

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет «Комп'ютерні технології і системи»

Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

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

на тему: Підвищення функційної надійності тональних рейкових кіл (комплексна)

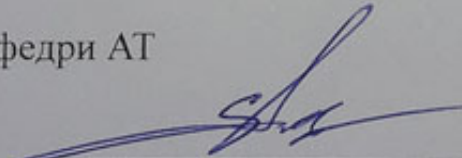
за освітньою програмою: «Автоматика та автоматизація на транспорті»
зі спеціальності: 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Виконав: студент групи АТ2121 (967М)


(підпис студента)

Олександр ДУДКА

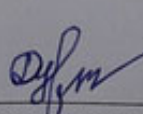
Керівник: доцент кафедри АТ


(підпис керівника)

Володимир ГАВРИЛЮК

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

Студент


(підпис студента)

Дніпро – 2022 рік

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

Faculty of Computer Technologies and Systems

Department of Automation and Telecommunication

Explanatory Note

to Master's Thesis

master

(higher education degree)

on the topic: Increasing the functional reliability of tonal rail circuits (complex)

according to educational curriculum «Automatic and automation in transport»
in the Specialty: 151 Automation and computer-integrated technologies

Done by the student of the group AT2121 (967M)

Oleksandr DUDKA

Scientific Supervisor: associate professor

Volodymyr HAVRYLIUK

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: Комп'ютерних технологій і систем
Кафедра: Автоматика та телекомунікації
Рівень вищої освіти: Другий (магістерський)
Освітня програма: Системи керування рухом поїздів
Спеціальність: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АТ

_____ Володимир ГАВРИЛЮК
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

« _____ » _____ 202__ р.

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу _____ магістра
(ступінь вищої освіти)

студенту _____ Дудкі Олександру Олександровичу
(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи: _____ Підвищення функційної надійності тональних рейкових кіл
(комплексна)

Керівник роботи: _____ Гаврилюк Володимир Ілліч, к.т.н., професор
(Прізвище, Ім'я, По батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом від _____ "18" жовтня 2021 р. № 705ст

2. Строк подання студентом роботи: 15.12.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: _____ галузеві нормативні документи, інструкції ЦШ по обслуговуванню ТРК, навчальні посібники, наукові статті і т.д.

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

4.1 Стан проблеми. Постановка мети та завдання досліджень

4.2 Дослідження впливу дестабілізуючих факторів на роботу ТРК

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Стан проблеми. Постановка мети та завдання досліджень	01.04.2022	
2	Регулювання апаратури ТРК	01.07.2022	
3	Дослідження впливу дестабілізуючих факторів на роботу ТРК	01.09.2022	
4	Оформлення кваліфікаційної роботи	01.12.2022	
5	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	05.12.2022	
6	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	20.12.2022	

Студент

(підпис)

Олександр ДУДКА

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник роботи

(підпис)

Володимир ГАВРИЛЮК

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра:

58 сторінок, 10 рисунків, 1 таблиця, 22 джерел літератури.

Об'єкт проектування: системи залізничної автоматики.

Мета роботи – підвищення функційної надійності тональних рейкових кіл.

Методи дослідження – методи розрахунку тональних рейкових кіл, методики регулювання роботи і виявлення несправностей ТРК, використання констант для уніфікації розрахунків для лінійних контролерів.

У першому розділі проведений аналіз загальних характеристик тональних рейкових кіл та їх галузей використання.

У другому розділі приведені особливості розрахунку і методики регулювання ТРК, проведено аналіз щодо пошуку та усунення виявлених несправностей.

У третьому розділі розроблено діагностичний пристрій автоматизованого контролю стану елементів тональних рейкових кіл, приведена схема пристрою для автоматизованого контролю елементів тональних рейкових кіл, проведено розрахунки номінальної потужності для елементів лінійного контролера.

Висновок. Розглянуто напрями підвищення функціональної безпеки, надійності і зменшення експлуатаційних витрат шляхом розробки автоматизованого пристрою контролю напруги на колійному приймачу КП і колійному генераторі (КГ) ТРК.

Ключові слова: ДІАГНОСТИКА ТОНАЛЬНИХ РЕЙКОВИХ КІЛ,
ЗАЛІЗНИЧНА АВТОМАТИКА, ЦИФРОВА СИСТЕМА, ДІАГНОСТИКА
ПРИСТРОЇВ АВТОМАТИКИ.

ЗМІСТ

Вступ	8
1. Стан проблеми. Постановка мети та завдання досліджень	9
1.1. Рейкові кола тональної частоти. Загальні відомості	9
1.1.1 Принципи побудови та ефективність ТРК	11
1.1.2 Особливості розрахунку ТРК	15
1.1.3 Узагальнена схема тонального рейкового кола	17
1.2 Принципи побудови та технічна реалізація системи АБТ	20
1.2.1 Структурна схема та переваги системи АБТ	20
1.2.2 Лінійне коло ув'язування прохідних світлофорів	25
1.3. Висновки за розділом. Постановка мети та завдання досліджень	27
2. Регулювання апаратури ТРК	28
2.1. Захист пристроїв ТРК від перенапруги	37
2.2. Пошук і усунення несправностей у ТРК	40
2.3. Висновки за розділом	46
3. Дослідження впливу дестабілізуючих факторів на роботу ТРК	47
3.1. Загальний аналіз проблеми	47
3.2. Вплив відхилення параметрів елементів тональних колій від номінальних на режими роботи ТРК	49
3.3. Вплив опору ізоляції баласту на режими роботи ТРК	50
3.3.1. Рівняння електричного кола як чотириполосника	50

3.3.2. Обчислення параметрів рейкової лінії	53
3.4. Висновки за розділом	54
Загальні висновки	55
Список літератури	56

ВСТУП

Назва тональних рейкових кіл з'явилася в 90-му році, хоча рейкові кола з тональними частотами і безконтактної апаратури були розроблені і почали застосовуватися набагато раніше. Так, у системі ЧАБ вони називалися частотними РК, у системах автоблокування з централізованим розміщенням апаратури (ЦАБ) – безстиковими рейковими колами (БРК), а рейкові коли, оптимізовані для низького опору баласту, називали БРК-НОБ. Введення нової термінології пов'язане з розробкою цілого ряду систем АБ, що використовують ТРК як із ізолюючими стиками (ІС), так і без них, і необхідністю об'єднання цих РК в один загальний клас.

Необхідно відзначити, що ТРК і їх апаратура розвивалися дуже динамічно і зазнали при цьому великих змін як за принципом побудови та технічної реалізації, так і щодо оптимізації їх характеристик.

Ефективність ТРК обумовлена зниженням витрат електроенергії на сигнальний (завдяки зменшенню втрат потужності в рейковій лінії) і тяговий (через можливість виключення ізолюючих стиків і скорочення числа дросель-трансформаторів) струми, зменшенням кількості захисних відмов рейкових кіл, викликаних низьким опором балу опору ізоляції ТРК), обривом рейкових з'єднувачів або пробоем ізолюваного стику (зважаючи на можливість його виключення), сучасною елементною базою.

Необхідність доробки системи викликана випадками появи помилкової вільності ТРК внаслідок недостатньої перешкодозахищеності колійних приймачів тональних рейкових кіл. Застосовується як для станційних, так і перегінних ТРК при централізованому розміщенні апаратури – неперервний контроль та обробка інформації про рівень і якість сигналу в РЛ із можливістю прогнозування відмов та визначенням характеру та місця несправності в рейковому колі.

1. СТАН ПРОБЛЕМИ. ПОСТАНОВКА МЕТИ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.

1.1. Рейкові кола тональної частоти. Загальні відомості.

Рейковими колами тональної частоти, або тональними рейковими колами (ТРК), називають клас рейкових кіл, частота сигнального струму яких (від 125 Гц до 5 кГц) знаходиться в діапазоні тональних частот. Іншою відмінною особливістю ТРК є застосування безконтактної апаратури.

Розробниками цих РЦ та систем АБ на їх основі в нашій країні є група вчених ВНДІЖТ під керівництвом В.С. Дмитрієва та В.А. Мініна. Назва тональних рейкових кіл з'явилася в 90-му році, хоча рейкові кіла з тональними частотами та безконтактною апаратурою були розроблені та почали застосовуватися набагато раніше. Так, у системі ЧАБ вони називалися частотними РЦ, в системах автоблокування з централізованим розміщенням апаратури (ЦАБ) - безстиковими рейковими кілами (БРЦ), а рейкові кіла, оптимізовані для низького опору баласту, називали БРЦ-НСБ. Введення нової термінології пов'язано з розробкою цілого ряду систем АБ, що використовують ТРК як з ізолюючими стиками (ІВ), так і без них, і необхідністю об'єднання цих РЦ в один загальний клас.

Необхідно відзначити, що ТРК та їх апаратура розвивалися дуже динамічно і зазнали при цьому великих змін як за принципом побудови та технічної реалізації, так і щодо оптимізації їх характеристик.

У першому етапі (у системі ЧАБ) це були РЦ з ізолюючими стиками і щодо низькими частотами (125 – 375 Гц). Це дозволяло використовувати відомі методи синтезу і розрахунку рейкових кіл. Класична побудова РЦ (живлення на вихідному кінці БО, а приймальна апаратура - на вхідному) і використання

загального сигналу для контролю стану БУ і передачі інформації призвели до необхідності застосування гетеродинного приймача, істотного ускладнення схеми та збільшення обсягу апаратури.

Захист від взаємного впливу РЦ здійснюється чергуванням частот генераторів і застосуванням на приймальному кінці безпечних фільтрів для поділу цих частот. Для підвищення захищеності від гармонік тягового струму та захисту від впливу РЦ паралельного шляху застосовується амплітудна модуляція сигнального струму з різною частотою модуляції.

Апаратура таких РЦ спочатку проектувалася для нагоди її розміщення в опалюваних станційних приміщеннях з температурою навколишнього середовища від +5 до +400С при автономній тязі та тязі постійного струму (апаратура першого покоління). Потім ця апаратура була вдосконалена для застосування в неопалюваних приміщеннях і в релейних шафах при температурі від -45 до +650С (апаратура другого покоління, взаємозамінна з попередньою і застосовується з 1986 року).

Досвід розробки та експлуатації зазначених ТРК, а також необхідність їх використання на ділянках з електричною тягою змінного струму та на ділянках зі зниженим опором баласту призвели до подальшого вдосконалення апаратури ТРК. В апаратурі третього покоління, що застосовується при будь-яких видах тяги та на ділянках з нормальним та зниженим опором баласту, були дещо змінені частоти, оптимізовано параметри апаратури, підвищено перешкодозахисність приймальних пристроїв, суттєво скорочено кількість застосовуваної апаратури та її габарити. У системі АБТ ці рейкові кіла отримали найменування ТРК3 (рейкові кіла третього типу).

Розробка системи АБТ без ізолюючих стиків зажадала вирішення питання чіткої фіксації кордонів БО. Для цього була створена тональна рейкове коло четвертого типу ТРК4 з малою величиною зони додаткового шунтування.

В даний час ТРК завдяки ряду експлуатаційних, технічних і економічних переваг знаходять все ширше застосування на залізницях і лініях метрополітенів Росії. У новому будівництві застосовують системи АБ та електричної централізації тільки з тональними рейковими кілами. Використання ТРК дозволило впровадити АБ із централізованим розміщенням апаратури, обладнати автоблокуванням ділянки зі зниженим опором баласту. Перспективними напрямками також є: обладнання тональними рейковими кілами ділянок наближення до переїздів, застосування їх для контролю звільнення переїзду без установки ізолюючих стиків, для контролю стану перегону при ПАБ, використання ТРК для організації захисних ділянок у традиційних системах АБ.

1.1.1 Принципи побудови та ефективність ТРК

Як зазначалося, основний відмінною особливістю ТРК є харчування двох суміжних РЦ від загального джерела сигнального струму (генератора) і можливість роботи без ізолюючих стиків. Така побудова ТРК скорочує число апаратури, кабелю для з'єднання апаратури з рейковою лінією, використовуваних частот сигнального струму і дозволяє просто реалізувати рейкові кіла без стиків, що ізолюють.

На рис. 1.1 показано структуру, що пояснює принцип побудови ТРК.

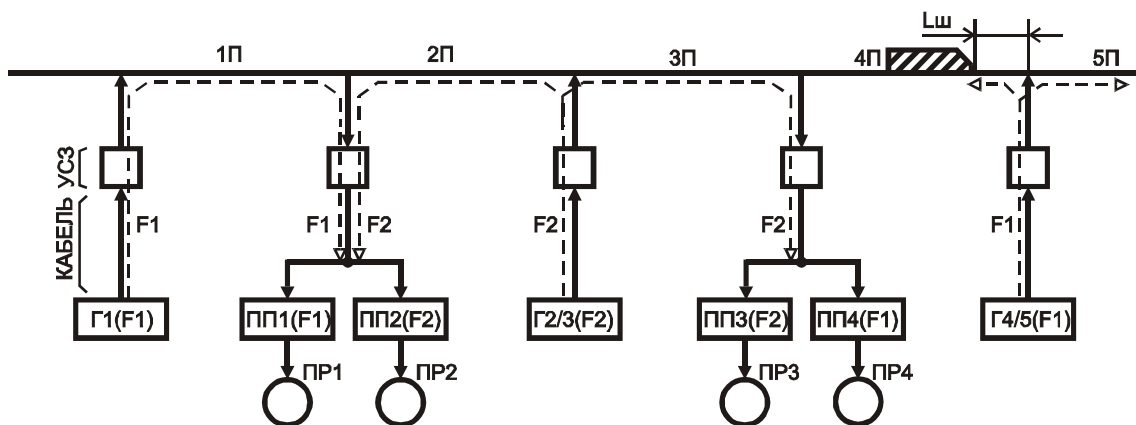


Рисунок – 1.1 Принцип побудови ТРК

Сигнальний струм частотою F1 або F2 від генераторів Г подається в рейкову лінію, якою поширюється в обидві сторони від точки підключення. Від генератора Г1 живиться рейкове коло 1, від генератора Г 2/3 - рейкові кіла 2 і 3 і т. д. Дорожні приймачі ПП1 і ПП2, ПП3 і ПП4 підключаються до загальної точки релейних кінців РЦ. Приймачі мають властивості частотної селекції і пороговими властивостями, тобто реагують на сигнал певної частоти і амплітуди. Дорожні реле на виходах приймачів нормально збуджені. При знаходженні рухомої одиниці (або зламі рейки), наприклад, на 4П колійне реле ПР4 знеструмлюється. Порушення цього реле від сигнального струму рейкового кола 3П виключено через велике згасання частоти F2 в приймачі ПП4(F1). Виключається і можливість збудження цього реле сигнальним струмом частоти F1 від генератора Г1 рейкового кола 1П через природне загасання в рейковій лінії протягом трьох РЦ (1, 2 і 3). Розрахунки показали, що рівень перешкоди від цього сигналу буде приблизно в 100 разів нижче за рівень корисного сигналу, що надходить на обмотку реле від генератора власної РЦ.

В окремих випадках (при малій довжині РЦ 2П і 3П та високому рівні сигналу в 1П) передбачається застосування та чергування трьох частот. У зв'язку з відсутністю ізолюючих стиків шунтовий режим ТРК настає не тільки при знаходженні рухомої одиниці на ділянці шляху між генератором і приймачем, але і при знаходженні в деякій зоні за межами підключення цих приладів. Цю зону називають зоною додаткового шунтування. Так, наприклад, при наближенні рухомої одиниці на відстань $L_{ш}$ від точки підключення генератора Г4/5 (див. рис. 2.1) колійне реле ПР5 знеструмлюється. Величина цієї відстані залежить від несучої частоти та питомого опору баласту і в граничному випадку становить 1015% від довжини рейкового кола.

Розглянута апаратура розміщується в станційному приміщенні або в релейних шафах залежно від типу АБ і з'єднується з рейковою лінією за допомогою

сигнального кабелю. На полі (безпосередньо на шляху) розміщуються пристрої узгодження та захисту УСЗ.

У реальних схемах для підвищення завадостійкості від тягового струму і струмів РЦ паралельного шляху передбачена модуляція сигнального струму частотами 8 і 12 Гц.

Діапазон несучих частот сигнального струму (400 ... 800 Гц) прийнятий виходячи з умови забезпечення оптимальних експлуатаційних характеристик ТРК. Конкретні частоти в цьому діапазоні були обрані в проміжках між гармоніками тягового струму та струму промислової частоти. Гармонічні складові постійного тягового струму мають частоти 300, 600, 900, Гц. Причому, чим вища частота, тим нижчий рівень гармоніки. Тому в ТРК з апаратурою першого покоління для систем ЦАБ було обрано частоти $f_8 = 425$ Гц і $f_9 = 475$ Гц. При створенні апаратури другого покоління було додано частоти $f_{11} = 575$ Гц, $f_{14} = 725$ Гц і $f_{15} = 775$ Гц. Це дозволило застосовувати в системах АБ три частоти, використовувати ТРК на станціях у системі електричної централізації та на лініях метрополітенів у системі автоматичного регулювання швидкості.

В апаратурі третього покоління для підвищення завадостійкості ТРК на ділянках з електротягою змінного струму були прийняті несучі частоти 420, 480, 580, 720 і 780 Гц, що дозволяє використовувати ці ТРК при будь-якому вигляді тяги. У децентралізованих системах АБ у переважній більшості випадків для ТРКЗ досить використовувати дві частоти. Так, відповідно до норм проектування рейкові кіла з однаковими частотами можуть повторюватися при відстані 2000 м від живильного кінця одного рейкового кола до приймального кінця інший. Тобто, сумарна довжина РЦ 1П, 2П і 3П (див. рис. 2.1) повинна бути не менше 2000 м. При довжині ТРКЗ, що впливає, менше 750 м ця відстань повинна бути не менше 1750 м. У ТРК4 використовуються частоти 4545, 5000, 5555 Гц.

Максимальна довжина тональних рейкових кіл $L_{max}=1000$ м (для ТРК4 – 300 м). У цьому виконання всіх режимів роботи ТРК забезпечується при $r_i \min=0,7$ Ом·км. З зменшенням мінімального питомого опору ізоляції рейкової лінії гранична довжина ТРК знижується. Так, при $r_i \min=0,1$ Ом·км $L_{max}=250$ м, при $r_i \min=0,04$ Ом·км $L_{max}=150$ м. ТРК може використовуватись і з ізолюючими стиками. При цьому її гранична довжина збільшується до 1300 м-коду.

До тональних рейкових кіл відносяться також рейкові кіла, що використовуються в системі АБ-УЕ (діапазон частот 1900 - 2800 Гц). Використання адаптивного колійного приймача (див. п. 1.4) дозволило істотно збільшити довжину цих рейкових кіл у порівнянні з розглянутими вище. Слід зазначити також, що РЦ системи АБ-УЕ є кодовими. Далі розглядаються ТРК розробки ВНИИЖТ.

Основні переваги ТРК пов'язані з можливістю роботи без ізолюючих стиків. При цьому:

1. Виключається най ненадійніший елемент СЖАТ – ізолюючі стики (частку ізолюючих стиків припадає 27% всіх відмов пристроїв СЖАТ).
2. Відпадає необхідність встановлення дорогих дросель-трансформаторів для пропуску тягового струму в обхід стиків, що ізолюють. При цьому зменшується кількість відмов через обрив і розкрадання перемичок і знижуються витрати на обслуговування.
3. Поліпшуються умови протікання зворотного тягового струму по рейкових нитках.
4. Зберігається міцність шляху з довгомірними рейковими батогами.

У вибраному діапазоні несучих частот рівень гармонічних складових тягового струму менше, ніж при більш низьких частотах, що дозволило:

1. Підвищити схибленість РЦ.

2. Підвищити чутливість приймачів як наслідок, знизити потужність, споживану ТРК.

3. Крім того, застосування більш високих частот дозволяє легше реалізувати добротні фільтри менших габаритів і підвищити захищеність приймачів від впливу сусідніх частот.

Можливість видалення апаратури від рейкових ліній на досить велику відстань забезпечує економічну доцільність застосування ТРК у таких випадках:

1. Для контролю вільності перегону та справності рейок у системі ПАБ, що підвищує безпеку руху та дає можливість впровадження систем диспетчерської централізації.

2. Для організації захисних ділянок необхідної довжини кодової та імпульсно-провідної АБ. При цьому встановлення додаткових релейних шаф та лінійних високовольтних трансформаторів у межах блок-діляниці не потрібно.

3. Як РЦ накладання для отримання необхідної довжини ділянок наближення до переїзду. Це дозволяє скоротити до мінімуму передчасність закриття переїзду.

4. На ділянках зі зниженим опором баласту.

Крім того, до переваг ТРК слід віднести відсутність контактних реле, що працюють в імпульсному режимі, що істотно підвищує надійність і довговічність апаратури. Відомо, що серед приладів СЖАТ найбільше відмов припадає на дешифратори кодового автоблокування, трансмітерні реле та імпульсні колійні реле.

Недоліками ТРК є мала гранична довжина та наявність зони додаткового шунтування.

1.1.2 Особливості розрахунку ТРК

Особливості розрахунку ТРК визначаються такими чинниками.

1. Відсутність ізолюючих стиків, що вимагає обліку вхідних опорів суміжних рейкових кіл. Ці опори виявляються підключеними по кінцях рейкової лінії паралельно опорам апаратури і істотно впливають на режими роботи ТРК.

2. Використання кабелю щодо великої довжини для підключення апаратури ТРК до рейкової лінії, що вимагає обліку опору та ємності жил кабелю та їх узгодження з опором апаратури, а також розрахунку гранично допустимої довжини кабелю.

3. Наявність зони додаткового шунтування, що призводить до необхідності дослідження та розрахунку її довжини залежно від довжини ТРК, частоти сигнального струму та зміни опору баласту.

4. Відмінність довжин суміжних ТРК, що живляться від одного генератора. При цьому має бути забезпечене виконання всіх режимів роботи кожної з цих ТРК за загальної напруги живлення.

5. Вплив сигналу від генератора однієї ТРК на приймач іншої ТРК із тією самою частотою. Для унеможливлення такого впливу необхідно визначити мінімально допустиму довжину ТРК при використанні двох частот.

6. Застосування ТРК на ділянках зі зниженим опором баласту. При роботі ТРК без ізолюючих стиків в цих умовах істотно зростає вплив обхідних шляхів для сигнального струму (між путні перемички, заземлення опор контактної мережі, відсмоктування тягового струму і т. д.). У зв'язку з цим схема заміщення рейкової лінії повинна прийматися несиметричною. Для такого випадку відомий метод, заснований на заміщенні елементів РЦ еквівалентними чотириполюсниками, стає незастосовним через складність і громіздкість одержуваних виразів.

7. Можливість сприйняття локомотивними котушками другого поїзда кодового сигналу АЛС, призначеного для попереду поїзда.

Дослідження та синтез тональних рейкових кіл, проведені фахівцями ВНІЖТу з урахуванням перелічених факторів, дозволили вибрати несучі частоти

та оптимізувати параметри апаратури ТРК3 та ТРК4, розробити рекомендації щодо вибору довжин цих РЦ у різних умовах експлуатації, скласти регульовальні таблиці.

1.1.3 Узагальнена схема тонального рейкового кола

Як зазначалося вище, у процесі розвитку та вдосконалення ТРК, а також для різних випадків застосування було створено 4 типи апаратури ТРК. Маючи загальні принципи побудови та роботи, вони відрізняються сферою застосування, технічною реалізацією апаратури та її характеристиками.

На рис. 1.2 представлено узагальнену структурну схему ТРК.

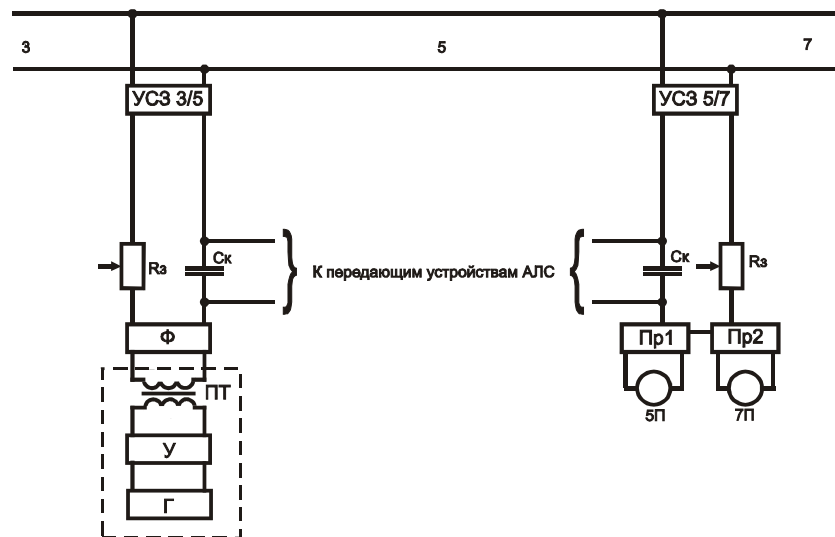


Рисунок – 1.2 Узагальнена структурна схема ТРК

Передавальна апаратура першого і другого поколінь містила генератор Г амплітудно-модульованих сигналів, підсилювач У, шляховий трансформатор ПТ для налаштування напруги живлення ТРК в залежності від її довжини і величини мінімального питомого опору баласту, фільтр живлення кінця Ф. У подальшому

в рейкових колах ТРК і ТРК4 блоки Г, У, Ф та ПТ були об'єднані в один блок генератора, а фільтри стали виконувати нові функції.

На приймальному кінці послідовно включені два приймача - приймач Пр1 рейкового кола⁵, налаштований на частоту генератора Г, та приймач Пр2 рейкового кола⁷ іншої частоти. На виходах приймачів включені колійні реле 5П і 7П, що фіксують стани відповідних рейкових кіл.

Генератори та фільтри настроюються на конкретну частоту за допомогою зовнішніх перемичок. Це дозволяє зменшити номенклатуру апаратури, що вигідно як з точки зору виробництва (зменшується різнотипність виробів), так і з точки зору експлуатації (зменшується кількість запасних блоків і підвищується їх універсальність). Приймачі випускаються індивідуально для кожної комбінації несучої та модулюючої частот.

Резистори R_d грають роль баластових опорів і забезпечують необхідні вхідні опори по кінцях рейкової лінії. Це регульований резистор опором 400 Ом; його величину вибирають залежно від довжини кабеля сполучного.

Схема ТРК передбачає можливість передачі сигналів АЛС числового та частотного кодів. Включення кодових сигналів у рейкову лінію проводиться по існуючих жилах кабелю передавального та приймального кінців ТРК. Конденсатори є елементами фільтра передаючих пристроїв АЛС.

Пристрої узгодження та захисту УСЗ розміщуються в колійних ящиках і вирішують наступні завдання: узгодження опору з'єднувального кабелю та апаратури з опором рейкової лінії, захист апаратури ТРК від грозового розряду (при автономній тязі поїздів) або від комутаційних перенапруг у контакт від асиметрії зворотного тягового струму (при електричній тязі). До пристроїв захисту можна віднести і дросель-трансформатори, що встановлюються при електричній тязі для вирівнювання зворотних тягових струмів в рейкових нитках (для усунення асиметрії).

Конкретні схеми ТРК для різних випадків застосування будуть розглянуті далі у відповідних розділах.

У табл. 1. наведено типи та основні особливості апаратури ТРК різних поколінь.

До даних, наведених у таблиці, необхідно дати такі доповнення та пояснення.

1. У системах ЦАБс та АБТс на початковому етапі, до розробки ТРКЗ, використовувалася апаратура ТРК другого покоління.

2. Частоти модуляції всім типів апаратури – 8 і 12 Гц.

3. У дужках вказано вдосконалені модифікації блоків.

4. Числа в позначенні типу фільтра та блоку ГП вказують номери несучих частот, на які вони можуть бути налаштовані за допомогою зовнішніх перемичок.

5. Різновиди приймачів визначаються комбінацією несучої та модулюючої частот. Ці дані вказуються в позначенні типу конкретного приймача (перше число – умовний номер несучої частоти, другий – частота модуляції). Наприклад, ПРЦ8-8 або ПРЦ8-12 (приймач рейкового кола, налаштований на несучу частоту $f_8 = 425$ Гц і частоту модуляції 8 або 12 Гц). Крім того, різновиди приймачів визначаються областю застосування (залізничні лінії або лінії метрополітенів). Для ліній метрополітенів випускаються приймачі, чутливість яких у 2 рази нижче. Наприклад, ППМ11-8 (шляховий приймач для ліній метрополітенів, налаштований на несучу частоту $f_{11} = 580$ Гц і частоту модуляції 8 Гц).

6. На даний час відповідно до Вказівки ГТСС № 1454 від 12 травня 2000 року апаратуру першого та другого поколінь у діючих пристроях замінено на апаратуру третього типу.

Всі блоки (крім колійного трансформатора ПТ) конструктивно виконані на платах реле НМШ, НШ та ДСШ і підключаються до монтажу за допомогою відповідних штепсельних розеток.

Таблиця 1.1– Різновиди апаратури ТРК

Параметры	Первое поколение	Второе поколение	Третий тип (ТРЦ3)	Четвертый тип (ТРЦ4)
Некоторые характеристики и особенности	+5...+40 ⁰ С	-45...+65 ⁰ С Взаимозаменяема с аппаратурой 1-го поколения	-45...+65 ⁰ С Унифицирована для любого сопротивления балласта и вида тяги, уменьшены габариты и количество аппаратуры, повышена помехозащищенность	-45...+65 ⁰ С Уменьшена зона дополнительного шунтирования
Область применения	ЦАБ	ЦАБ-М, АРС метрополитенов	ЦАБс, АБТс, АБТ, АБТЦ	АБТ
Несущие частоты, Гц	425, 475	425, 475, 575, 725, 775	420, 480, 580, 720, 780	4545, 5000, 5555
Тип блока (по рис. 2.2)	Напряжение питания блоков	~17,5 В	~17,5 В; ~35 В	~17,5 В; ~35 В
	Г ПГМ	ГРЦ	ГП8,9,11	ГРЦ4 (ГП4)
	У ПУ1	ПУ1	ГП11,14,15 (ГП3/8,9,11 ГП3/11,14,15)	
	ПТ ПТЦ	ПТЦ		
	Ф ФП8,9	ФП8,9 ФП11,14,15	ФПМ8,9,11 ФПМ11,14,15	ФРЦ4 (ФРЦ4Л)
	Пр УПКЦ... 4 типа	ПРЦ... 10 видов для жел. дорог и 10 для метро	ПП... (ПП1...) 10 видов для железных дорог и 10 для метро	ПРЦ4... (ПРЦ4Л...) (ПРЦ4Л1...) 6 видов

1.2 Принципи побудови та технічна реалізація системи АБТ

1.2.1 Структурна схема та переваги системи АБТ

В останні 10-15 років на мережі залізниць країни впроваджувалися системи АБТ, побудовані за індивідуальними проектами або відповідно до методичних вказівок ГТСС І-206-91 "Автоблокування з рейковими кілами тональної частоти без ізолюючих стиків для двох-колійних ділянок при всіх видах тяги АБТ-2-91" та І-223-93 (АБТ-1-93).

У цьому розділі принципи побудови та роботи пристроїв АБТ розглядаються на прикладі технічних рішень АБТ-2-91 з урахуванням наступних вказівок ГТСС на зміну схем. Суть і призначення таких змін у кожному конкретному випадку викладаються в тексті цієї роботи. Схемні рішення АБТ для однопутних ділянок (АБТ-1-93) аналогічні.

Основними відмінними рисами системи АБТ є:

1. Децентралізоване розміщення апаратури з установкою прохідних світлофорів.
2. Застосування ТРК без встановлення ІВ між рейковими кілами та на межах БО.
3. Використання ТРК4 для чіткішої фіксації кордонів БО.
4. Передача інформації між сигнальними установками по лінійних колах.
5. Наявність захисних ділянок за прохідними світлофорами.
6. Двостороння дія автоблокування по кожному шляху двоколісного перегону.
7. Наявність схеми контролю втрати шунта під рухомою одиницею.

До особливостей побудови електричних схем слід віднести дублювання основних реле та використання принципу двополюсного розмикання під час реалізації схемних залежностей.

Для реалізації схем застосовуються переважно реле IV покоління (типу РЕЛ). Проте передбачено можливість побудови системи на реле III покоління (типу НМШ). Для цього в методичних вказівках наведено варіанти заміни. Така можливість заміни стає особливо важливою у зв'язку з тим, що у 2000 році через дефіцит потужності Санкт-Петербурзького електротехнічного заводу, що випускає реле типу РЕЛ, ряду доріг (зокрема і Куйбишевської) було заборонено використовувати під час проектування реле цього типу. Необхідно відзначити,

що у 2001 році Камишлівський електротехнічний завод розпочав випуск великої номенклатури реле типу Н та 2С, взаємозамінних з реле РЕЛ та С2.

Відповідно до структурної схеми (рис. 1.3) основними вузлами АБТ є: рейкові кіла ТРК, лінійне коло Л-ОЛ з лінійним передавачем ЛП і приймачем ЛПр для ув'язування показань світлофорів, схема управління вогнями світлофора СУО, схема підлогових пристроїв системи АЛ. У лінійне коло введено також кодове реле КВ.

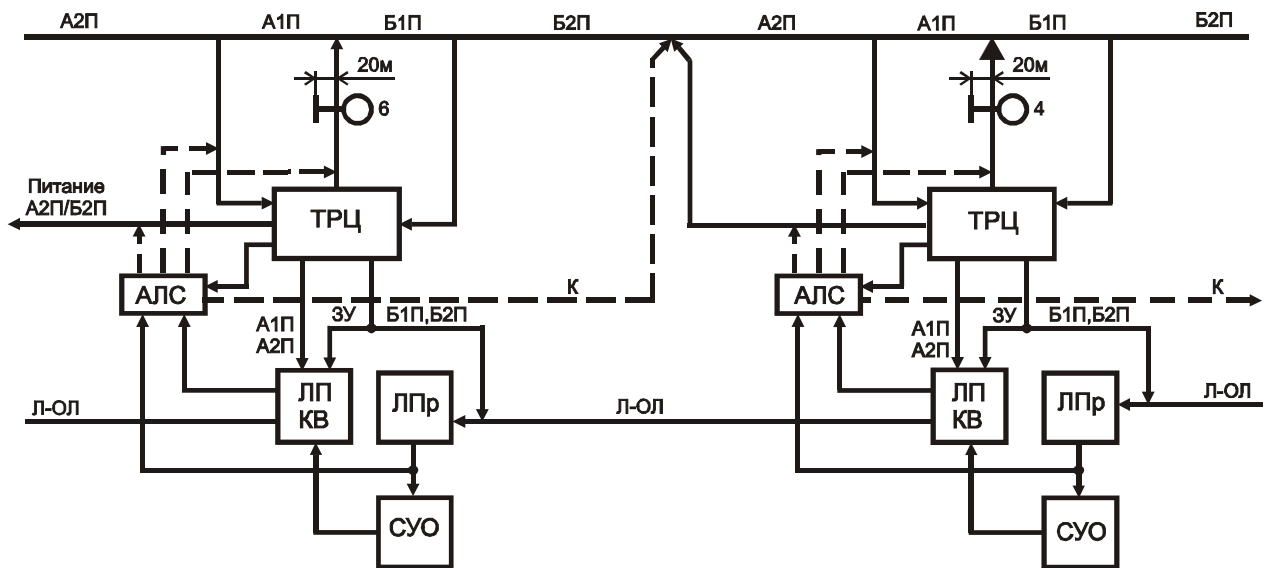


Рисунок – 1.3. Структурна схема системи АБТ

Крім того, до основних вузлів АБТ слід віднести лінійні кіла ув'язки з пристроями електричної централізації і переїзними пристроями і схему виключення роздільної здатності показання світлофора при втраті шунта (схема контролю втрати шунту), які на схемі не показані.

Кожен СУ обладнується, як правило, чотирма рейковими кілами. Дві з них (А2П і Б2П) це рейкові кіла типу ТРК3 з максимальною довжиною до 1000 м. На межах блок-ділянок застосовують рейкові кіла типу ТРК4 (А1П і Б1П) довжиною 100 300 м (рекомендується використовувати довжину 20 м). Застосування

рейкових кіл ТРК4 викликане необхідністю більш чіткої фіксації меж блок-ділянок. В іншому випадку поїзд, що рухається, зашунтує попереду рейкове коло сусіднього блок-ділянки, це призведе до включення забороняючого вогню світлофора перед поїздом. Рейкові кіла ТРК4 за рахунок більш високої частоти і меншої довжини мають малу зону додаткового шунтування (до 15 м). Зсув світлофора на 20 м від точки підключення генератора ТРК4 виключає зазначену вище ситуацію.

При довжині БО менше 1400 м або за наявності ізолюючих стиків на межі блок-ділянки (ділянка наближення до станції) може застосовуватися три рейкові кіла. Число рейкових кіл на БУ може бути і більшим, ніж чотири (наприклад, на блок-ділянки з переїздом).

Від кожної СУ здійснюється живлення рейкових кіл А1П та Б1П, а також рейкових кіл А2П та Б2П попереднього блок-ділянки. При цьому на сигнальній установці контролюється стан двох РЦ перед світлофором (А2П і А1П) і двох РЦ за світлофором (Б1П і Б2П). Апаратура ТРК розміщується в релейних шафах та з'єднується з рейковою лінією за допомогою кабелю. Безпосередньо в дорозі розміщуються колійні ящики з пристроями узгодження та захисту (на схемі не показано).

По колу Л-ОЛ від кожного світлофора до попереднього лінійний передавач ЛП передає таку інформацію:

- про стан світлофора 4;
- про стан рейкових кіл А1П та А2П блок-ділянки 6П;
- про справність нитки та колаживлення лампи червоного вогню світлофора 4 при його закритому стані;
- про стан захисної ділянки за світлофором 4.

Крім того, в колі Л-ОЛ на 6-й сигнальній установці перевіряється стан рейкових кіл Б1П та Б2П блок-ділянки 6П.

По лінійному колі Л-ОЛ інформація надходить на лінійний приймач ЛПр, який розшифровує її і забезпечує включення відповідного вогню світлофора і вибір кодових сигналів АЛС для передачі на локомотив.

Застосування лінійних кіл для ув'язування показань світлофорів дозволяє відмовитися від застосування менш надійних кодових рейкових кіл, що підвищує надійність автоблокування в цілому.

Для АЛС використовуються сигнали числового коду. Кодування рейкових кіл блок-діляниці проводиться від попереду СУ. Подача кодових сигналів АЛС в РЛ здійснюється за живильними та релейними жилами кабелю рейкових кіл у міру їх заняття поїздом. Вступ поїзда на БУ 6П контролюється приймачем Б1П 6-ї сигнальної установки. Інформація про це коло Л-ОЛ фіксується на 4СУ за допомогою реле КВ, яке включає кодові сигнали АЛС.

Захисні ділянки організовані за кожним прохідним світлофором для виключення випадків зіткнення поїздів під час проїзду світлофора із заборонним показанням. При цьому якщо захисна ділянка зайнята, то червоний вогонь вмикається і на огорожувальному та на попередньому світлофорі. Як захисну ділянку в системі АБТ використовуються рейкові кола Б1П і Б2П, тому інформація про його стан подається на лінійний передавач ЛП від блоку ТРК.

Двосторонній рух поїздів по кожному шляху двоколісного перегону дозволяє найбільш гнучко регулювати поїздопотік за наявності нерівномірного руху поїздів за напрямками, а також здійснювати безперервний обгін поїздів на перегоні. Регулювання руху поїздів неправильним шляхом при зміні напрямку руху здійснюється за сигналами АЛС без прохідних світлофорів. При цьому змінюється напрям передачі інформації в лінійному колі Л-ОЛ і перебудовується схема кодування. Рейкові кіла не реверсуються. Для кодування рейкових кіл А1П і А2П під час руху поїзда неправильним шляхом передбачена спеціальна пара жил КП-КМ.

1.2.2 Лінійне коло ув'язування прохідних світлофорів

У даному пункті розглядається схема кола Л-ОЛ, що забезпечує логічний зв'язок між прохідними світлофорами і управління кодовключаючим реле. Наприклад розглянемо коло між сигнальними установками 4 і 6 світлофорів (рис. 1.4).

Передача інформації здійснюється з використанням полярної ознаки струму, який сприймають дубльовані лінійні реле Л1 і Л2 (комбіновані реле типу КМШ-450).

Повідомлення формуються і передаються від 4-ї СУ до 6-ї наступним чином:

- про стан світлофора 4 (відкритий або закритий) контактами дубльованих сигнальних реле Ж1, Ж2 (подається струм прямої або зворотної полярності);
- про стан рейкових кіл А1П та А2П блок-ділянки 6П – контактами дубльованих реле АП1, АП2 (при зайнятості будь-якої з цих РЦ коло Л-ОЛ розривається);
- про стан захисної ділянки контактами реле БП1, БП2 (повторювачі колійних реле рейкових кіл Б1П та Б2П за світлофором 4). При зайнятій захисній ділянці лінійне коло розривається. Цим забезпечується включення червоного вогню на світлофорі 6 навіть при вільному 6П і виключаються наслідки при проїзді поїздом забороняючого сигналу;
- про несправність лампи червоного вогню контактами вогневого реле КО, які під час перегорання обох ниток лампи червоного вогню обривають лінійне коло.

зайнятості або зламів рейки на 6П. Цим забезпечується відповідність показань підлогового та локомотивного світлофорів.

При зміні напрямку руху лінійне коло комутується контактами реле ПН1 передачі інформації в протилежному напрямку.

1.3. Висновки за розділом. Постановка мети та завдання досліджень.

Дана тема є комплексною. Тональні рейкові кола є достатньо надійними пристроями. Зміни опору ізоляції баласту від 0.8 до 50 Ом/км не викликають збоїв в роботі ТРК при нормальному і шунтовому режимах роботи, хоча в деяких випадках напруга в нормальному і, особливо, в шунтовому режимі наближується до граничних значень, при яких можуть виникнути збої в роботі РК.

Але враховуючі, що реальні параметри електричних елементів схеми рейкового кола (резисторів, конденсаторів) відрізняються від номінальних у межах допуску, до того ж можуть змінюватися під дією температури, вологості, старіння, зміна їх значень приводить до зміни електричних параметрів рейкового кола (напруги на колійному приймачі). Це також може привести до збоїв в роботі ТРК.

Для підтримання безпечного і працездатного режиму роботи тональних рейкових кіл вони підлягають плановому контролю напруги на колійних приймачах і генераторах, що потребує значних матеріальних ресурсів.

Сучасні комп'ютерні системи дозволяють проводити контроль режимів роботи ТРК в автоматичному режимі

Відповідно в роботі поставлено мету розробити автоматизованого пристрою контролю напруги на колійному приймачу КП і колійному генераторі (КГ) ТРК.

2. РЕГУЛЮВАННЯ АПАРАТУРИ ТРК

Важливою умовою забезпечення надійної роботи ТРК є їх правильне регулювання перед включенням в експлуатацію та при технічному обслуговуванні. Порядок регулювальних робіт регламентується Методичними вказівками щодо перевірки пристроїв автоблокування АБТ, АБТЦ та АЛСО перед включенням в експлуатацію на залізницях України ЦШ/0025. Під час виконання робіт необхідно дотримуватись вимог Правил безпечної експлуатації пристроїв автоматики, телемеханіки та зв'язку на залізницях України ЦШ/0030.

Процес регулювання ТРК зводиться, в основному, до наступних дій:

- перевіряється правильність виконання монтажу та відповідність фактичних параметрів регульованих елементів необхідним за проектом;
- настраюються в резонанс фільтри питальних кінців;
- регулюються рівні напруг на входах колійних приймачів та виходах фільтра та вихідного трансформатора питального кінця;
- перевіряється справність монтажу, кабельних кіл та режими роботи ТРК.

У процесі технічного обслуговування при заміні апаратури або усуненні пошкодження в ТРК необхідно зробити регулювання РК і перевірку режимів його роботи в обсязі, що залежить від типу пошкодження або замінюваного приладу. Перед включенням в експлуатацію вся апаратура ТРК повинна бути перевірена до РТД на відповідність вимогам НТД.

Розглянемо поетапно процес регулювання.

Перевірка правильності виконання монтажу та відповідності фактичних параметрів регульованих елементів ТРК необхідним за проектом виконується після завершення будівельно-монтажних робіт або заміни в процесі експлуатації елементів ТРК із регульованими параметрами. Відповідно до Інструкції з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування

(СЦБ) ЦШЕОТ/0012 необхідно зробити поконтактну перевірку виконаного монтажу, перевірити відповідність номіналів запобіжників, виміряти опір ізоляції кіл живлення та кабелю, виконати інші перевірки пристроїв, передбачені тип.

Встановити у штепсельні роз'єми прилади ТРК відповідно до проекту та підключити виводи нештепсельної апаратури.

На живильних та релейних кінцях ТРК залежно від тривалості кабелю встановлюються необхідні значення опорів додаткових резисторів R_D або R_K (якщо вони регульовані). Значення опорів R_D повинні бути зазначені у регулювальній таблиці для шкільного ТРК. У загальному випадку опір кабельного резистора визначається за формулою

$$R_K = 400 - r_K \cdot L_K \quad (2.1)$$

де r_K – питомий опір кабельної петлі, Ом/км;

L_K – довжина кабелю, км.

Потім перевіряється цілість регульованих резисторів, тому що обрив проводу, навіть у неробочій частині резистора, може призвести до однополюсного об'єднання живильних та релейних кінців ТРК. Для підвищення надійності роботи пристроїв рекомендуються регульовані резистори типу 7175 замінити на С5-35 В-50 Вт з найближчим за значенням опором. Допускається замінити один резистор потужністю 50 Вт на два включені послідовно резистори 25 Вт приблизно однакового опору.

У колійних ящиках перевіряється правильність включення первинних та вторинні обмотки колійних трансформаторів. Коефіцієнт трансформації повинен становити $n = 38$ (за відсутності ДП або при підключенні апаратури питального кінця до основних обмоток ДП-0,6, ДП-0,2) або $n = 13,1$ (за наявності ДП-1-150).

Значення сумарного опору захисного резистора R_Z та опору з'єднувальних проводів та перемичок РСП вимірюється в колійній скриньці методом

амперметра та вольтметра при неперервному сигналі частотою 25 Гц або 50 Гц. З цією метою в кабельну лінію подається неперервна напруга від 40 до 70 В від кодового трансформатора або напруга від трансформатора ПОБС-3А з кросового стативу від мережі 50 Гц. При вимірюваннях і регулюванні опору рейкова лінія у місці підключення перемичок замикається або кінці перемичок, що підключаються до рейок, з'єднуються між собою.

Значення опорів повинні відповідати зазначеним у регулювальних таблицях. При зниженні опору R_3 покращуються умови передачі сигналів ТРК, зменшується зона додаткового шунтування. Однак одночасно з цим погіршуються умови виконання шунтового режиму, що зростає величина тягового струму, що протікає по вторинній обмотці колійного трансформатора (ПОБС-2А) за наявності асиметрії в рейковій лінії. Це може призвести до підмагнічування трансформатора та порушення нормальної роботи приймальних пристроїв РК.

При великих струмах асиметрії можливе перегорання запобіжника в колійному ящику. При підвищенні опору резистора R_3 необхідне підвищення потужності сигналів ТРК і АЛС, зростає зона додаткового шунтування. Водночас покращуються умови виконання шунтового режиму і знижується величина струму асиметрії, що протікає через вторинне обмотування трансформатора ПОБС-2А. У зв'язку з цим значення опору резистора R_3 повинно встановлюватись відповідно до регулювальних таблиць для шкірного ТРК.

Рекомендується виконувати регулювання ТРК по можливості при сухому або промерзлому баласті. При регулюванні всі пристрої ТРК, що впливають на нього, повинні бути відключені, наприклад, вилученням запобіжників у колах живлення колійних підсилювачів або іншим способом. Перед регулюванням ТРК необхідно перевірити та відрегулювати значення напруг живлення апаратури.

Електричні параметри ТРК повинні вимірюватися за допомогою приладів, що мають клас точності на змінному струмі не нижче 2,5 і опір на шкалі 1,5 В не менше 1,3 кОм, наприклад, Ц4312, Ц4380, В3-38, В3-38Б, В3 -55 або іншими аналогічними.

Регулювання ТРК проводиться у такій послідовності. Після подачі напруги живлення на колійний генератор і підсилювач перевіряється наявність напруг на їх виходах. Потім переходять до настроювання в резонанс фільтра питального кінця безпосередньо у схемі ТРК, оскільки на його настроювання впливає ємність кабельної лінії, що підключається (близько 0,05 мкФ/км).

Колійні фільтри живильного кінця налаштовуються в резонанс зміною ємності конденсаторів за допомогою зовнішніх перемичок, встановлених під пайку з монтажною сторони штепсельної розетки типу НШ. Зазначені у проектній документації виводи для підключення налагоджених перемичок можуть змінюватися в процесі регулювання. Внесені зміни затверджуються керівництвом дистанції сигналізації та зв'язку. Правильність настроювання визначається за максимальним значенням напруги на виході фільтра. При цьому напруги на індуктивному та ємнісному елементах фільтра також будуть максимальні і приблизно рівні між собою. Якщо напруга на ємності менша, ніж напруга на індуктивності, то ємність конденсаторів необхідно зменшити відпайкою дроту з одного із виводів або перенесенням дроту на інший вивід. У протилежному випадку ємність конденсаторів слід збільшити.

При регулюванні ТРК необхідно домогтися необхідних значень напруг (УПП) на вході колійних приймачів (виводи 11, 43). Напруга на вході приймача регулюється зміною напруги, що подається на вхід колійного фільтра. Гранично допустимі значення напруги на вході колійного приймача вказуються у регулювальних таблицях (УПП МАКС).

Значення напруг на вході приймачів, що рекомендується встановлювати в умовах експлуатації, на 10 – 20 % нижче за гранично допустимі значення і можуть бути також наведені в регулювальних таблицях або нормалях на ТРК. Якщо тривалості ТРК, що живляться від одного генератора, не однакові, то напруга регулюється за ТРК меншої довжини. У цьому випадку напруга на вході приймача ТРК більшої довжини може бути меншою за рекомендовану в регулювальній таблиці. У цьому випадку для зрівняння напруг на приймальних кінцях рейкових кіл різних довжин може бути використаний зрівняльний трансформатор УТЗ. Виводи 1, 2 УТЗ підключаються до входу колійного приймача. Виводи 3 – 9 УТЗ, до яких підключається кабель, вибираються залежно від необхідних значень коефіцієнтів трансформації.

Начальником дільниці або групою технічної документації дистанції сигналізації та зв'язку відповідно до нормалі або регулювальної таблиці складаються картки (таблиці) на кожній ТРК, за якими регулюються і перевіряються параметри РК в процесі експлуатації.

Рейкове коло вважається відрегульованим правильно, якщо фактичні напруги на вході колійного приймача при всіх умовах експлуатації не виходять за вказані в таблиці межі змін, а фактичні рівні вихідних напруг генератора та фільтра не перевищують зазначених у регулювальній таблиці. При цьому напруга постійного струму на колійному реле (АНШ2-310), включеному на виході колійного приймача, повинна знаходитися в межах від 4,0 В до 8,0 В. Значення цього напруження практично не залежить від сигналу на вході приймача, від напруги живлення.

Забороняється здійснювати регулювання ТРК зміною коефіцієнта трансформації погоджувального трансформатора ПОБС-2А, ДП, опорів резисторів R3 і RД, а також встановлювати напругу $U_{пп}$ більшого значення, ніж зазначено у регулювальній таблиці.

Орієнтована напруга на рейках приймального (релейного) кінця при зміні опору баласту від 1 Ом·км до 50 Ом·км повинна бути в межах від 40 мВ до 120 мВ для всіх ТРК. Напруга на рейках живильного кінця залежить від довжини ТРК і становить від 0,13 В до 0,95 В. При зміні опору баласту ці напруги змінюються на 10 – 20 %.

Справність монтажу, кабельних кіл та режимів роботи ТРК перевіряється в процесі пусконаладжувальних робіт, періодично в процесі експлуатації та після усунення несправності на кабельній магістралі.

Для з'єднання апаратури ТРК, розміщеної на посту ЄЦ, з колійними трансформаторами (ДП), розташованими безпосередньо біля рейкової лінії, використовується симетричний сигнально-блокувальний кабель із парною скруткою жил. При цьому дублювання та розпарювання жил кабелю не допускається (може призвести до підвищення у кілька разів взаємних впливів). Застосування несиметричного кабелю допускається, якщо в ньому використовується одна пара жил (наприклад, між муфтою та колійним ящиком наприкінці кабельної магістралі).

Приймальні та передавальні пари РК повинні укладатися в різних кабелях як на полі, так і в релейних приміщеннях, і не заводитися до спільних кабельних муфт. При перевірці правильності виконання монтажу кабельної магістралі необхідно:

- перевірити ізоляцію жив кабелю відповідно до вимог Інструкції з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування (СЦП) ЦШЕОТ/0012 (при цьому потрібно випромінювати прилади ТРК зі штепсельних розеток);

- підключити до кабелю колійні трансформатори ПОБС-2А (або ДП) усіх РК відповідно до проекту;

- вимірити опори шлейфів (через первинні обмотки колійних трансформаторів) шкірного передаючого та приймального кабельного кола з кросового стативу, які не повинні перевищувати 400 Ом;
- підключити до кабелю входи колійних приймачів усіх РК відповідно до проекту. При відключених передавальних генераторах усі колійні реле повинні знаходитися без струму;
- виключити передачу кодових сигналів АЛЗ;
- підключити вихід одного передавального генератора РК до відповідної згідно з проектом пари кабелю. При вільному стані колійні реле РК, до яких підключено передавальний пристрій, повинні знаходитися під струмом, а колійні реле інших РК – знеструмлені;
- відключити даний передавальний пристрій (генератор) та провести аналогічну перевірку для інших РК;
- підключити всі передавальні пристрої та перевірити виконання шунтового режиму накладанням нормативного шунту (0,06 Ом) на кінцях і в середині шкірного РК.

Відсутність однополюсних об'єднань при монтажі кабельної магістралі перевіряється почерговим вилученням сполучних дужок на кросовому стативі. Вилучення будь-якої дужки повинно призводити до знеструмлення колійного реле відповідного РК.

Обхідні кола можуть створюватися в результаті несправних з'єднань, ємнісними колами при розпаровуванні жил сигнальних пар, через зниження опору ізоляції між жилами або жилами та оболонкою кабелю тощо. Необхідно враховувати, що при обриві однієї з жил під проходження сигнального струму, хоча й зі значним загасанням, зберігається. Особливо це виявляється при підвищених частотах 720 Гц та 780 Гц за рахунок утворення обхідних кіл через ємність кабелю. В результаті в колі з обірваною жилою буде протікати

ослаблений сигнальний струм. Його значення зростає зі збільшенням сигнального струму і довжини кабелю. Таким чином, за наявності ослабленого сигнального струму не можна судити про справність кабельної лінії. При довжинах кабелю 2 км і більше при однополюсних замиканнях жил кабелю взаємний вплив між колами стає істотним, і струми впливу близькі до робочих значень. З метою підвищення безпеки при довжинах кабелю більше 2 км передбачається застосування схеми контролю справності кабельних кіл.

Контрольні реле цієї схеми знеструмлюються при обриві або сполученні між жилами різних пар, а також при зниженні ізоляції між ними нижче за розрахункові значення. Контрольні реле при цьому забезпечують індикацію пошкодження та відключення передавальних або приймальних кіл.

Якщо умови шунтового режиму виконуються, а збудження колійного реле відбувається тільки від передавального пристрою свого РК, то кабельна магістраль може бути включена в експлуатацію.

Регулювання шунтового режиму виконується після вимірювання залишкової напруги на вході колійного приймача при почерговому накладенні нормативного шунту 0,06 Ом на релейних, живильних кінцях і середині ТРК. Залишкова напруга не повинна перевищувати 0,2 В; при цьому напруга на колійному реле повинна дорівнювати нулю. Якщо залишкова напруга більша за нормативну, необхідно зменшити напругу на живильному кінці з урахуванням дотримання умов нормального режиму. Забороняється вимірювати залишкову напругу на шкалі 0,3 В вимірювального приладу, тому що опір самого приладу на цій межі вимірювань менший від входного опору приймача.

Для перевірки правильності монтажу та відсутності обхідних кіл через жили кабелю необхідно також накласти нормативний шунт і на середині ТРК. При цьому колійне реле має відпустити якір.

Перевірка роботи ТРК при обриві колу передачі сигналу здійснюється вилученням з'єднувальних дужок на кросовому стативі. Вилучається одна дужка, при цьому колійне реле має знеструмитися. Потім цю дужку ставлять на місце і вилучають іншу дужку, колійне реле також повинно бути без струму.

Рівність напруг на вході приймача в обох випадках свідчить про симетрію кабельної лінії. При перевірці контрольного режиму залишкова напруга на вході приймача повинна бути не більше 0,2 В.

При регулюванні ТРК можуть бути виміряні зони додаткового шунтування ТРК. Це особливо важливо в місцях, де довжина зони повинна бути обмежена. При вимірюванні зон додаткового шунтування організується зв'язок між працівниками у релейних приміщеннях та тими, що працюють на полі (аналогічно перевірці шунтового режиму). На деякому відстані (наприклад, якщо зона додаткового шунтування має бути 120 м), приблизно за 120 м від вхідного кінця випробовуваного ТРК (точці підключення апаратури) накладається шунт опором, близьким до нуля (наприклад, два шунти опором 0,06 Ом). Колійне реле має залишитися під струмом. Якщо воно без струму, то необхідно відійти від точки підключення апаратури ще на кілька метрів. Поступово наближаючи шунт до точки підключення апаратури випробовуваного ТРК, визначають відстань, при якій колійне реле відпускає якір (зона за наближенням).

При вимірюванні зон за віддаленням на ТРК накладається два шунти: один нормативний (0,06 Ом), а інший опором близьким до нуля. Перший шунт накладається в межах ТРК, а другий на деякому відстані за точкою підключення апаратури випробовуваного ТРК за напрямком руху (приблизно 100 м). Колійне реле має бути знеструмлене. Переміщуючи шунт вздовж рейкової лінії і збільшуючи відстань від точки підключення апаратури, знімають перший шунт і знаходять відстань, при якій колійне реле притягує якір.

2.1. Захист пристроїв ТРК від перенапруги

Напівпровідникові прилади, що входять до складу апаратури ТРК, уразливі до впливу потужних імпульсних завад, створюваних комутаційними та аварійними процесами, а також грозовими розрядами. Причиною цього є низька напруга пробою елементів, а також їх низька імпульсна теплова стійкість у порівнянні з аналогічними властивостями релейно-контактної техніки. Внаслідок пошкодження компонентів апаратури, в тому числі елементів ізоляції, можливі зміни режимів функціонування апаратури, причому характер цих змін важко заздалегідь прогнозувати.

На кожних 100 км ліній електропостачання автоблокування доводиться близько 10 прямих ударів блискавки при 30 грозових годинах протягом року. Шкірний випадок прямого удару блискавки викликає спрацьовування захисту та автоматичного вмикання резерву (АВР), а в деяких випадках – автоматичного повторного вмикання (АПВ). Отже, імпульсні процеси, спричинені блискавкою, супроводжуються комутаційними процесами імпульсного характеру. Відключення ненавантажених або мало навантажених трансформаторів спричиняє появу імпульсних процесів з напругою, що перевищує у 3 – 5 разів напругу в лінії. Цими процесами, а також процесами від грозових розрядів, зумовлено до 40% випадків пошкодження пристроїв, пов'язаних із системами енергопостачання.

Розглянемо причини низької стійкості пристроїв ТРК до потужних імпульсних пороків. Відповідно до типових рішень, при будівництві об'єктів електропостачання та пристроїв автоматики та телемеханіки виконується високовольтне заземлення біля високовольтної трансформаторної опори, з яким з'єднані високовольтні проводи через розрядники РВП-10. Виконується також низьковольтне заземлення у вигляді рейкової лінії, до якої приєднані

низьковольтні живильні проводи змінного струму через розрядники РВНШ-250 на ділянках з електротягою або через розрядники РВНШ-250 та вирівнювачі ВК-10 на ділянках з автономною тягою. Один з низьковольтних проводів у місці підключення до понижувального трансформатора ОМ пов'язаний із високовольтним заземленням через пробивний запобіжник ПП, який встановлюється на стороні обмотки нижчого напруги.

Високовольтне заземлення (біля понижувального трансформатора ОМ) і низьковольтне (біля релейного шафи автоблокування) істотно розрізняються за провідністю: середня провідність ґрунту біля високовольтного заземлення приблизно $10^{-2}(\text{Ом} \cdot \text{м})^{-1}$, а середня провідність металевої маси рейок м). В цьому випадку в початковий момент години струм блискавки протікає через розрядник РВП-10 і опір високовольтного заземлення. При досягненні на ньому падіння напруги, що відповідає напрузі пробою пробивного запобіжника (від 1,4 кВ до 1,7 кВ) і розрядника РВНШ-250 (від 0,7 кВ до 1,7 кВ), ці прилади спрацьовують. Через них частина струму блискавки проходить від високовольтного заземлення по низьковольтному живильному проводу до рейок внаслідок їх високої провідності.

Загальні вимоги до засобів захисту пристроїв СЦБ від перенапруг та конкретні методи захисту викладені в керівних вказівках. Методика захисту апаратури ТРК більш детально наводиться у методичних вказівках ГТСС.

Для захисту апаратури станційних ТРК застосовують схеми, наведені на рисунках 2.1 – 2.3.

Підключення приладів захисту необхідно здійснювати монтажним дротом з поперечним перерізом не менше $1,5 \text{ мм}^2$. Ці проводи повинні мати мінімальну довжину.

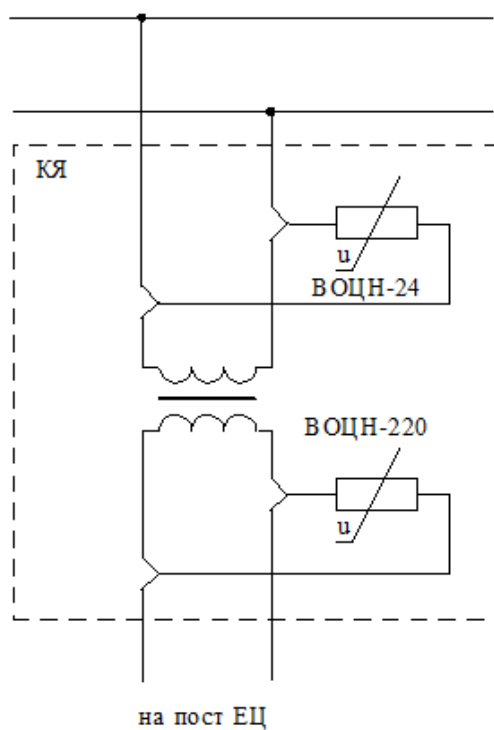


Рисунок – 2.1 Схема захисту станційного ТРК при автономній тязі

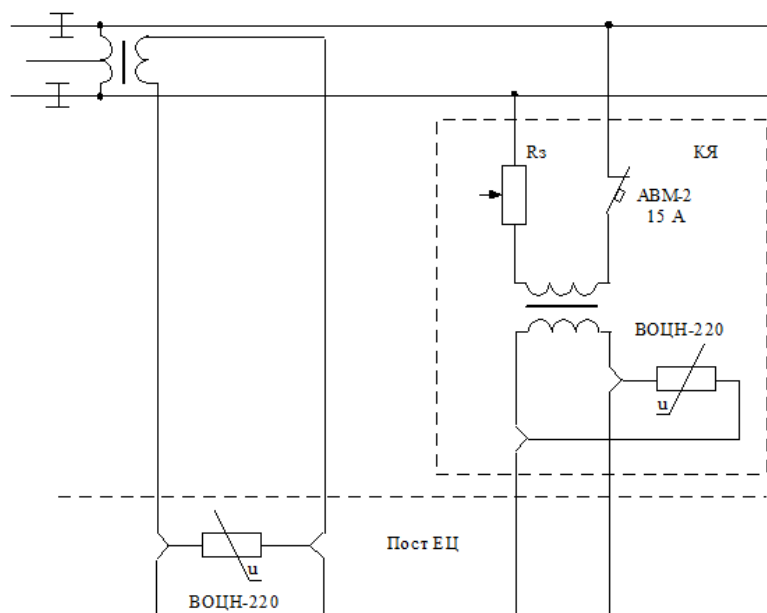


Рисунок – 2.2 Схема захисту станційного ТРК при електротязі постійного струму

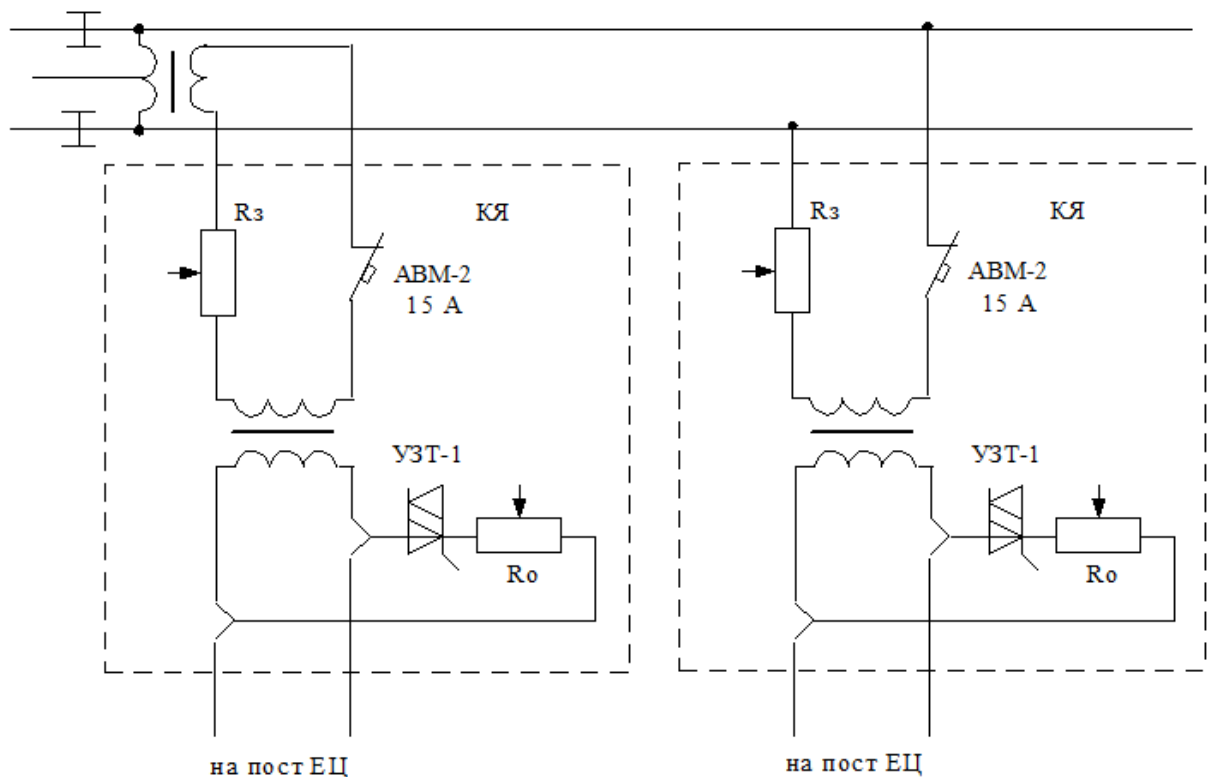


Рисунок – 2.3 Схема захисту станційного ТРК при електротязі змінного струму

2.2. Пошук і усунення несправностей у ТРК

Несправність ТРК, як правило, призводить до її помилкової зайнятості. Щоб визначити в ТРК місце відмови, використовують спосіб послідовного пошуку з урахуванням особливості ТРК, яка полягає в тому, що живлення сусідніх РК може здійснюватися від одного колійного генератора, тобто вони можуть мати загальний живильний (передавач) кінець. Крім того, приймачі суміжних ТРК можуть включатися послідовного в одну сигнальну пару, утворюючи при цьому загальний приймальний кінець. Це, в більшості випадків, дозволяє за реакцією приймальних пристроїв на пошкодження виявити можливе місце виникнення несправності. Наприклад, при помилковій зайнятості двох ТРК, що мають

загальний живильний кінець, найбільш ймовірним місцем ушкодження є передавальний кінець, включаючи апаратуру та з'єднувальний кабель. А при помилковій зайнятості одного з двох ТРК найбільш ймовірне місце ушкодження – рейкова лінія або приймальний кінець.

При помилковій зайнятості двох суміжних ТРК, що мають різні передавальні та загальні приймальні кінці, несправність слід шукати у з'єднувальному кабелі або у схемі приймального кінця. Після попереднього аналізу та визначення зони несправності для полегшення вимірювань доцільно виключити подачу до ТРК кодових сигналів АЛС. Якщо попередній аналіз показав, що несправність знаходиться на живильному кінці ТРК, необхідно перевірити рівні сигналу на виході колійного фільтра (в межах від 20 В до 60 В) та на виході колійного генератора (в межах від 2 В до 6 В). Якщо вихідна напруга відсутня, необхідно перевірити напругу живлення генератора, яка повинна бути в межах від 31,5 до 36,8 В (ГП, ГПЗ) або від 207 до 241,5 В (ГПУ). Для контролю несучої частоти і частоти модуляції сигналу можна скористатися спеціальними індикаторами сигналу, наприклад ІЧТ-0,3 або селективними приладами (В7-63 тощо).

Якщо напруги на виходах генератора і фільтра в нормі, то варто перевірити рівень напруги на кросі (не вилучаючи дужок) і порівняти його з напругою на виході колійного фільтра. У тому випадку, якщо ці напруги близькі за значенням, і відповідають зазначеним у картці ТРК, то несправність треба шукати в кабелі (обрив) або колійному ящику живильного кінця. Якщо напруга на кросі питального кінця (без вилучення дужок) близька до нуля, то необхідно скористатися імітатором навантаження живильного кінця (первинна обмотка трансформатора ПОБС-2А з резистором опором від 0,2 до 0,6 Ом, приєднаним до виводів ІІЗ, ІІЗ при перемичці ІІ4 – ІІІ1), що підключається до монтажних гнізд кросового стативу. При цьому дужки вилучаються, а первинна обмотка ПОБС-2А підключається до кросу збоку монтажу.

Якщо напруга на навантаженні (первинній обмотці ПОБС-2А) дорівнює напрузі на виході колійного фільтра, то несправністю є коротке замикання у кабельній лінії. Якщо ж напруга на навантаженні (імітаторі) відсутня або близька до нуля, то несправність треба шукати у релейному помещенні, і пошкодження слід шукати методом послідовних вимірювань на елементах живильного кінця ТРК. Якщо весь круг справний, то необхідно перевірити справність апаратури, замінивши блоки явно справними. Якщо виявлено помилкову зайнятість лише одного ТРК, то найбільш імовірним місцем пошкодження є рейкова лінія або колійний приймач. При помилковій зайнятості двох суміжних ТРК, що мають загальний приймальний кінець, несправність слід шукати у сполучному кабелі або у схемі приймального кінця. Для локалізації місця несправності найкраще скористатися імітатором навантаження релейного (приймального) кінця, наприклад, встановленням резистора МЛТ-2 опором $200\ \Omega + 10\%$.

Якщо попередній аналіз показав, що несправність знаходиться на релейному кінці РК, то на кросі вилучаються дужки і у гнізда кросового статива з боку кабельної лінії підключається імітатор навантаження ($200\ \Omega$) і вимірюється напруга на ньому. Якщо напруга на резисторі менше $0,4\ \text{В}$, то несправність варто шукати у кабельній лінії (обрив) або в колійному ящику релейного (приймального) кінця. Для цього необхідно перенести навантаження $200\ \Omega$ у колійний ящик, підключити його замість кабельних жил і вимірити напругу, яка повинна бути не менше $0,4\ \text{В}$. На підставі виміряного значення робиться висновок про несправність кабельних жил або іншої апаратури, розташованої в колійній ящику.

Якщо напруга на резисторі, підключеному до кабельних жил на кросі не менше $0,4\ \text{В}$, то кабельна лінія справна. У разі, якщо внаслідок несправності були знеструмлені два суміжні ТРК, які мають загальний релейний кінець, то відмову слід шукати у релейному помещенні.

Коли внаслідок несправності було знеструмлено лише одне з двох ТРК, із загальним релейним кінцем, варто скористатися індикатором несучої та модулюючої частот. Якщо на опорі, підключеному до кабельних жил на кросі, не зафіксовано необхідної частоти сигналу, робиться висновок про несправність рейкової лінії. В іншому випадку несправний колійний приймач.

Одним із способів визначення зони несправності в процесі пусконаладжувальних робіт може бути включення апаратури ТРК самої на собі, минаючи рейкову лінію. Так, при виникненні помилкової зайнятості, можна відключити вихід колійного фільтра від рейкової лінії (на кросі) і через резистор опором від 1,5 кОм до 2,0 кОм (МЛТ-2) підключити до входу колійного приймача, також попередньо відключеного від рейкової лінії (На кросі). Якщо колійне реле стане під струм, зона несправності знаходиться поза релейним приміщенням, у протилежному випадку відмовивши елемент слід шукати всередині релейного приміщення. Додаткову інформацію про місце та характер несправності може бути отримано за проходженням сигналів ТРК або АЛС. Якщо будь-який сигнал з передавального кінця проходить через кабель, рейкову лінію та його напругу присутній у приймальній кабельній лінії (на іншому кінці ТРК), то це вказує на справність кабельної та рейкової ліній, і відмову слід шукати в апаратурі або монтажі. Якщо сигнал з одного кінця ТРК на інший не приходить, то найбільш імовірним є несправність кабельної або рейкової лінії. Відмови передавальних пристроїв АЛС при нормальній роботі ТРК легко знайти за реакцією локомотивних приймальних пристроїв, а за відсутності поїздів – за наявністю напруги на вході кабелю при штучному зайнятті ТРК.

Пошкодження однієї сигнальної пари кабелю (обрив або коротке замикання) також призводить до помилкової зайнятості двох суміжних (сусідніх) ТРК. Якщо всі коли справні і наявне необхідне напруга, то можливе відхилення модулюючої частоти (8Гц або 12Гц), що може призвести до помилкової зайнятості одного або

двох ТРК. Помилкова зайнятість ТРК можлива також і при несправності колійного приймача. При збудженні колійного приймача можлива помилкова вільність ТРК, що є небезпечною відмовою.

На рис. 2.4 представлено загальний алгоритм пошуку несправностей у ТРК.

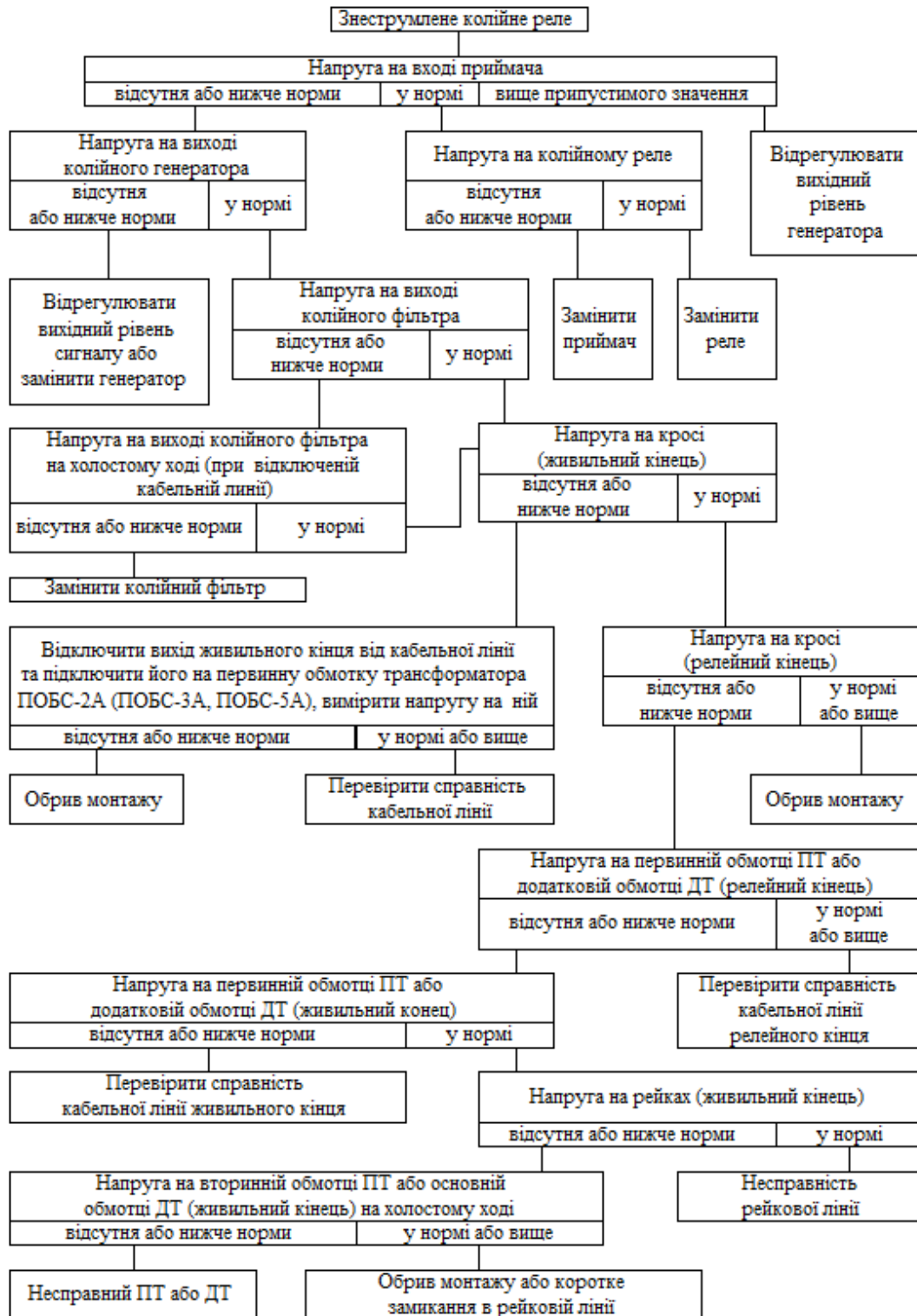


Рисунок – 2.4 Алгоритм пошуку несправностей в ТРК

2.3. Висновки за розділом

В даному розділі проаналізовано методи обслуговування і регулювання ТРК, пошуку дефектів та їх усуненню а також захист пристроїв ТРК від перенапруги.

Оскільки ця робота відбувається в ручному режимі, експлуатаційні витрати на неї є суттєвими. Тому автоматизація контролю параметрів рейкових кіл є практично важливою задачею, вирішення якої дозволить зменшити експлуатаційні витрати.

3. ДОСЛІДЖУВАННЯ ВПЛИВУ ДЕСТАБІЛІЗУЮЧИХ ФАКТОРІВ НА РОБОТУ ТРК.

3.1. Загальний аналіз проблеми

Рейкові круги залізничної автоматики функціонують у складних умовах під впливом багатьох дестабілізуючих факторів, до яких можна віднести вплив погодних умов (температура, вологість), що головним чином впливає на опір ізоляції баласту, перешкоди від тягового електропостачання, зміни параметрів елементів апаратури ТРК з часом та ін. . Слід також зазначити, що параметри елементів РК ще при монтажних і налагоджувальних роботах відрізняються від номінальних, по-перше тому, що елементи, що застосовуються в схемі ТРК, мають розкид параметрів щодо номінального, а також внаслідок неправильного регулювання режимів ТРК.

Відомі випадки, коли тональні рейкові кола, які відрегульовані за затвердженими нормами і відповідають усім експлуатаційним вимогам, працюють нестійко.

Загальна еквівалентна схема рейкового кола зі схематичним зображенням впливу ЕМЗ та інших факторів, що дестабілізують, що призводять до зменшення функціональної безпеки РК, наведена на рис. 3.1.

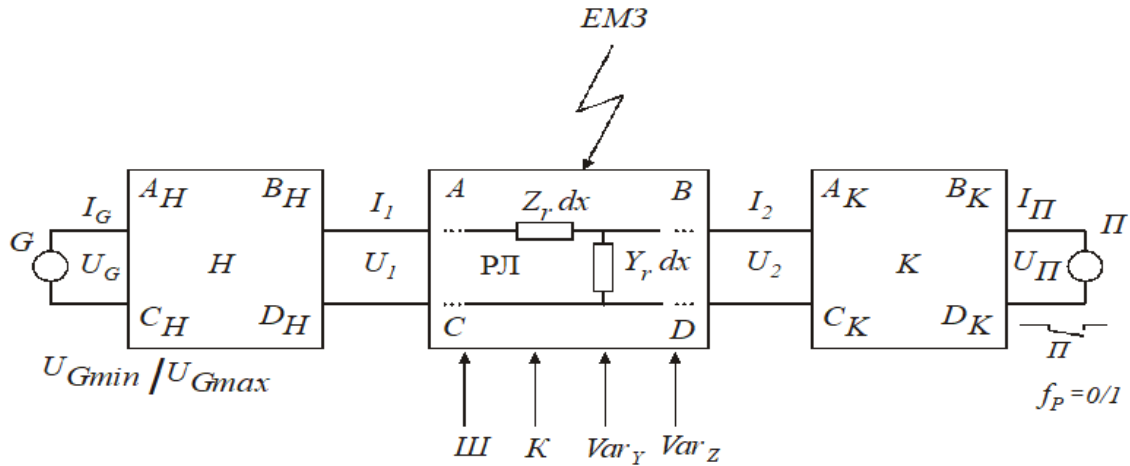


Рисунок – 3.1 Загальна еквівалентна схема рейкового кола

Джерело живлення РК представлено на еквівалентній схемі у вигляді генератора G з напругою

$$u_G(t) = U_{mG} W(t) \sin(\omega t + \varphi_0) \quad (3.1)$$

де U_{mG} – амплітудне значення напруги несучої частоти $\omega = 2\pi f$, $W(t)$ – моделююча функція, яка для РК з безперервним живленням приймає значення $W(t)=1$; для тональних рейкових кіл (ТРК) $W(t)$ – двополярний імпульсний сигнал типу меандра; для кодівих РК $W(t)$ – двополярний імпульсний сигнал з часовими параметрами, що відповідають типу коду (К, КЖ або З), φ_0 – початкова фаза. В ТРК при наближенні поїзду до сигнальної точки додатково до сигнального струму автоблокування в рейкове коло подається сигнальний струм АЛС.

Від генератора G сигнальний струм проходить через апаратуру живлячого кінця рейкового кола (чотирьохполюсник H), рейкову лінію РЛ і апаратуру приймального кінця РК (чотирьохполюсник K), де відповідно до режиму, в якому знаходиться РК, (нормальний, шунтовий, контрольний), відбувається певне перетворення сигналу, після якого сигнальний струм передається на вхід

колійного реле Р, що формує вихідний сигнал РК. Вихідний сигнал має два значення: $f_P=1$, що означає рейкове коло справне і не зайняте, $f_P=0$ – рейкове коло не справне або зайняте рухомою одиницею. Апаратура приймального кінця РК та колійний приймач може мати селективність за всіма параметрами сигналу. Для появи на виході реле сигналу $f_P=1$ необхідно відповідність вхідного сигналу U_P або I_P селективним умовам: $U_{PH} \text{ і } U_{CI\ D}, I_{PH} \text{ і } I_{CI\ D}, \omega_P = \omega_{P0} \pm D \omega_{P0}$.

3.2. Вплив відхилення параметрів елементів тональних колій від номінальних на режими роботи ТРК

У цьому розділі визначено вплив відхилення параметрів захисного резистора та конденсатора в колі підключення сигналів АЛС до РК для двох максимально допустимих відхилень ($\pm 10\%$). Для цих значень визначали напругу генератора, необхідне виконання режимів роботи ТРК.

Як видно з малюнка відхилення значення ємності від номінального конденсатора впливає значним чином на режими роботи рейкових кіл для довжин кабелю ≤ 300 м.

Таким чином, при несприятливому відхиленні параметрів цих двох елементів, а також для зазначених інтервалів довжини кабелю і довжини суміжної рейкової лінії можливі збої в роботі ТРК, режими якої були встановлені відповідно до регулюючих таблиць.

3.3. Вплив опору ізоляції баласту на режими роботи ТРК

Класична методика розрахунку рейкового кола передбачає заміщення її складових частин еквівалентними чотириполіусниками, параметри яких вибираються виходячи з найгірших умов для кожного з режимів роботи. Вихідними даними для розрахунку є: принципова схема рейкового кола та параметри його апаратури; довжина рейкової лінії; довжина сполучних кабелів; частота сигнального струму та струму АЛС; діапазони зміни опору ізоляції та опору рейкам; рівні сигналів спрацьовування, відпускання (неспрацьовування) та перевантаження колійного та локомотивного приймачів, а також коефіцієнти їх повернення; допустимі коливання напруги джерела живлення.

Метою розрахунку рейкового кола є визначення номінальних параметрів джерела живлення, при яких забезпечується усталена робота рейкового кола у всіх режимах.

Аналіз рейкового кола складається з дослідження змін його роботи у різних режимах за зміни параметрів схеми. У ході аналізу визначають оптимальне значення параметрів елементів схеми та частоти джерела живлення заданих умов функціонування.

При аналізі та розрахунку рейкового кола припускаємо, що рейкова лінія та елементи апаратури є лінійними, тобто їх параметри не залежать від струмів, що протікають.

3.3.1. Рівняння електричного кола як чотириполіусника.

Чотириполіусне коло, що має два входи (або вхід і вихід), слід характеризувати зв'язками між двома напругами $\dot{U}_1, \dot{U}_2$, і двома струмами $\dot{I}_1, \dot{I}_2$, а коефіцієнти при струмах - суть опори:

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_1 &= Z_{11}\dot{I}_1 + Z_{12}\dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 &= Z_{21}\dot{I}_1 + Z_{22}\dot{I}_2 \end{aligned} \right\} \quad (3.2)$$

Де Z_{11} - вхідний опір чотириполюсника, що вимірюється з боку входу 1 при розімкнутому вході 2;

Z_{22} - вхідний опір чотириполюсника, що вимірюється з боку входу 2 при розімкнутому вході 1;

Z_{21} і Z_{12} - опори передачі, що вимірюються в умовах розмикання обох входів.

Всі разом опори Z називаються опорами холостого ходу, а також параметрами холостого ходу чотириполюсника.

Якщо коло, представлений чотириполюсником, містить лише пасивні елементи, він має властивістю оборотності. У цьому випадку $Z_{12} = Z_{21}$, а чотириполюсник називається оборотним.

З чотирьох параметрів оборотного чотириполюсника три незалежні.

При розв'язанні задачі про передачу від входу до виходу найбільш зручними будуть рівняння чотириполюсника, розв'язані щодо $\dot{U}_1$ й $\dot{I}_1$:

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_1 &= -\frac{Y_{22}}{Y_{21}}\dot{U}_2 - \frac{1}{Y_{21}}\dot{I}_2 \\ \dot{I}_1 &= -\frac{1}{Z_{21}}\dot{U}_2 + \frac{Z_{22}}{Z_{21}}\dot{I}_2 \end{aligned} \right\} \quad (3.3)$$

де Y_{22} – вхідна провідність, виміряна на вході 2 при закороченому вході 1;

Y_{21} - провідність передачі, виміряна при укорочених входах.

Для зворотного чотириполюсника $Y_{21} = Y_{12}$.

Прийнято позначати:

$$-\frac{Y_{22}}{Y_{21}} = A, -\frac{1}{Y_{21}} = B, \frac{1}{Z_{21}} = C, \frac{Z_{22}}{Z_{21}} = D. \quad (3.4)$$

Рівняння при цьому пишуться у вигляді:

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_1 &= A\dot{U}_2 + B\dot{I}_2 \\ \dot{I}_1 &= C\dot{U}_2 + D\dot{I}_2 \end{aligned} \right\} \quad (3.5)$$

У рівняннях:

$A = \frac{\dot{U}_1}{\dot{U}_2}$ - величина, обернена коефіцієнту трансформації за напругою при

розімкнених висновках 3, 4;

$B = \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_2}$ - величина, зворотна провідності передачі при замкнутих висновках 3,

4;

$C = \frac{\dot{I}_1}{\dot{U}_2}$ - величина, обернена опору передачі при розімкнених висновках 3, 4;

$D = \frac{\dot{I}_1}{\dot{I}_2}$ - величина, зворотна коефіцієнту трансформації струму, при

скорочених висновках 3, 4.

У кожного оборотного чотириполюсника з чотирьох параметрів незалежні лише три.

По теоремі оборотності при рівних напругах $\dot{U}_1$ і $\dot{U}_2$ і струмах повинні виходити однаковими і теорема оборотності виконується, якщо

$$AD - BC = 1$$

Для оборотного чотириполюсника, коефіцієнти A, B, C, D якого пов'язані таким співвідношенням, рівняння зворотної передачі матимуть вигляд:

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_2 &= D\dot{U}_1 - B\dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 &= -C\dot{U}_1 + A\dot{I}_1 \end{aligned} \right\} \quad (3.6)$$

Якщо не враховувати знак мінус, що з'явився тут, внаслідок того, що напрямок струму вибрано протилежним напрямку передачі, то рівняння подібні до попередніх рівнянь, відмінність полягає в тому, що коефіцієнти A і D помінялися місцями.

У симетричному чотириполюснику умови передачі не залежать від напрямку передачі.

3.3.2. Обчислення параметрів рейкової лінії

Рейкова лінія є кругом з розподіленими параметрами і її можна умовно подати у вигляді нескінченного числа послідовно з'єднаних елементів довжиною dx (рис.

3.5). Параметри кожного елемента:

R_p - кілометровий активний опір рейкової петлі, Ом/км;

L_p - кіло метрична індуктивність рейкової петлі, Гн/км;

G_u - кіло метрична провідність ізоляції, см/км;

C_u - кіло метрична ємність лінії, Ф/км.

Для практичних цілей замість параметра частіше використовується зворотний розмір - опір ізоляції $R_u = 1/G_u$, Ом-км.

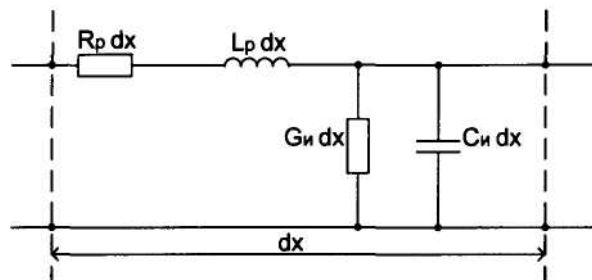


Рисунок – 3.2 Схема заміщення елемента рейкової лінії

Повний кілометровий опір рейок знаходиться як $Z_p = R_p + j\omega L_p$, а повна кіло метрична провідність ізоляції - як $Y_u = G_u + j\omega C_u$, де $\omega = 2\pi f$ - кругова частота сигнального струму. Параметри R_p , L_p , G_u , C_u , а також Z_p , Y_u називають первинними параметрами РК. Їх значення можуть змінюватися в широких межах залежно від конструкції та стану верхньої будови колії.

3.4. Висновки за розділом.

1. Проведено дослідження впливу факторів дестабілізації на роботу тональних рейкових кіл.
2. Розглянуто схеми заміщення тонального рейкового кола у трьох режимах роботи та проаналізовано первинні параметри лінії.
3. Визначено вплив електромагнітних перешкод працювати рейкових кіл.
4. Проаналізовано та здійснено розрахунки щодо впливу опору ізоляції баласту на роботу ТРК.
5. Враховуючи, що реальні параметри електричних елементів схеми рейкового кола (резисторів, конденсаторів) відрізняються від номінальних у межах допуску, до того ж можуть змінюватися під дією температури, вологості, старіння, зміна їх значень призводить до зміни електричних параметрів рейкового кола (напруги на дорожньому приймачі). Відповідно до цього зроблено розрахунки щодо впливу параметрів елементів ТРК на напругу на колійному приймачі.
6. В результаті досліджень виявлено, що фактори, що дестабілізують, впливають на напругу на колійному приймачі, що може призвести до порушення режиму роботи рейкового кола (нормального, шунтового або контрольного). Це, у свою чергу, призводить до порушення безпеки руху поїздів.
7. Для підтримки безпечного та працездатного режиму роботи тональних рейкових кіл вони підлягають плановому контролю напруги на колійних приймачах та генераторах, що потребує значних матеріальних ресурсів.
8. Сучасні комп'ютерні системи дозволяють контролювати режими роботи ТРК в автоматичному режимі.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

1. Проведено дослідження впливу факторів дестабілізації на роботу тональних рейкових кіл.
2. Розглянуто схеми заміщення тонального рейкового кола у трьох режимах роботи та проаналізовано первинні параметри лінії.
3. Визначено вплив електромагнітних перешкод працювати рейкових кіл.
4. Проаналізовано та здійснено розрахунки щодо впливу опору ізоляції баласту на роботу ТРК.
5. Враховуючи, що реальні параметри електричних елементів схеми рейкового кола(резисторів, конденсаторів) відрізняються від номінальних у межах допуску, до того ж можуть змінюватися під дією температури, вологості, старіння, зміна їх значень призводить до зміни електричних параметрів рейкового кола(напруги на дорожньому приймачі). Відповідно до цього зроблено розрахунки щодо впливу параметрів елементів ТРК на напругу на колійному приймачі.
6. В результаті досліджень виявлено, що фактори, що дестабілізують, впливають на напругу на колійному приймачі, що може призвести до порушення режиму роботи рейкового кола (нормального, шунтового або контрольного). Це, у свою чергу, призводить до порушення безпеки руху поїздів.
7. Для підтримки безпечного та працездатного режиму роботи тональних рейкових кіл вони підлягають плановому контролю напруги на колійних приймачах та генераторах, що потребує значних матеріальних ресурсів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Аркатов В. С., Кравцов Ю. А., Степенский Б. М. Рельсовые цепи. Анализ работы и техническое обслуживание. – М.: Транспорт, 1990. – 295 с.
2. Аркатов В. С., Котляренко Н. Ф., Баженов А. И., Лебедева Т. Л. Рельсовые цепи магистральных железных дорог: Справочник. Под редакцией В. С. Аркатова. – М.: Транспорт, 1982. – 360 с.
3. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1978.
4. Дмитриев В. С., Воронин В. А. Рельсовые цепи тональной частоты //Автоматика, телемеханика и связь. – 1996. – №5.
5. Дмитриев В. С., Минин В. А. Новые системы автоблокировки. – М.: Транспорт, 1981. – 247 с.
6. Дмитриев В. С., Минин В. А. Системы автоблокировки с рельсовыми цепями тональной частоты. – М.: Транспорт, 1992.
7. Дмитриев В. С., Минин В. А. Совершенствование систем автоблокировки. – М.: Транспорт, 1987. – 143 с.
8. Казаков А. А., Бубнов В. Д., Казаков Е. А. Системы интервального регулирования движения поездов. – М.: Транспорт, 1986. – 399 с., ил., табл.
9. Казаков А. А., Казаков Е. А. Автоблокировка, локомотивная сигнализация и автостопы. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1980. – 360 с.
10. Кокурин И. М., Кондратенко Л. Ф. Эксплуатационные основы устройств железнодорожной автоматики и телемеханики. – М.: Транспорт, 1980. – 168 с.
11. Кулик П.Д, Ивакин Н.С., Удовиков А.А. Тональные рельсовые цепи в системах ЖАТ. – К.: Издательский дом «Мануфактура», 2004.
12. Практичний посібник з технічного утримання апаратури тональних рейкових кіл (П.Д. Кулик, О.О. Удовіков, В.І. Басов та ін. – Київ: Видавництво, 2006. – 236 с. – Іл.51)

13. Федоров Н.Е. Современные системы автоблокировки с тональными рельсовыми цепями: Учебное пособие. – Самара: СамГАПС, 2004. – 132 с.
14. Система автоблокировки с тональными рельсовыми цепями, централизованным размещением аппаратуры и дублирующими каналами передачи информации микропроцессорная АБТЦ-М. / Руководство по эксплуатации 41571-00-00 РЭ. – М.: ВНИИАС, 2004. – 66 с.
15. Чепцов М.М., Бойнік А.Б., Кузьменко Д.М. Методи синтезу сигнально-процесорної централізації стрілок і сигналів: Монографія. – Донецьк. «ДонІЗТ», - 2010. – 181 с.
16. Havryliuk V.I., Meleshko V.V. Electrical impedance of traction rails at audio frequency range // Інформаційно-керуючі системи залізничного транспорту, 2015. - №2.- С. 31-36.
17. Щека В. І., Гаврилюк В. І. Дослідження особливостей роботи рейкових кіл в умовах електромагнітного впливу контактної мережі // Залізничний транспорт України. – 2015. – № 4. – С.16-19.
18. Гаврилюк В. І., Щека В. І., Мелешко В. В. Испытания новых типов подвижного состава на электромагнитную совместимость с устройствами сигнализации и связи // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту, 2015. - № 5(59). - С. 7-15.
19. Романцев І. О., Гаврилюк В. І. Визначення опору ізоляції баласту рейкового кола без фазових вимірів та виключення залежностей // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті, 2015. - № 9. - С. 86-93.
20. V. I. Havryliuk, O. M. Voznyak, V. V. Meleshko. Improving the positioning accuracy of train on the approach section to the railway crossing // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту, 2016, № 1 (61) Р. 9-18.

21. В. И. Гаврилюк // Нормы и методы испытания подвижного состава на электромагнитную совместимость с системами сигнализации и связи // Электромагнитная совместимость и безопасность на железнодорожном транспорте. 2016. № 12. 10 с.

22. В. Гаврилюк. Международные нормы на электромагнитную совместимость подвижного состава с системами сигнализации и связи // Українська залізниця, №5–6 (47–48), 2017 С. 46-50.