зовнішнього резонатору;
- таймер 2:8 - розрядний таймер/лічильник з 8 - розрядним програмованим преддільником та вихідним дільником;
- два модуля порівняння/захват/ШИМ (ССР):
 - 16 - розрядний захват (максимальна дозволяючи здатність 12.5нс)
 - 16 - розрядне порівняння (максимальна дозволяючи здатність 200нс)
 - 10 - розрядний ШИМ;
- багатоканальне 10 - розрядне АЦП;
- послідовний синхронний порт MSSP
- ведучий/відомий режим SPI
- ведучий/відомий режим I2C;
- послідовний синхронно - асинхронний прийомопередатчик USART з підтримкою детектування адресу;
- детектор зниженої напруги (BOD) для сбросу по зниженню напруги живлення (BOR).

3.2. Обґрунтування розробки підсистеми діагностування тональних рейкових кіл

Тональні рейкові кола мають велику популярність в Росії та внесли великий внесок в запроваджені цих систем. Перевагами систем ТРЦ є:

- є ймовірність виключення ізоляційних стиків на перегоні та цільносварених колій від однієї станції до іншої;
- Значно зрізається частка металомістких дросель-трансформаторів на ділянках які мають електрифікацію;

- допустиме підведення обладнання залізничних ліній від перегону до сусідньої станції;
- різнобічність для всіх видів тяги;
- зменшення витрат електроенергії;
- кращий захист цього типу РК від впливу порушень тягового струму тощо..

Враховуючи всі ці переваги ми можемо також розробити підсистему діагностування для ТРЦ. Навіть якщо систему використовувати не в якості станційних а для контролю перегінних систем (АБТЦ 2000, і т.д.) які розповсюджено використовуються у нас, є сенс краще зробити універсальний комплекс або два окремих комплекси для фазочутливих або тональних рейкових кіл. Також можливо об'єднати щоб на станції було фазочутливе рейкове коло а на перегоні ТРЦ, тобто з'єднати їх в спільний комплекс.

Підсистема діагностування тональних рейкових кіл була розроблена з метою оперативного усунення випадків відмов у рейкових колах та прогнозування їх шляхом вимірювання середньоквадратичного значення сигналів тональних рейкових кіл на входах колійних приймачів і виходах колійних генераторів, дискретних та аналогових сигналів на вході/виході фільтра, на вході кабелю живлячого кінця, на виході кабелю релейного кінці, на колійному реле, , а також вимірювання постійної напруги на виходах (навантаженнях) колійних приймачів та напруги живлення.

Пристрій призначений для застосування в системах диспетчерського контролю та системах діагностики технічного стану пристроїв автоматики електричної централізації. Він здійснює отримання, обробку та передачу інформації в складі ієрархічних або автономних систем вимірювання.

3.2.1. Структурна схема підсистеми діагностування тональних рейкових кіл

Розглянута підсистема діагностування тональних рейкових кіл представлена на слайді 13.

Діагностична система призначена та складається з: основного підключення, аналого-цифрового перетворювача (АЦП), опторозв'язки, плати для процесора, що містить процесор обробки цифрових сигналів ADSP-2184, цифрового мультиплексора сигналів з каналів даних, незалежної пам'яті (ЕППЗП) для налаштувань які зберігаються, пам'ять процесора яка завантажується (ПЗП), апаратний таймер - процесор "Watch-Dog" який має функцію скидання, джерело живлення основних імпульсів (перетворювач 24В в 5В з гальванічною ізоляцією), інженера АРМ на дистанції що змінюються, буфер та інші модеми (Watson-5).

Основним принципом системи є процесор, який обробляє отриману інформацію, яка потім передається до оптронів, що створює необхідність в гальванічній ізоляції.

По каналу комунікації, процесор отримує зовнішню інформацію, у процесі реалізації різноманітної команди, контролює управління комп'ютером і дозволяє отримувати дані про параметри аналогових сигналів та службові дані (установка цифрових фільтрів, маски трактів що вимірюються, стан пристрою тощо). Канал комунікації виконує зміну та обмін даними враховуючи протокол T4000.

Мультиплексор керується процесором і вибірково вибирає лінії даних аналогових каналів на своєму наступному порті (SPORT). При скиданні апаратного таймеру "Watch-Dog" забезпечується контроль активності процесора та блокування (перезавантаження) у разі несправності внутрішньої програми.

Пристрої мають свій власний номер, встановленого перемичками на тій частині, яка відповідає основним з'єднанням контактів AN1-AN6 та GND контакту. Користуючись через внутрішнім "буфером" процесор має можливість зчитувати інформацію мережевої адреси. Вони не є неможливими перемичками, пристрій справляє негативний вплив. У разі якщо перемички розміщені не правильно, то в результаті на пристрій прийде

нульова адреса. Встановивши перемичку поміж одним із контактів AN1-AN6 та GND контактом, згідно до лінії ANx розміщується в стан логічної "1". Мережеву адресу пристрою можна знайти за такою формулою:

$$\text{Індекс мережі} = 32 \cdot \text{AN6} + 16 \cdot \text{AN5} + 8 \cdot \text{AN4} + 4 \cdot \text{AN3} + 2 \cdot \text{AN2} + \text{AN1},$$

де ANx = 1 - перемичка ANx встановлена,

ANx = 0 - перемичка ANx не встановлена.

В системі є процесорна плата на якій встановлюється DIP-перемикач, який визначає мережеву адресу системи всередині корпусу. У цьому випадку ANx = 1, якщо двигун DIP-перемикача формулює своє значення "ON" і ANx = 0. Якщо мережа підключена до перемичок, то в стані "OFF" мають бути всі двигуни DIP-перемикача.

В цій платі знаходиться 8 незалежних трактів, яка містить персональну гальванічну ізоляцію. Блок живлення схеми процесора дає аналоговій вхідній схемі виконується в результаті пари імпульсних трансформаторних перетворювачів (яких нема в схемі).

Пристрій може бути в одному з таких режимів:

1. Режим діагностики: тест процесора, перевірка енергонезалежної пам'яті;
2. Режим роботи: по мережі інтерфейсу одержування команди, виконання команд, обчислення напруги та зміна аналогових сигналів що надходять;
3. Режим «конфігурація»: налаштування параметрів вимірювальних трактів, режимів роботи;
4. Режим несправний: пристрій перебуває в режимі під час роботи або при проведенні постійної первинної діагностики.

На панелі яка знаходиться попереду пристрою є три освітлених індикатори («Помилка», «Робота», «Мережа»), затверджені поточним технічним пристроєм для моніторингу пристрою У таблиці 3.3 представлено відповідності між дисплеями та поточним станом модуля.

Індикація стану пристрою

Індикатори			Опис стану пристрою
Помилка	Робота	Мережа	
Мигає	Мигає	Мигає	Несправний
Мигає	Виключений	Виключений	Режим конфігурації
Виключений	Виключений	Мигає	Нормальна робота
Виключений	Виключений	Виключений	Відсутнє живлення

Аналізуючи як працює система ТРК на прикладі вимірювання аналогового сигналу на вході колійного приймача Вимірювання проводиться шляхом підключення головного роз'єму приладу. Сигнал передається в мультиплексор і процесор ADSP-2184 визначає через аналого-цифровий перетворювач (АЦП) з тракту №1 на оптронах. У цей момент інформація, отримана процесором, повторно пересилається від оптронів до модему, який обробляє отриману інформацію та передає її в змінний інженерний модем. Так, інформація, яку потребує інженер, надходить на його робоче місце (АРМу). Це дає можливість завжди контролювати стан РК та передбачувати ймовірну можливість поломок.

3.2.2 Основі вузли схеми розробленої системи діагностування та принцип роботи принципової схеми

Основним вузлом розробленої системи (слайд) є процесор. Він керує роботою всієї схеми. Вибираємо ADSP-2184. Його зовнішній вигляд та назва виводів зображенні на рис.3.1[24, 25].

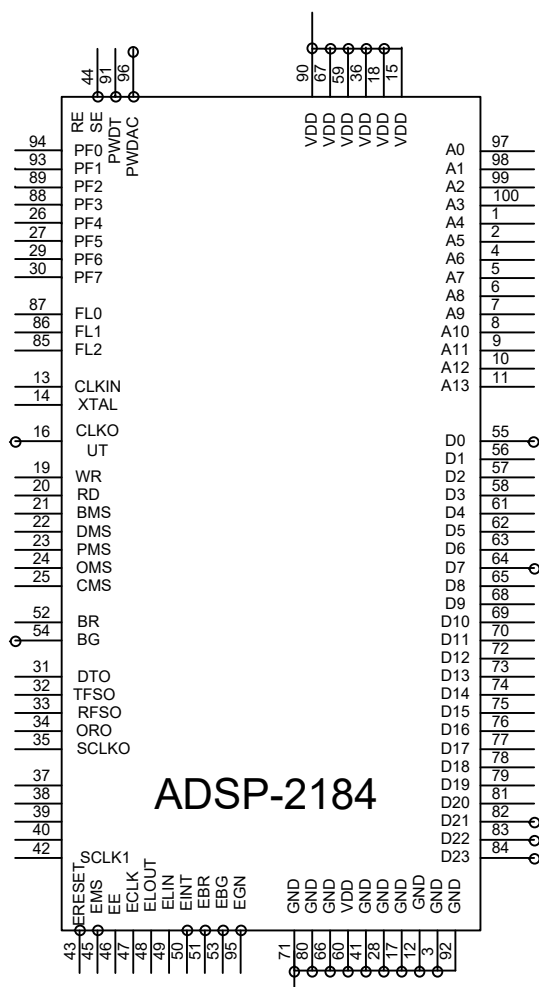


Рис.3.1 Процесор ADSP-2184

Процесори ADSP-21xx - це сімейство сумісних програмно і за висновками цифрових сигнальних процесорів з продуктивністю до 160 МГц і споживаним струмом, який може досягати всього 184 мкА. Процесори сімейства ADSP-21xx ідеально підходять для задач керування в режимі реального часу.

Сигнальний процесор ADSP-2184 здійснює тактування та синхронізацію роботи АЦП і ЦАП, організовує буферізацію та обмін даними з ПК через двопортовий ОЗП і забезпечує принципову можливість переносити частину операцій обробки сигналу на плату. Перемикання каналів при багатоканальному режимі збору даних автоматичне, з довільним порядком вибірки каналу і коефіцієнта посилення. Вхідний опір каналів - не менше 10 МОм.

Характеристика процесора:

- внутрішня пам'ять - 20 Кбайт;
- продуктивність - до 52 MIPS;
- напруга живлення - 3В або 5В.

Інтерфейс системи і пам'яті

У кожному процесорі ADSP-2184 внутрішня пам'ять з'єднується з іншими функціональними пристроями за допомогою чотирьох розташованих на кристалі шин: шини адреси пам'яті даних, шини даних пам'яті даних, шини адреси пам'яті програми і шини даних пам'яті програми. Одна зовнішня шина адреси і одна зовнішня шина даних виводяться поза кристала; ці шини можуть використовуватися для доступу або до пам'яті програми, або до пам'яті даних.

Зовнішні пристрої можуть керувати шинами, формуючи сигнали запиту / надання шини (BR і BG). Процесор ADSP-2184 можуть продовжувати роботу, навіть якщо шини надані іншому пристрою управління, до тих пір, поки не будуть потрібні операції із зовнішньою пам'яттю.

Всі процесори сімейства підтримують відображені в карті пам'яті периферійні пристрої за допомогою генерації програмованих станів очікування.

Ланцюг завантаження забезпечує автоматичне завантаження пам'яті програми на кристалі після запуску. Це може бути зроблено або через інтерфейс пам'яті з одного ЕППЗП, або через порт інтерфейсу хост-машини з хост-процесора. Численні програми можуть бути відібрані і завантажені без будь-яких додаткових апаратних засобів.

Процесор ADSP-2184 відрізняється від інших за їх відповіді на переривання, ініційовані користувачем. У всіх випадках програмний автомат дозволяє процесору обробити переривання з мінімальною затримкою. Переривання можуть бути розташовані в порядку їх пріоритету без

додаткової затримки. Зовнішні переривання можуть бути налаштовані на спрацьовування по фронту або за рівнем. Внутрішні переривання можуть генеруватися таймером, портом інтерфейсу хост-машини, послідовними портами і портом прямого побайтового доступу до пам'яті.

Робочі характеристики цифрових сигнальних процесорів

Через високі вимоги, обумовлені специфічними областями застосування сигнальних процесорів, їх архітектура і робочі характеристики відрізняються від архітектури інших мікропроцесорів і мікроконтролерів. Крім високої швидкості виконання команд, цифровий сигнальний процесор володіє такими властивостями: здатність швидкого і гнучкого виконання арифметичних операцій; розширений динамічний діапазон; можливість вибору двох операндів за один цикл; апаратна підтримка циклічних буферів; організація циклів і умовних переходів з нульовими втратами часу.

Обчислювальні пристрої обробляють дані розрядністю в 16 біт і підтримують обчислення з підвищеною точністю. Всі три обчислювальних пристрої містять регістри введення і виведення, що перебувають на шині даних пам'яті даних (ДПД). Ці пристрої, як правило, беруть операнди з регістрів введення і завантажують результат в регістри виводу. Тобто регістри є буферами між пам'яттю і обчислювальними пристроями. Завдяки цьому вводиться один рівень конвеєрної обробки при введенні і один рівень – при виведенні. Р-шина дозволяє використовувати результат одного обчислення безпосередньо в якості вхідного значення для іншого обчислення. Це дозволяє уникнути затримки конвеєрної обробки при виконанні серії різних обчислень.

Характеристика модулів:

- Розрядність шини даних – 16 біт;
- Розрядність акумулятора – 48 біт;
- Об'єм внутрішньої пам'яті – 20 Кбайт;
- Тактова частота – до 40 МГц;

- Швидкість обчислень – до 1175 MIPS;
- 8-розрядний порт пам'яті для програм і прозорі передачі даних пам'яті.

В якості комбінаційного логічного пристрою, призначеного для керованої передачі даних від декількох джерел інформації в один вихідний канал, тобто до процесора, використовуємо мікросхему типу 74HC151 – 8-ми каналний цифровий мультиплексор, який зображено на рис. 3.2. [25].

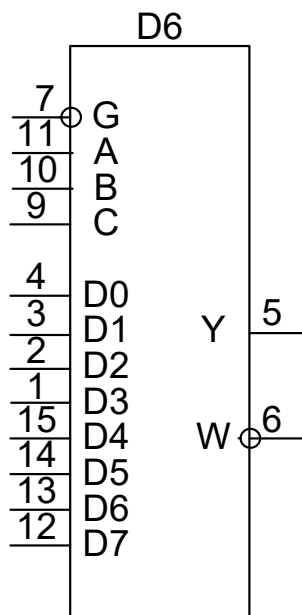


Рис.3.2 8-ми каналний цифровий мультиплексор типу 74HC151

Характеристики мультиплексора:

- Широкий діапазон робочих напруг – від 2 В до 6 В;
- Кількість виходів, якими може управляти – до 10 LSTTL ;
- Низьке споживання енергії – максимальний ICC 80 мкА;
- ± 6 мА при 5 В;
- Низький вхід струму – максимум 1 мкА.

8-канальні мультиплексори можуть служити як:

- логічно-генераторні функції;
- паралельно-послідовні перетворювачі;
- селектори джерел даних.

У таблиці 3.4 приведено опис контактів мультиплексор

Опис контактів мультиплексора

№ контакту	Символ	Найменування та функції
4,3,2,1,15,14, 13,12	D0-D7	входи мультиплексора
5	Y	вихід мультиплексора
6	W	додатковий вихід мультиплексора
9,10,11	A,B,C	вибирає входи
7	GND	земля (0V)

Для запам'ятовування та зберігання отриманої інформації ми використали мікросхему 93C56. Вона має наступні властивості:

- сучасна архітектура;
- зберігання непостійних даних;
- низька робоча напруга: 3.0V ($V_{CC} = 2.7V$ до 6.0V)
- повні TTL входи і виходи;
- автоматичне прирощення для ефективного дампа;
- низька напруга операції читання – до 2,7 В;
- апаратне і програмне забезпечення захисту запису;
- за умовчанням записи у відключеному стані при включенні живлення;
- програмне забезпечення інструкції;
- розширення низької напруги CMOS – E2PROM технологія;
- універсальний, простий у використанні інтерфейс;
- автоматичне видалення раніше записаної інформації;
- індикатор стану програмування;
- зупинка запису в будь-який час для енергозбереження;
- міцний і надійний;
- 10-річний термін зберігання даних після запису 100000 циклів;
- необмежені цикли читання.

У якості енергонезалежної пам'яті, призначеної для зберігання поточних налаштувань, ми використали мікросхему типу SST29EE010, обсяг якої складає 1 Мбіт. Нижче приведені основні характеристики цієї мікросхеми:

- робоча напруга – 4,5 – 5,5В;
- робоча температура від 0 до 70 °С;
- температурний діапазон – від -65 до 125°С;
- тип організації пам'яті – 128К x 8;
- напруга живлення – 5 В;
- інтерфейс – послідовний;
- час доступу – нс 90;
- число циклів запису – $10e^5$;

Про справність пристрою та правильність роботи інформує індикація, для якої ми використали 6 мікросхем типу 74НС04. Одна така мікросхема складається з 6 логічних елементів «Ні» та одного транзистора.

Рекомендовані параметри:

- напруга живлення (VCC) від 2 до 6В;
- діапазон робочих температур (TA) від -40 до +85 ° С;

Гранично допустимі параметри:

- напруга живлення (VCC) від -0.5 до +7.0 В;
- вхідна напруга (VIN) від -1.5 до VCC +1.5 В;
- вихідна напруга (VOUT) від -0.5 до VCC +0.5 В;
- струм діоду (PIK, IOK) ± 20 мА;
- вихідний струм на кожен контакт (IOUT) ± 25 мА;
- DC VCC або GND струм з виведення (ICC) ± 50 мА;
- діапазон температур зберігання (TSTG) -65 ° С до +150 ° С;
- розсіююча потужність (PD) 600 мВт;
- допустима температура (TL) (максимум 10 секунд) 260 ° С.

Принцип роботи мікросхеми побудований на інвертуванні сигналу, що надходить від фототранзистора.

Також в підсистемі встановлений сторожовий таймер Watch-Dog, розроблений на базі мікросхеми ADM1232. Він забезпечує нормальне скидання процесора при включенні живлення та слідкує за напругою живлення в процесі роботи, а також скидає процесор при зависанні. [26, 25].

Технічні параметри:

- тривалість скиду – від 250 до 1000 мс;
- напруга живлення – макс. 5 В;
- корпус – SO-8;
- напруга скидання – від 4.5 до 4.75 В;

Вузол Watch-Dog з'явився у складі сучасних МК порівняно недавно. Перші МК його не мали, тому розробники використовували для примусового скидання зовнішній керований генератор Watch-Dog, зібраний на спеціалізованих мікросхемах або на «розсіпі» дискретних елементів.

Існує кілька вагомих причин, які змушують завжди встановлювати зовнішній Watch-Dog і володіти типовими прийомами його підключення до МК.

По-перше, зовнішній Watch-Dog корисний при налагодженні і тестуванні програм, щоб визначити джерело збоїв і виключити вплив внутрішнього сторожового таймера.

По-друге, зовнішній Watch-Dog може функціонувати одночасно з внутрішнім сторожовим таймером для підстраховки і для зниження ймовірності пропуску збою.

По-третє, зовнішній Watch-Dog знадобиться, якщо в МК мало вільної пам'яті або програма має занадто складну структуру. В останньому випадку внутрішній сторожовий таймер через недогляд програміста може пропустити чергове обнуління регістра WDR, у зв'язку з чим МК буде помилково перезапущений «з нуля».

По-четверте, зовнішній Watch-Dog допускає плавне або дискретне налаштування тривалості «сторожової» паузи, аж до дуже великих меж, що може бути корисним при проведенні різних модельних експериментів.

В якості аналогово-цифрового перетворювача візьмемо мікросхему типу ADS7816 – 12-ти бітний високошвидкісний аналогово-цифровий перетворювач з оброблюваною частотою до 200 кГц. Він застосовується в малопотужних пристроях з автоматичним виключенням, синхронним послідовним інтерфейсом і диференціальним входом. Робоча напруга може варіювати від 100 мВ до 5 В, із змінами значення від 24 мкВ до 1.22 мВ [27].

Малопотужний, автоматично виключаємий і малогабаритний ADS7816 ідеальний для систем на акумуляторах або систем де велике число сигналів має бути передано одночасно. Він також ідеальний для віддаленої та / або ізольованої передачі даних.

Основні характеристики:

- частота амплітудно-імпульсної модуляції – 200000;
- розрядність АЦП – 12 біт;
- оброблювана частота – до 200 кГц;
- споживана потужність – 1.9 мВ на частоті 200 кГц, 150 мкВ на частоті 12.5 кГц;
- вихідний струм – максимум 3 мкА;
- інтерфейс підключення – послідовний;
- робоча температура від -40°C до 85°C;
- тип монтажу – поверхневий;
- потужність розсіювання (макс.) – 1.9 мВт;
- кількість вимірювальних каналів – 1;
- тип аналого-цифрового перетворювача – SAR;
- цифровий інтерфейс – SPI;
- діапазон живлячої напруги аналогової частини – від 4.5 до 5.25 В;
- діапазон живлячої напруги цифрової частини – від 4.75 до 5.25 В;

- сфера застосування: видалений прийом даних.

В послідовно – паралельних АЦП використовуються сполучення методів послідовного та паралельного перетворення. В простішому випадку два та більш паралельних АЦП працюють послідовно в часі. Перший АЦП випрацьовує n старших розрядів вихідного коду. Цифрова інформація з виходу АЦП надходить на вхід ЦАП, результат перетворення якого порівнюється з вхідним сигналом. Отриманий залишок надходить на вхід АЦП для отримання m молодших розрядів вихідного коду. Мікроелектронним АЦП властиво розширені функціональні можливості, що дозволяють їх в сучасних системах керування та обробки даних на основі МП та мікроЕВМ. Робота схеми в режимі АЦП здійснюється у відповідності з принципом послідовних наближень з програмованим здвигом. Перетворення здійснюється за 12 робочих та 2 допоміжних тактів. Перший допоміжний такт використовується для синхронізації системи та встановлення усіх пристроїв в початковий стан, другий – для формування сигналу.

У таблиці 3.5 приведений опис контактів АЦП мікросхеми ADS7816

Таблиця 3.4

Призначення виводів АЦП ADS7816

№ контакту	Позначення виводу	Призначення виводу
1	VREF	Вхід синхронізації
2	-IN	Неінвертуючий вхід
3	+IN	Інвертуючий вхід
4	GND	Земля
8	VCC	Живлення
7	CLK	Годинник даних – синхронізує послідовність передачі даних і визначає швидкість перетворення
6	DOU	Послідовний вихід даних (складається з 12 бітів)
5	CS	Вибір мікросхеми при низькому режимі або відключення при високому

Кожний такт по довжині займає два імпульси ГТІ. При цьому вихідна інформація формується до початку слідуєчого такту. Зчитання даних можна виконувати з моменту появи позитивного фронту сигналу.

В схемі включення АЦП застосовується операційний підсилювач LM358 – подвійний операційний підсилювач з низьким енергоспоживанням, який має наступні технічні характеристики:

- робочий струм від 10 До 20 мА;
- допуск ± 20 mV ($\pm 0.8\%$) максимальний початковий (ранг а);
- динамічний імпеданс 0.6Ω (ранг а);
- коефіцієнт низької температури;
- нижча напруга посилення -2.5В;
- поверхневий монтаж;
- робоча температура – від 0°C до 70°C ;
- кількість каналів – 2;
- швидкість зростання вихідної напруги – 0.3 В/мс;
- полоса пропускання – 700kHz .

Ця мікросхема складається з двох незалежних операційних підсилювачів з високим коефіцієнтом підсилення та внутрішньою частотною корекцією. Він спеціально призначений для роботи з одним джерелом живлення з широким діапазоном напруг. Низький струм витікання залежить від величини напруги

Також тут встановлена мікросхема lm385z-2.5. Вона слугує джерелом опорної напруги та має наступні характеристики:

- тип монтажу – вивідний;
- робоча температура – від 0°C до 70°C ;
- струм вихідний – 20мА;
- струм катоду – 20 мкА;
- кількість каналів – 1;
- допустимі відхилення ємності $\pm 1\%$;

- напруга вихідна – 2.5В;
- допуск – 78 мВ;
- номінальний вихідний струм – 0,03А;
- максимальна вхідна напруга – 30В.

Опторозв'язка виконана на базі мікросхеми HCPL-0601.

HCPL-0601 - гальванічно розв'язаний логічний елемент, що складається з GaAsP світлодіода і інтегральної схеми фотодетектора з високим коефіцієнтом посилення, який може бути стробірований дозволяючими сигналом. Вихід детектора реалізований у вигляді транзистора з відкритим колектором з фіксуючим діодом Шотткі. Унікальна схема оптрона забезпечує максимальну ізоляцію до 3750 В при змінному (АС) або постійному струмі (DC) і сумісність з TTL логікою.

Електричні та комутаційні характеристики гарантовані при температурі навколишнього середовища від -40 до +85 С.

HCPL-0601 може застосовуватися в якості високошвидкісного логічного інтерфейсу, буфера входу / виходу, приймача лінії у разі неможливості використання традиційних приймачів при понад високих шумах по "землі" і індуктивних наводках.

Технічні характеристики:

- ослаблення синфазного сигналу (CMR) 10 кВ / мкс (мін.) при $V_{cm} = 1000$ В;
- швидкість передачі сигналу 10 Мбод;
- LSTTL / TTL сумісний;
- низький вхідний струм – 5 мА;
- стробований вихід;
- кількість каналів – 1;
- допустима напруга VCC – від 4.5 до 5.5;
- допустима температура – від -40 до 85° С;

В якості 5-вольтового малоспоживаючого прийомопередатчика диференційної лінії встановлено ADM1485. Він підходить для високошвидкісної двосторонньої передачі даних на лінії багатоточкової шини передачі. Він призначений для передачі збалансованих даних. Частина містить диференційний лінійний і диференційний приймач лінії. Вони, а також приймач, можуть бути включені незалежно.

Таблиця 3.5

Призначення виводів ADM1485

№ контакту	Позначення виводу	Призначення виводу
1	RO	Вихід приймача.
2	RE	Вмикач виходу приймача.
3	DE	Вихід драйвера
4	DI	Вхід драйвера
5	VCC	Електроживлення, $5\text{ V} \pm 5\%$.
6	B	Неінвертуючий вхід приймача
7	A	Інвертуючий вхід приймача
8	GND	Земля

Основні характеристики:

- швидкість передачі сигналу (макс.) – 30 МБод;
- пристроїв на шині – 32 ;
- діапазон робочої напруги VCC – від 4.75 до 5.25 В;
- робочий струм ICC 2.2 мА

Допустимі температури – від -40 до 85°C.

З прийомопередатчика інформація надходить до модему типу Watson-5, які широко застосовуються на залізницях України, а з модему – до АРМ змінного інженера дистанції.

3.3 Висновки за розділом 3

В даному розділі були розроблені системи контролю та діагностування фазочутливих рейкових кіл на станції та тональних рейкових кіл на перегоні. Наведені структурні та принципові схеми розроблених систем та алгоритми їх роботи.

Створені підсистеми дозволяють виявляти та діагностувати помилки а також усунути їх заздалегідь, скоротити час, необхідний робочому персоналу для перевірки пристроїв рейкових кіл, автоматично зафіксувати та вписувати електронні результати вимірювань та зменшити час відгуку на несправність пристроїв СЦБ і зменшити час знаходження самого пошкодження.

4 ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ РОЗРОБЛЕНИХ ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ РЕЙКОВИХ КІЛ

Завдяки збільшенню швидкості та інтенсивності руху поїздів, з'являється потреба в збільшенні вдосконалення апаратури рейкових кіл та автоблокування, які є основними засобами та забезпечують безпеку руху поїздів та високу продуктивність пропуску. З точки зору якісного вдосконалення експлуатаційних, технічних та економічних показників, централізовані системи управління з розміщенням апаратури на постах мають великі перспективи, якщо використовувати рейкові кола без ізолюючих стиків. При такому розміщенні колійної апаратури значно покращується надійність системи управління та зменшує час, необхідний для усунення пошкодження. Завдяки такій системній структурі умови праці обслуговуючого персоналу значно покращуються, оскільки об'єм роботи зменшується до мінімуму, тобто часу який необхідний персоналу для обслуговування перегонів та залізничних колій та підвищити рівень безпеки праці. Також при зменшенні обсягу роботи, покращується якість та культура роботи, особливо ефективно завдяки запровадженню індустріальних методів технічного обслуговування із використанням стаціонарних вимірювальних приладів. Одними з головних якостей системи з централізованим розміщенням апаратури дозволяють суттєво підвищити продуктивність технічного персоналу, зменшити їх чисельність та зменшити витрати на обслуговування експлуатаційного обладнання.

Централізоване розміщення апаратури дозволяє створити напрямок в розвитку комплексної автоматизованої системи управління залізничним транспортом. Тобто в системі використовувати два типи рейкових кіл з розміщенням їх на посту станції, що й розглядалося в даній дипломній роботі. На станціях зазвичай в цей час використовують рейкові кола фазової частоти з двоелементними приймачами на ділянках де інтенсивність завад вище, так як вони мають підвищену завадостійкість в порівнянні з іншими

РК. Живлення реле фазочутливих РК подається через параметричні дільники частоти, що підвищує захист від завад тягового струму. Але порівняльний аналіз роботи РК з урахуванням ізолюючих стиків та тональними РК свідчить за кількістю відмов, що ТРК функціонують втричі надійніше. Тому використання РК тональної частоти без ізолюючих стиків з централізованим розміщенням апаратури на станції має бути доцільніше. Та навіть якщо враховувати, що сучасні системи залізничного транспорту зараз обслуговуються періодично по планово попереджувальному методу, яка дає можливість виявляти ряд несправностей. Це не дає можливість виявити несправності які розвиваються плавно, тому що минулі методи вимірювання та наступні які ми обстежували, не аналізує в автоматичному режимі та виявити розвиток несправності складно. Додатково до цього якщо розвиток несправностей протікає послідовно вздовж часу а не раптово та не потрапляє між двома перевірками, то таку помилку ми також не можемо визначити.

При цьому як вже було сказано вище, в централізованих рейкових колах в яких вся апаратура знаходиться на станційному посту все одно вони крім цього мають дуже багато факторів, що впливають на роботу рейкових ліній, тобто на апаратуру яка знаходиться на вулиці. В цьому разі ситуація може дуже змінюватися, а це означає що на даний момент часу поставлена мною задача побудови автоматичної системи діагностування рейкових кіл є актуальною. Що і розроблювалося в дипломній роботі

Внаслідок експлуатації рейкових кіл тональної частоти, все більше використовується АБТЦ-2000, яка обслуговується при будь-яких видах тяги поїздів. Це нам дозволяє легко діагностувати їх стан і без виходу на перегін. Враховуючи систему яку ми розробили в дипломній роботі на основі АБТЦ-2000, ми можемо не виходячи з поста ЕЦ перевіряти стан рейкового кола економлячи час проходження до пункту перевірки і т.д. Також з'явилася можливість за рахунок автоматичного запису по станційних та по перегінних колах використовувати алгоритм, що дає можливість робити прогнозування,

дивитися та контролювати як близько до кордонів нормалі наближається величина струму. За рахунок чого спостерігати падає чи зростає величина струму, з'явиться можливість в плануванні АРМів електромеханіка та буде показувати коли струм вийде за границі нормалі.

При використанні розробленої автоматичної системи діагностування надійності РК, система виключає помилки обслуговуючого персоналу та неякісне або умисне саботування при виконанні технічних інструкцій, тобто розроблена система завжди виміряє ту чи іншу помилку на відміну від людини.

Всі данні вимірювання в розробленій системі зберігаються і в разі спірних ситуацій при виникненні відмови буде зафіксоване, тобто в такій ситуації буде вирішено винна в цьому служба енергетиків чи сцбістів. Так як система показує в якому стані були пристрої, показує всі рівні напруги які подавалися на пристрій. Це все дає змогу встановлювати яка насамперед була відмова та хто в ній винен.

Крім цього система дозволяє за рахунок того що вона записує, перевіряти виконання графіку робочими служби СЦБ зокрема перевірка на шунтову чутливість, вимикалось те чи інше реле протягом часу чи ні або фіксування рівня напруги. Також ця перевірка дозволяє перевіряти чи достатня напруга на реле якщо поїзд стоїть на ділянці фазочутливого РК, правильне состикання струмів нормалей по різних відгалудженням розгалуженого рейкового кола. Все це оформлюється у вигляді документів та автоматично відправляє черговому інженеру дистанції та при необхідності зберігається в архівах. Відеозаписи та їх достовірність також зберігаються в журналах, які ніхто виправити не може. Тобто зменшує об'єм роботи електромеханіка, а саме головне збільшується надійність роботи рейкових кіл.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

- Проведено аналіз систем які широко використовуються на залізницях України. Наразі в країні найбільше використовуються системи рейкових кіл як фазочутливі так і тональні, хоча тональні мають більшу низку переваг. В сучасних системах і станційних і перегінних апаратура рейкових кіл в більшій частині знаходиться на посту ЕЦ. Це дає можливість в легше і швидше обслуговувати апаратуру, але все рівно додаткових методів контролю РК не мають і наприклад вихід за межі нормалі напруги живлення колійного реле не фіксується до наступної технологічної перевірки по технічним картам. Тому по результатах проведених аналізів прийнято рішення про розробку автоматизованої системи безперервного контролю та передбачення появи відмов з визначенням характеру і місця несправності РК в системі з поста ЕЦ.

- Аналізуючи роботу рейкових кіл було встановлено що вони функціонують в складних умовах з багатьма несприятливими факторами, таких як вплив завад внаслідок асиметрії тягового струму, коливаннями параметрів елементів РК та поява додаткових гармонійних складових тягового струму. Також рейкові лінії можуть мати асиметричні струми завад, що протікають уздовж рейок, потрапляють в обладнання на приймальному і передавальному кінцях рейкового кола, що може призвести до небезпечної відмови. Тому була створена імітаційна модель, яка враховує основні складові завади, а також гармонійні складові вищого порядку, які створюються через спотворення форми кривої струму під час роботи випрямних пристроїв локомотива.

- Були розроблені системи контролю та діагностування фазочутливих рейкових кіл на станції та тональних рейкових кіл на перегоні. Наведені структурні та принципові схеми розроблених систем та алгоритми їх роботи.

Розроблена система для фазочутливих рейкових кіл по причині їх найбільшого розповсюдження по станціях, а для тональних рейкових колах

через їх високу перспективність використання на перегоні. Ці системи контролю бажано застосовувати на існуючих ділянках залізниць України, без внесення суттєвих змін в конструкцію апаратури та на ділянках нового будівництва.

ЛІТЕРАТУРА

1. Брылев А. М., Шишлаков А. В., Кравцов Ю. А., Устройство и работа рельсовых цепей [Электронный ресурс] / А. М. Брылев, А. В Шишлаков, Ю. А. Кравцов; М., 1966 – Режим доступа: <http://scbist.com/wiki/7399-relsovye-cepi.html>
2. Рабочая программа и методические указания по организации и проведению всех видов практики студентов по специальности 190402 (210700) [Электронный ресурс] / «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте»// ОмГУПС. Омск, 2007. - Режим доступа: <https://pandia.ru/text/80/554/1689.php>
3. Сероштанов С.С. Методы и алгоритмы диагностирования технического состояния тональных рельсовых цепей [Электронный ресурс] / С.С. Сероштанов; ОмГУПС. – С., 2006. – Режим доступа: <https://www.dissercat.com/content/metody-i-algoritmy-diagnostirovaniya-tekhnicheskogo-sostoyaniya-tonalnykh-relsovykh-tsepei>
4. Кириленко, А.Г. Электрические рельсовые цепи: учебное пособие / А.Г. Кириленко, Н.А. Пельменева. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2006. – Режим доступа: http://static.scbist.com/scb/uploaded/3_relsovie_tsepi.pdf
5. Опорный конспект лекций станционные системы автоматики и телемеханики для студентов 5-го курса заочной формы обучения Режим доступа: <https://interweber.ru/not-included/relsovye-cepi-ustroistvo-i-naznachenie-rc-elementy.html>
6. Сороко, В.И. Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики [Текст]: справочник: в 2-х кн. / В.И. Сороко, В. А. Милюков. – М.: НПФ “ПЛАНЕТА”, 2000. – Кн. 1. 960 с.
7. Мороз В.П., Лапко А.О. Аналіз відмов пристроїв залізничної автоматики [Текст] / В.П. Мороз, А.О. Лапко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. Харків: УкрДАЗТ, 2007. Вип. 2(64). С.10-15.

8. Дунаев Д. В., Романцев И. О., Гаврилюк В. И. Анализ отказов и методы контроля рельсовых цепей. Наука и прогресс транспорта [Текст] / Д. В. Дунаев, И. О. Романцев, В. И. Гаврилюк // Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. 2010. №32 С. 212-217.
9. Кайнов В. М. Надежная работа устройств ЖАТ – первостепенная задача // Автоматика, связь, информатика. 2008. № 4. С. 4–9.
10. Бадер М.П. Электромагнитная совместимость [Текст]: учебник для вузов железнодорожного транспорта / М.П. Бадер .– М.: УМК МПС, 2002. – 638с.
11. Гаврилюк В.И., Щека В.И., Мелешко В.В. Испытания новых типов подвижного состава на электромагнитную совместимость с устройствами сигнализации и связи // Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. 2015. №5 (59). С.7-15.
12. Завгородній О. В. Підвищення функціональної безпеки рейкових кіл шляхом забезпечення їх електромагнітної сумісності з тяговою мережею [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту / О. В. Завгородній. - Дніпро, 2011. - 24 с.
13. Гончаров К.В. Методы защиты тональных рельсовых цепей от влияния импульсных помех. Наука и прогресс транспорта [Текст] / К. В. Гончаров // Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. Днепр: ДНУЖТ, 2012. № 41. С.191-196.
14. Гончаров, К.В. Корреляционный путевой приемник тональных рельсовых цепей [Текст] / К. В. Гончаров // Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. 2011. №38. С.188-193.
15. Рельсовые цепи магистральных железных дорог: Справочник. Изд. 3-е, переработанное и дополненное [Текст] / Аркатов В.С., Аркатов Ю.В.,

- Казеев С.В., Ободовский Ю.В. - Москва: Издательство «ООО Миссия-М», 2006. 496с.
16. Кулик П.Д., Ивакин В.С., Удовиков А.А. Тональные рельсовые цепи в системах ЖАТ: постороение, регулировка, обслуживание, поиск и устранение неисправностей, повышение эксплуатационной надежности [Текст] / П.Д. Кулик, В.С. Ивакин, А.А. Удовиков //Киев: Издательский дом «Мануфактура», 2004. 288 с.
17. Тарасов Е.М. Математическое моделирование рельсовых цепей с распределенными параметрами рельсовых линий: учеб. пособие [Текст] / Е.М. Тарасов - Самара: СамГАПС, 2003. - 118с.
18. 12.. Системы автоматики и телемеханики на железных дорогах мира: учеб. [Текст]: пособие для студентов вузов железнодорожного транспорта / Андерс Э., Берндт Т., Довгий И. и др -.Москва: Интекст, 2010. 496 с.
19. Гончаров К.В. Исследование влияния импульсных помех на тональные рельсовые цепи [Текст] / К. В. Гончаров // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. Дніпро: Видавництво ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна, 2012. – №40. - С.161-166.
20. Саяпина И.А. Исследование влияния электромагнитных помех на приемную аппаратуру тональных рельсовых цепей [Текст] / И.А. Саяпина // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті: науково-технічний журнал. Харків: УкрДАЗТ, 2013. - № 3(100). - С. 24-31.
21. Юсупов Р.Р. Цифровое устройство обработки сигналов автоматической локомотивной сигнализации повышенной помехозащищенности: автореф. дис. ... канд техн. наук / СамГАПС. Самара, 2003. 24с.
22. Шило В.Л., Популярні цифрові мікросхемиа [Текст]: Довідник / В.Л Шило – М.: Металлургия 1988 р.
23. Якубовський С.В. Цифрові і аналогові інтегральні мікросхеми[Текст]: Довідник / С.В. Якубовський – М.: Радіо і зв'язок, 1990 р. – 496с.

24. Програмно апаратний комплекс для многофункціонального метеорологічного радіолокатора на базі - Режим доступу: <http://works.doklad.ru/view/H13G8MU5Hec/all.html>
25. Технічні характеристики мікросхем - Режим доступу: <http://www.datasheet.ru/>
26. <http://radiostorage.net/?area=news/1496>
27. НПАОП 60.1-3.01-04 Норми безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам залізничного транспорту України, затверджені наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 21 січня 2004 року N 12.