

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»
Спеціалізація «Автоматика та автоматизація на транспорті»

Тема Дослідження та розробка системи моніторингу сигнального струму
тональних рейкових кіл

Theme Research and development of a monitoring system for the signal current
of tonal track circuits

Керівник дипломної роботи, професор _____ Гаврилюк В.І.

Студент групи АТ1921 (967М) _____ Самокрик В.С.

Student АТ1921 (967М) _____ Samokryk Vladyslav

**Дніпро
2020**

Дніпровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

Факультет «Комп'ютерні технології і системи»

Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

Спеціальність
Спеціалізація

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

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри АТ

Гаврилюк В.І.

«_____» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

до дипломної роботи на здобуття освітнього ступеню «магістр»

Самокрик Владислав Сергійович

(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема роботи Дослідження та розробка системи моніторингу
сигнального струму тональних рейкових кіл
2. Термін подання студентом закінченої роботи 15 грудня 2020 р.
3. Вихідні дані до роботи типові матеріали і нормативні документи для проектування та
регулювання пристроїв СЦБ

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| Назва розділу | Обсяг % | Кількість креслень |
|--|------------|-----------------------|
| 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД. ПОСТАНОВКА МЕТИ ТА ЗАВДАНЬ РОБОТИ | 37 | 7 |
| 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДЕСТАБІЛІЗУЮЧИХ ФАКТОРІВ НА РОБОТУ ТОНАЛЬНИХ РЕЙКОВИХ КІЛ | 41 | 20 |
| 3. ДІАГНОСТИЧНИЙ ПРИСТРІЙ АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ СТАНУ ЕЛЕМЕНТІВ ТОНАЛЬНИХ РЕЙКОВИХ КІЛ | 22 | 3 |
| 4. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ | | |
| 5. ЛІТЕРАТУРА | | |

Студент
Науковий керівник

Самокрик В.С.
Гаврилюк В.І.

РЕФЕРАТ

Відомості про об'єм пояснювальної записки: 92 сторінок, 10 таблиць, 30 рисунок, 23 джерел літератури.

Ключові слова: тональні рейкові кола, діагностика рейкових кіл, автоблокування, режими роботи рейкових кіл, РІС-контролер, аналого-цифровий перетворювач, залізнична автоматика.

Об'єктом дослідження даної роботи є процеси передачі сигнального струму в тональних рейкових колах і причини виникнення спотворень сигнального струму.

Мета роботи - дослідження та розробка системи моніторингу сигнального струму тональних рейкових кіл.

У першому розділі на основі проведеного аналітичного огляду літератури і галузевих інструкцій з'ясовано загальні характеристики ТРКЗ, кабельних ліній, апаратури ТРКЗ, також проаналізовано системи автоблокування з тональними рейковими колами та централізованим розміщенням апаратури та методи технічного обслуговування ТРК.

У другому розділі проведено дослідження впливу дестабілізуючих факторів на роботу тональних рейкових кіл. Розглянуто схеми заміщення тонального рейкового кола у трьох режимах роботи і проаналізовано первинні параметри лінії. Визначено вплив електромагнітних завад на роботу рейкових кіл. Проаналізовано і проведені розрахунки з впливу опору ізоляції баласту на роботу ТРК.

У третьому розділі розроблено структурну схему пристрою контролю напруги на приймачах і генераторах ТРК, що складається з аналогових комутаторів, схеми узгодження, АЦП і ПК (ноутбука).

Галузь застосування: системи керування рухом поїздів на залізничному транспорті.

Висновок. 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, що дозволить знизити експлуатаційні витрати, підвищити надійність роботи рейкових кіл та підвищити безпеку руху поїздів.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП | 5 |
| 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД. ПОСТАНОВКА МЕТИ ТА ЗАВДАНЬ РОБОТИ ... | 7 |
| 1.1 Загальна характеристика ТРКЗ | 7 |
| 1.2 Кабельні лінії тональних рейкових кіл..... | 14 |
| 1.3 Апаратура ТРКЗ | 16 |
| 1.3.1 Генератор колійний ГП | 16 |
| 1.3.2 Генератор колійний ГПЗ | 16 |
| 1.3.3 Генератор колійний універсальний ГПУ..... | 22 |
| 1.4 Автоблокування з тональними рейковими колами та централізованим розміщенням апаратури | 26 |
| 1.5 Технічне Обслуговування ТРК..... | 30 |
| 1.5.1 Загальні положення..... | 30 |
| 1.5.2 Технічне обслуговування ТРКЗ | 30 |
| 1.6 Висновки за розділом. Постановка мети та завдань дослідження | 34 |
| 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДЕСТАБІЛІЗУЮЧИХ ФАКТОРІВ НА РОБОТУ ТОНАЛЬНИХ РЕЙКОВИХ КІЛ..... | 36 |
| 2.1. Загальний аналіз проблеми..... | 36 |
| 2.2. Дослідження впливу електромагнітних завад на роботу ТРК..... | 41 |
| 2.3. Вплив відхилення параметрів елементів тональних рейкових кіл від номінальних на режими роботи ТРК..... | 43 |
| 2.4. Вплив опору ізоляції баласту на режими роботи ТРК..... | 46 |
| 2.4.1. Рівняння електричного кола як чотирьополюсника..... | 47 |
| 2.4.2. Обчислення параметрів лінії..... | 49 |
| 2.4.3. Обчислення параметрів рейкової лінії | 59 |
| 2.4.4. Обчислення параметрів кабельної лінії | 61 |
| 2.5 Розрахунок нормального режиму | 62 |
| 2.6 Розрахунок шунтового режиму..... | 64 |
| 2.7. Висновки за розділом | 68 |
| 3. ДІАГНОСТИЧНИЙ ПРИСТРІЙ АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ СТАНУ ЕЛЕМЕНТІВ ТОНАЛЬНИХ РЕЙКОВИХ КІЛ..... | 70 |
| 3.1. Структурна схема пристрою для автоматизованого контролю елементів тональних рейкових кіл..... | 70 |
| 3.2. Принципова схема пристрою діагностування стану колійних генераторів та приймачів | 71 |
| 3.3. Висновки за розділом..... | 86 |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ | 88 |
| ЛІТЕРАТУРА | 90 |

ВСТУП

Класичні рейкові кола мають ряд недоліків, одним з яких є наявність ізолюючих стиків, що дають 30% відмов по роботі рейкових кіл. В даний час застосовують рейкові кола без ізолюючих стиків БРЦ, що володіють рядом переваг по відношенню до рейкових ланцюгів з ізолюючими стиками:

- укладання суцільнозварних рейок;
- скорочення числа дросель-трансформаторів;
- централізоване розміщення апаратури;
- використання для будь-якого виду тяги;
- висока захищеність від впливу перешкод;
- зменшення енергоспоживання.

Джерелом живлення рейкового кола є генератор, струм від якого розтікається по рейкової лінії в обидві сторони від місця підключення генератора до колійних приймачів суміжних рейкових кіл. У пристроях автоматики застосовують два типи тональних рейкових кіл ТРЦ-3 (третього покоління) і ТРЦ-4 (четвертого покоління), що відрізняються частотами генераторів. Тональні рейкові кола застосовують на перегонах і станціях при будь-якому вигляді тяги. На перегонах застосовують рейкові кола без ізолюючих стиків, на станції - з ізолюючими стиками. Апаратура рейкових ланцюгів встановлена на станції і з рейкової лінією пов'язана за допомогою кабелю.

Рейкові кола залізничної автоматики функціонують в складних умовах під впливом багатьох дестабілізуючих факторів, до яких можна віднести вплив погодних умов (температура, вологість), що головним чином впливає на опір ізоляції баласта, завади від тягового електропостачання, зміни параметрів елементів апаратури ТРК з часом та інше.

Дестабілізуючі фактори впливають на напругу на колійному приймачі, що може привести до порушення режиму роботи рейкового кола (нормального, шунтового або контрольного). Це в свою чергу приводить до порушення безпеки руху поїздів.

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. Тому актуальним завданням буде розробка пристрою контролю напруги в автоматичному режимі за допомогою сучасних комп'ютерних систем[1].

Об'єктом дослідження – даної роботи є процеси передачі сигнального струму в тональних рейкових колах і причини виникнення спотворень сигнального струму.

Предмет дослідження – засоби та методи моніторингу сигнального струму.

Мета роботи - дослідження та розробка системи моніторингу сигнального струму тональних рейкових кіл.

1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД. ПОСТАНОВКА МЕТИ ТА ЗАВДАНЬ РОБОТИ

1.1 Загальна характеристика ТРКЗ

ТРКЗ уперше були застосовані в системах автоблокування ЦАБс і АБТс. На перших етапах у них використовувалася апаратура безстикових РК для ділянок з низьким опором баласту (БРК-НОБ) у складі трьох функціональних блоків: генератора ГП, фільтра ФПМ і приймача ПП. Таким чином, в ТРКЗ, у порівнянні з ТРК2, відбулося спрощення передавального тракту за рахунок виключення колійного підсилювача (ПУ-1) і його вихідного трансформатора (ПТЦ), що позитивно позначилося на стійкості роботи ТРК.

На базі апаратури БРК-НОБ була розроблена і виготовляється апаратура ТРК третього покоління: генератори ГПЗ і ГПУ, колійний приймач ПП1 (ПК1). Як колійний фільтр у ТРКЗ також використовується фільтр ФПМ. З 2004 року розпочато випуск модернізованих фільтрів ФПМ1 і ФПУ.

Апаратура ТРКЗ розрахована для експлуатації як у постових умовах, так і в польових шафах АБ. Робочий діапазон температур навколишнього середовища становить від мінус 40°C до плюс 60°C.

З урахуванням досвіду експлуатації апаратури першого і другого поколінь у ТРКЗ для підвищення захищеності колійних приймачів від завад змінного тягового струму застосовуються несучі частоти 420 Гц, 480 Гц, 580 Гц, 720 Гц і 780 Гц. Значення частот модуляції залишилися колишніми – 8 Гц і 12 Гц. При підвищенні заводо захищеності ТРКЗ у шість разів у порівнянні з ТРК2, габаритні розміри її апаратури вдвічі менші.

У результаті експлуатації ТРК2 із приймачами ПРЦМ на метрополітенах було встановлено, що найбільш підданою впливові гармонік постійного тягового струму виявилася несуча частота 575 Гц, особливо в період зниження

частоти живильної напруги до 49,03 Гц. Для усунення цього недоліку на метрополітенах використовується несуча частота 565 Гц замість 575 (580) Гц.

Структурна схема ТРКЗ наведена на рис. 1.1. Живлення рейкових кіл 1РК і 2РК здійснюється від одного загального живильного (передавального) кінця сигнальним струмом $f_{8/8}$ (формується генератором 1/2Г1). Рейкові кола 3РК і 4РК отримують живлення аналогічно, але уже від генератора 3/4Г2, що формує сигнал $f_{9/12}$. Рейкові кола 2РК і 3РК мають спільний приймальний (релейний) кінець. Сигнальний струм $f_{8/8}$ сприймається на приймальних кінцях 1РК і 2РК селективними приймачами 1П1 і 2П1, настроєними на цей сигнал. Аналогічно на приймальних кінцях 3РК і 4РК колійні приймачі 3П2 і 4П2 (на рис. 1.1 не показаний) сприймають сигнал $f_{9/12}$.

При централізованому варіанті розміщення апаратури вона розташовується в релейних приміщеннях поста ЕЦ. При децентралізованому варіанті розміщення апаратура встановлюється в польові релейні шафи АБ. Колійні трансформатори ПТ знаходяться в колійних ящиках КЯ безпосередньо біля рейок. Зв'язок між ПТ й іншою апаратурою здійснюється за допомогою кабельної лінії.

Один з різновидів типової схеми включення апаратури ТРКЗ з використанням індивідуального передавального комплексу представлений на рис. 1.2. Живлення сусідніх ТРК 1РК і 2РК сигнальним струмом, наприклад, $f_{8/8}$ (несуча частота 420 Гц, частота модуляції 8 Гц) здійснюється від одного живильного кінця за допомогою комплексу передавальної апаратури, що містить: колійний генератор 1/2Г1 типу ГП (виконання 8,9,11) або ГПУ, колійний фільтр 1/2ФП типу ФПМ або ФПМ1 (виконання 8,9,11), кабельний резистор 1/2R_к, розрядник 1/2FV, запобіжник 1/2FU, захисний резистор 1/2R_з і узгоджувальний колійний трансформатор 1/2ПТ типу ПОБС-2А з коефіцієнтом трансформації 38. Коло 1/2С_{рц} призначене для передавання в ТРК сигналів числової АЛС[2].

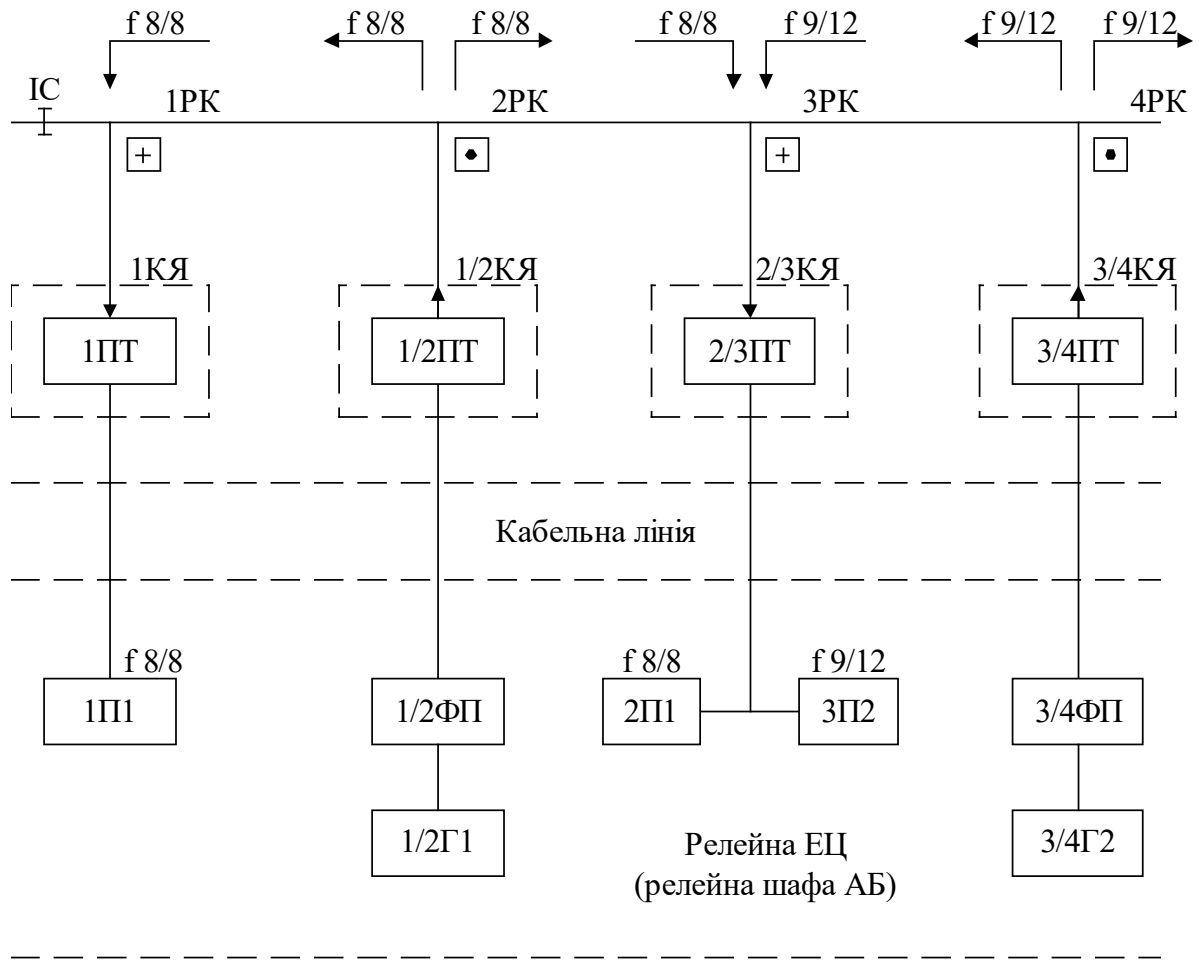


Рисунок 1.1 – Структурна схема ТРКЗ

Генератор 1/2Г1 типу ГП8,9,11 формує АМ сигнал $f 8/8$, що з виводів 2, 52 подається на вхід коїйного фільтра 1/2ФП типу ФПМ8,9,11 (виводи 11, 71). Фільтр призначений для захисту вихідних кіл генератора від впливу струмів автоматичної локомотивної сигналізації, тягового струму й атмосферних перенапруг. Крім того, він забезпечує необхідний за умовами роботи РК зворотний вхідний опір живильного кінця. Фільтр також служить для гальванічного розділення вихідного кола генератора від кабельної лінії й

одержання в ній необхідних напруг при відносно низьких вихідних напругах генератора.

З виходу фільтра АМ сигнал $f_{8/8}$ через коло передавання сигналів числової АЛС ($1/2C_{PC}$), а також кабельний резистор $1/2R_K$ через кабельну лінію надходить на первинну обмотку колійного узгоджувального трансформатора $1/2ПТ$ типу ПОБС-2А. Коло передачі числової АЛС має на частотах ТРК (від 400 Гц до 800 Гц) незначний опір і тому істотно не впливає на проходження сигнального струму ТРК.

На передавальному і приймальному кінцях ТРК для одержання необхідного за умовами їхньої роботи вхідного опору можуть встановлюватися кабельні резистори R_K , опори яких залежать від довжини кабельної лінії та зазначені в проектній документації. Для захисту від комутаційних і атмосферних перенапруг на первинній обмотці трансформатора $1/2ПТ$ встановлюється розрядник $1/2FV$ типів РВНШ-250, ВОЦШ-220 або РКН-600.

Колійний трансформатор $1/2ПТ$ призначений для узгодження низького опору рейкової лінії з відносно високим опором апаратури ТРК. Коефіцієнт трансформації його дорівнює 38. У колійному ящику $1/2КЯ$, крім трансформатора і розрядника, розміщують запобіжник $1/2FU$ (АВМ2-15 А) і захисний регульований резистор $1/2R_3$ (РМР1-1,1 Ом, два паралельно). Захисні резистори R_3 забезпечують нормативний опір передавального або приймального кінця ТРК і захищають апаратуру від асиметрії тягового струму. Запобіжник $1/2FU$ захищає апаратуру ТРК від впливів тягового струму. На ділянках з електротягою для вирівнювання струмів асиметрії можуть встановлюватися дросель-трансформатори ДТ-0,2; ДТ-0,6; ДТ1-150; ДТМ-0,17 (для метрополітену).

До складу апаратури приймального кінця рейкового кола $1РК$ входять: запобіжник $1FU$, захисний резистор $1R_3$, колійний трансформатор $1ПТ$ ($n = 38$), розрядник $1FV$, кабельний резистор $1R_K$, конденсатор кола АЛС ($1C_{PC}$),

коліїний приймач 1П1 типу ПП8/8. На виході приймача (виводи 31, 33) підключене колійне реле 1П типу АНШ2-310.

Релейний кінець рейкового кола 2РК має аналогічну схему підключення. Різниця полягає в тому, що послідовно з колійним приймачем 2П1 (ПП8/8) включено колійний приймач 3П2 (ПП9/12) суміжного рейкового кола 3РК. Приймачі 2П1 і 3П2 живляться різними сигнальними струмами: $f_{8/8}$ і $f_{9/12}$, які формуються генераторами 1/2Г1 ($f_{8/8}$) і 3/4Г2 ($f_{9/12}$, на рис. 1.2 не показаний) відповідно. Сигнали з рейкової лінії ($f_{8/8}$ і $f_{9/12}$) через узгоджувальні трансформатори 1ПТ, 2/3ПТ і кабельну лінію надходять на входи (виводи 11, 43) колійних приймачів: 1П1 рейкового кола 1РК; 2П1 – рейкового кола 2РК; 3П2 – рейкового кола 3РК. Настроювання вхідного контуру колійного приймача забезпечує виділення сигналу з несучою частотою, що відповідає типові даного приймача і безперешкодно пропускають АМ сигнали з іншими несучими частотами[3].

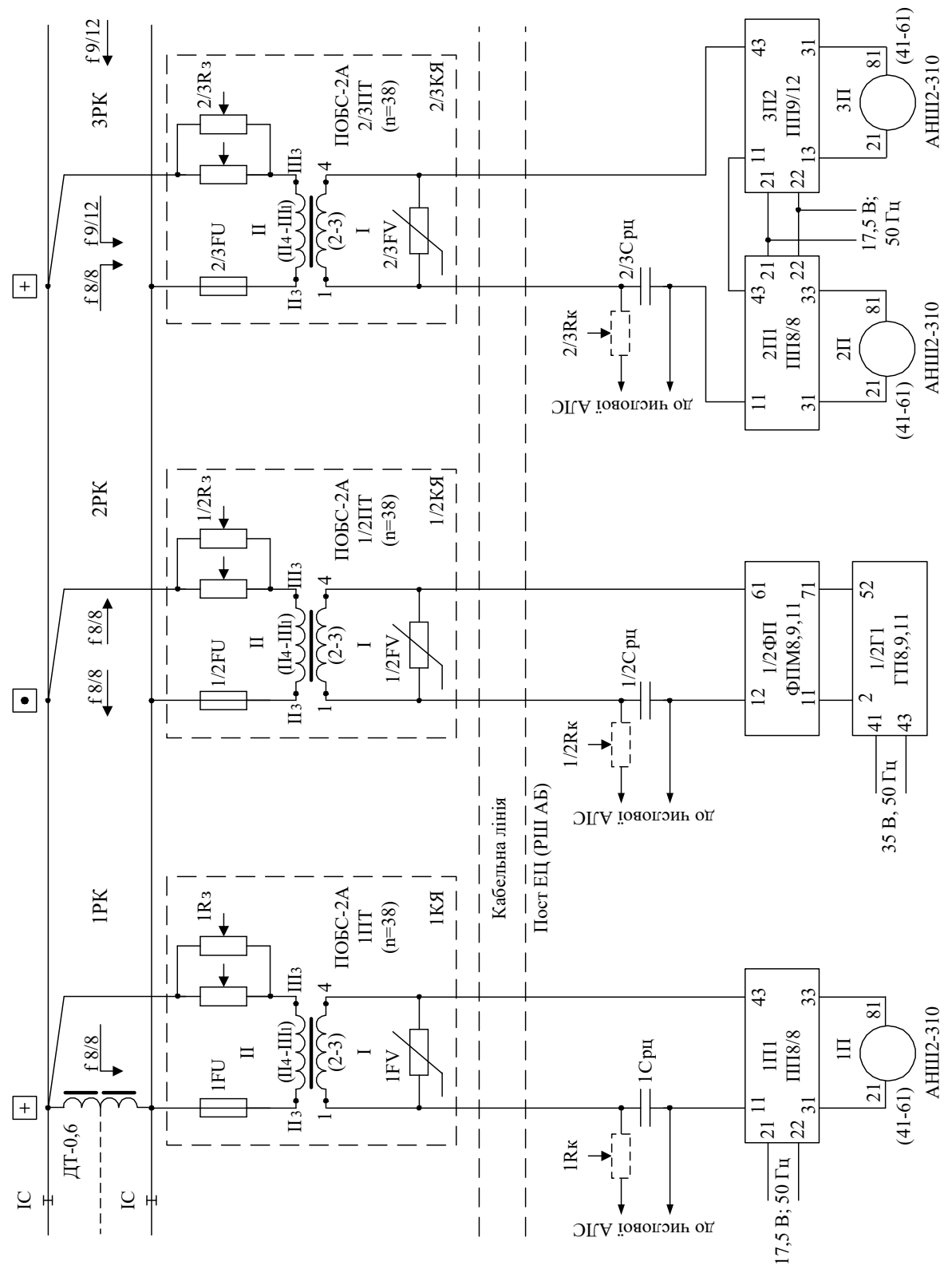


Рисунок 1.2 – Схема підключення апаратури ТРКЗ

У системах автоблокування без ізолюючих стиків, а також у системах переїзної сигналізації, незалежно від роду тяги поїздів, вторинні обмотки колійних трансформаторів з коефіцієнтом трансформації $n=38$ підключаються безпосередньо до рейок. Таке підключення використовується також при наявності ізолюючих стиків на ділянках з автономною тягою.

На ділянках з ізолюючими стиками при електротязі змінного струму пропускання тягового струму в обхід ізолюючих стиків здійснюється по основних обмотках дросель-трансформаторів ДТ-1 з коефіцієнтом трансформації $n=3$, додаткові обмотки яких підключаються до вторинних обмоток колійних трансформаторів ПОБС-2А, при цьому коефіцієнт трансформації колійних трансформаторів становить $n=13,1$.

На ділянках з ізолюючими стиками при електротязі постійного струму пропускання тягового струму в обхід ізолюючих стиків здійснюється по основних обмотках дросель-трансформаторів ДТ-0,6 або ДТ-0,2. При застосуванні ДТ-0,6 з коефіцієнтом трансформації $n=15$ додаткові обмотки дросель-трансформаторів не використовуються, вторинні обмотки колійних трансформаторів ПОБС-2А підключаються до основних обмоток дросель-трансформаторів, при цьому коефіцієнт трансформації ПОБС-2А становить $n=38$ (рис. 1.2). При застосуванні дросель-трансформаторів ДТ-0,2 з коефіцієнтом трансформації $n=40$ колійні трансформатори не встановлюються, кабельна лінія безпосередньо підключається до додаткових обмоток дросель-трансформаторів.

Живлення апаратури передавального і приймального кінців ТРК здійснюється від різних трансформаторів, номінальною напругою 35 В для ГП і 17,5 В для ПП.

При використанні в складі ТРК3 універсального генератора ГПУ й універсального фільтра ФПУ схема включення апаратури аналогічна зображеній на рис. 1.2 за винятком схеми живильного кінця (див. рис. 1.3).

Генератор ГПУ живиться номіальною напругою 230 В, що подається на клми 32-52, і може настрюватися на будь-яку комбінацію несучої і модулюючої частот діапазону ТРК3 і ТРК4. Фільтр ФПУ, на відміну від ФПМ, має одне виконання і може настрюватися на будь-яку несучу частоту діапазону ТРК3 (на рис. 1.3 показане настрювання на комбінацію $f_{8/8}$).

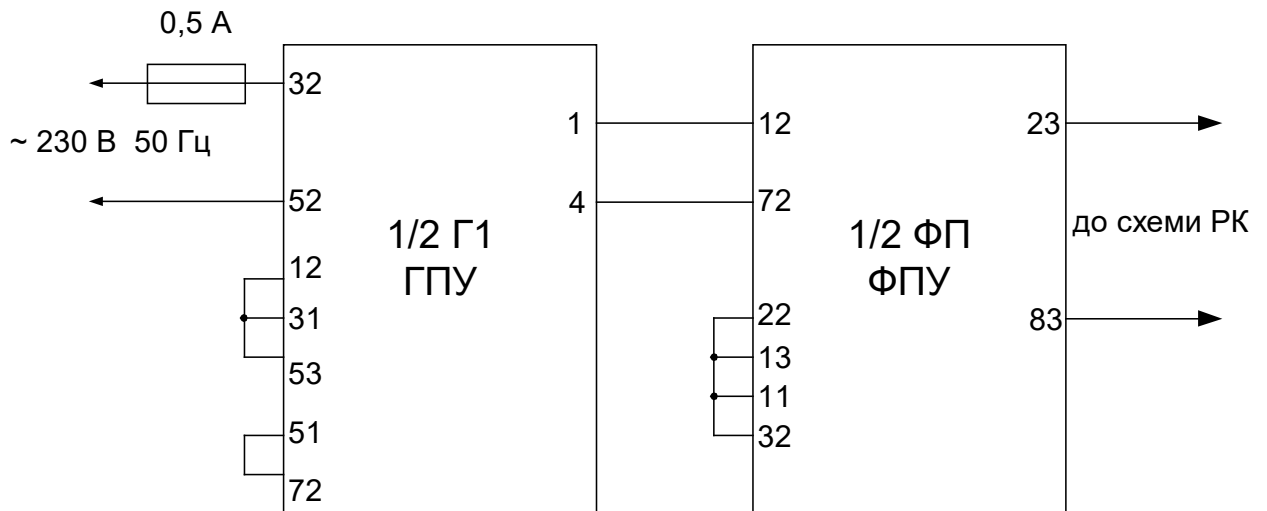


Рисунок 1.3 – Схема живильного кінця ТРК3 з використанням універсальної апаратури

1.2 Кабельні лінії тональних рейкових кіл

З'єднання колійної апаратури ТРК з постовими пристроями здійснюється за допомогою кабельних ліній. Для забезпечення безпеки руху поїздів у системах, що використовують ТРК, необхідно враховувати можливість збільшення взаємних впливів між колами при різного роду пошкодженнях.

До цих пошкоджень відносяться такі, при яких порушується симетричність кіл і виникає гальванічний зв'язок між ними, насамперед при однополюсному замиканні. Двополюсні замикання допускається не враховувати, тому що ймовірність їх невелика. Розмикання передавального або

приймального кола контролюється знеструмленням двох колійних реле відповідних РК. Тому сполучення двох пошкоджень – замикання й обрив кола – можна не враховувати.

Для з'єднання колійної та постової апаратури між дросель-трансформаторами (колійними ящиками) та кросовими стативами необхідно застосовувати симетричні кабелі з парною скруткою жил діаметром 0,9 мм або 1,0 мм. Не допускається застосування несиметричного кабелю, а також розпаровування та дублювання жил симетричного кабелю.

У випадку однополюсного замикання кіл у кожному з них з'являються струми завад від з'єданого з ним іншого кола. При цьому виникають два види впливів: за рахунок ємнісного й гальванічного зв'язків між колами. Тому при розміщенні в загальному кабелі живильних або релейних кінців з однаковою несучою частотою при довжині спільного пробігу більше 3000 м необхідно передбачати схему контролю справності жил.

Ці схеми повинні забезпечувати відключення передавальних або приймальних пристроїв ТРК у випадку одно- або двополюсного замикання як безпосередньо між колами, так і через оболонку кабелів. Аналогічно контрольна схема повинна діяти й у випадку зниження опору ізоляції між колами або стосовно землі, при яких струм впливу ще не перевищує гранично допустимого значення. Включення контрольної схеми не повинно впливати на нормальну дію апаратури ТРК і симетрію кабельних кіл, воно повинне задовольняти вимогам безпеки у випадку пошкодження в самій контрольній схемі.

Живильні та релейні кола ТРК необхідно розміщувати в різних кабелях. Монтаж цих кабелів у загальних розгалужувальних муфтах не допускається. Також не допускається об'єднання в одному кабелі кінців станційних і перегінних РК.

На станціях двоколійних ділянок при кількості централізованих стрілок більше 40, живильні та релейні кінці РК парного та непарного напрямків руху

рекомендується розміщувати в окремих кабелях і окремих трасах. У межах поста ЕЦ від кросового статива до стативів з апаратурою РК живильні та релейні кінці мають прокладатися окремими постовими симетричними кабелями.

У симетричних кабелях живильних та релейних кінців ТРК допускається спільна прокладка кіл живлення світлофорів, стрілочних електроприводів та інших кіл постійного і змінного струму на частоті 25 Гц, 50 Гц або 75 Гц при напрузі не більше 250 В, які не використовують джерела живлення із заземленою нейтраллю. Схема контролю справності в цих випадках не передбачається[4].

1.3 Апаратура ТРКЗ

1.3.1 Генератор колійний ГП

Генератор колійний ГП (далі – генератор) призначений для формування і підсилення АМ сигналів рейкового кола з частотами від 420 Гц до 780 Гц. Генератор встановлюється на рамах релейних стативів і шаф у розетки реле НШ [5].

На даний час генератор ГП знятий з виробництва, замість нього випускаються генератори ГП-3М, ГП-3М1 та ГПУ.

1.3.2 Генератор колійний ГПЗ

Загальні відомості

Генератор колійний ГПЗ (далі – генератор) призначений для формування і підсилення АМ сигналів у діапазоні від 420 Гц до 780 Гц. Генератор встановлюється на рамах релейних стативів і шаф у розетки реле НШ [6].

Технічні характеристики

1. Діапазон робочих температур навколишнього середовища від мінус 45°C до плюс 65°C.
2. Електроживлення генератора здійснюється від джерела змінного струму 50 Гц номінальною напругою 35 В з допустимими відхиленнями від 31,5 В до 36,8 В. Струм, споживаний від мережі напругою 35,0 В, не перевищує 1,1 А.
3. Частоти, формовані генераторами несучих і модулюючих сигналів, указані в таблицях 2.1 і 2.2.
4. Діючі значення вихідного АМ сигналу (виводи ХР2-ХР52) несучих частот генератора при підключеному навантаженні (опір 7 Ом) повинні бути в межах від 1,0 В до 6,0 В і мати плавне регулювання. Діючі значення немодульованого сигналу становлять від 2,0 В до 12,0 В.
5. У генераторі передбачено індикацію працездатності формувача АМ сигналу і наявності випрямленої напруги джерела живлення вихідного підсилювача потужності при включеному вихідному каскаді підсилення. При роботі на зовнішній підсилювач (вихід на ПУ-1, виводи ХР/83-ХР/53) індикація про наявність випрямленої напруги джерела відсутня.
6. Опір ізоляції струмонесучих кіл щодо корпусу (гвинт кріплення ручки ГПЗ) не менше 50 МОм.
7. Ізоляція між струмонесучими частинами і корпусом повинна витримувати протягом хвилини ефективну напругу змінного струму 1500 В 50 Гц при потужності джерела випробувальної напруги не менше 0,5 кВ·А.
8. Габаритні розміри – 82 мм × 203 мм × 248 мм.
9. Маса – не більше 4 кг.

Таблиця 1.1 – Несучі частоти сигналів ГПЗ

| Тип | Перемички роз'єму ХР | Несуча частота формованого сигналу, Гц | |
|--------------|----------------------|--|----------------------------------|
| | | при нормальних умовах | при температурах – 45°C і + 65°C |
| ГПЗ/8,9,11 | 12-23 | 420±1 | 420±2 |
| | 12-21 | 480±1 | 480±2 |
| | 12-22 | 580±1 | 580±2 |
| ГПЗ/11,14,15 | 12-22 | 580±1,5 | 580±3 |
| | 12-13 | 720±2 | 720±4 |
| | 12-11 | 780±2 | 780±4 |

Таблиця 1.2 – Параметри модулюючих частот ГПЗ

| Перемички роз'єму ХР | Період сигналу модуляції, мс | | Частота модуляції, Гц |
|----------------------|------------------------------|----------------------------------|-----------------------|
| | при нормальних умовах | при температурах – 45°C і + 65°C | |
| 62-42 | 124 – 126 | 123 – 127 | 8 |
| 62-33 | 82,5 – 84,0 | 82 – 85 | 12 |

Устрій і робота виробу

Схема електрична принципова ГПЗ (рис. 1.4) містить наступні функціональні вузли:

- вторинне джерело живлення;
- генератор несучих частот;
- генератор частот модуляції та маніпулятор;
- попередній підсилювач потужності;
- вихідний підсилювач потужності.

Вторинне джерело живлення виконане на діодах VD1 – VD4, стабілітроні VD7, конденсаторах C2 – C5 і резисторах R13, R14 і являє собою двохнапівперіодний випрямляч, джерело напруги $\pm U_{П2}$ зі штучною середньою точкою і джерело напруги $\pm U_{П1}$ з параметричною стабілізацією[7].

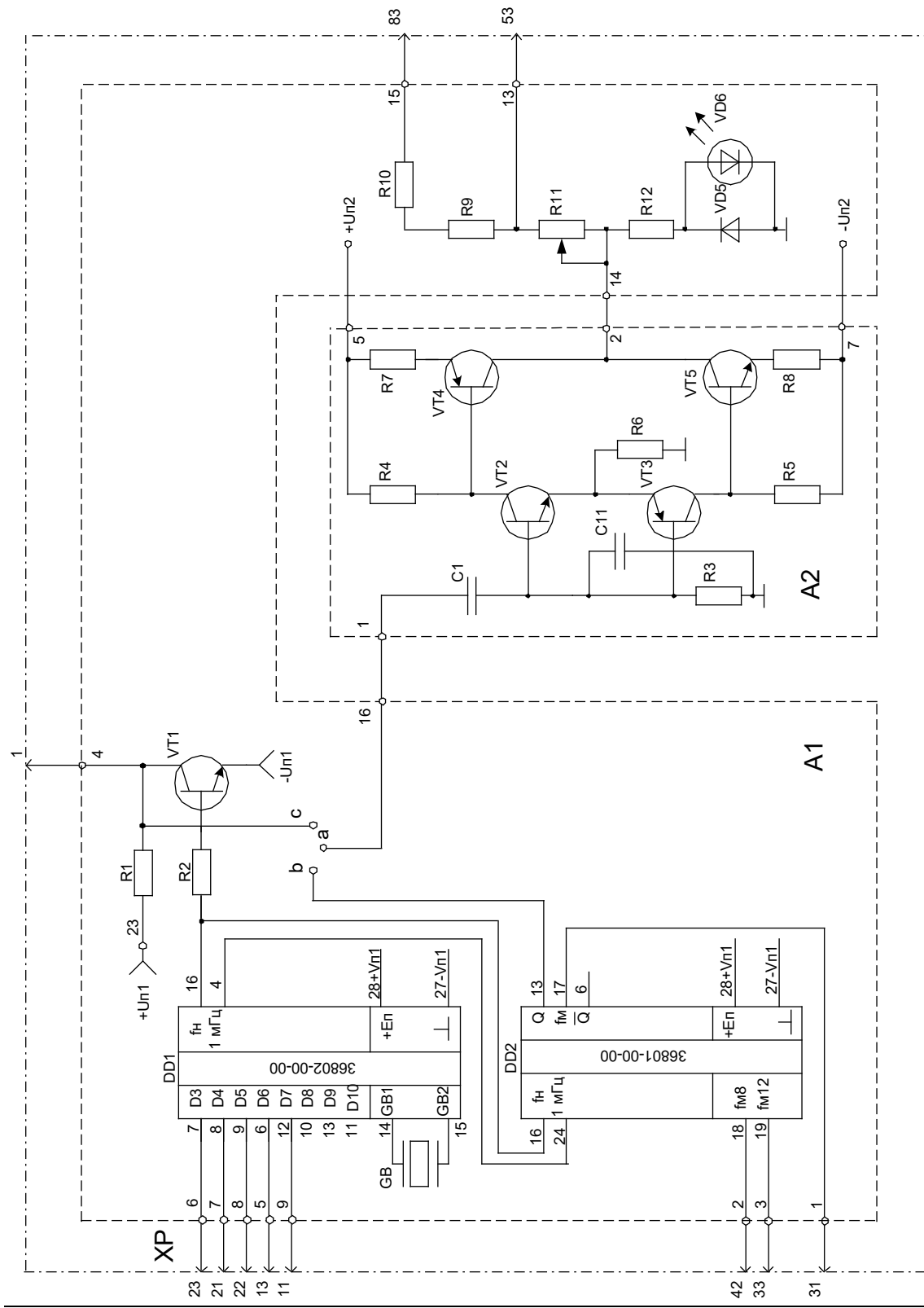


Рисунок 1.4а – Схема електрична принципова ГПЗ

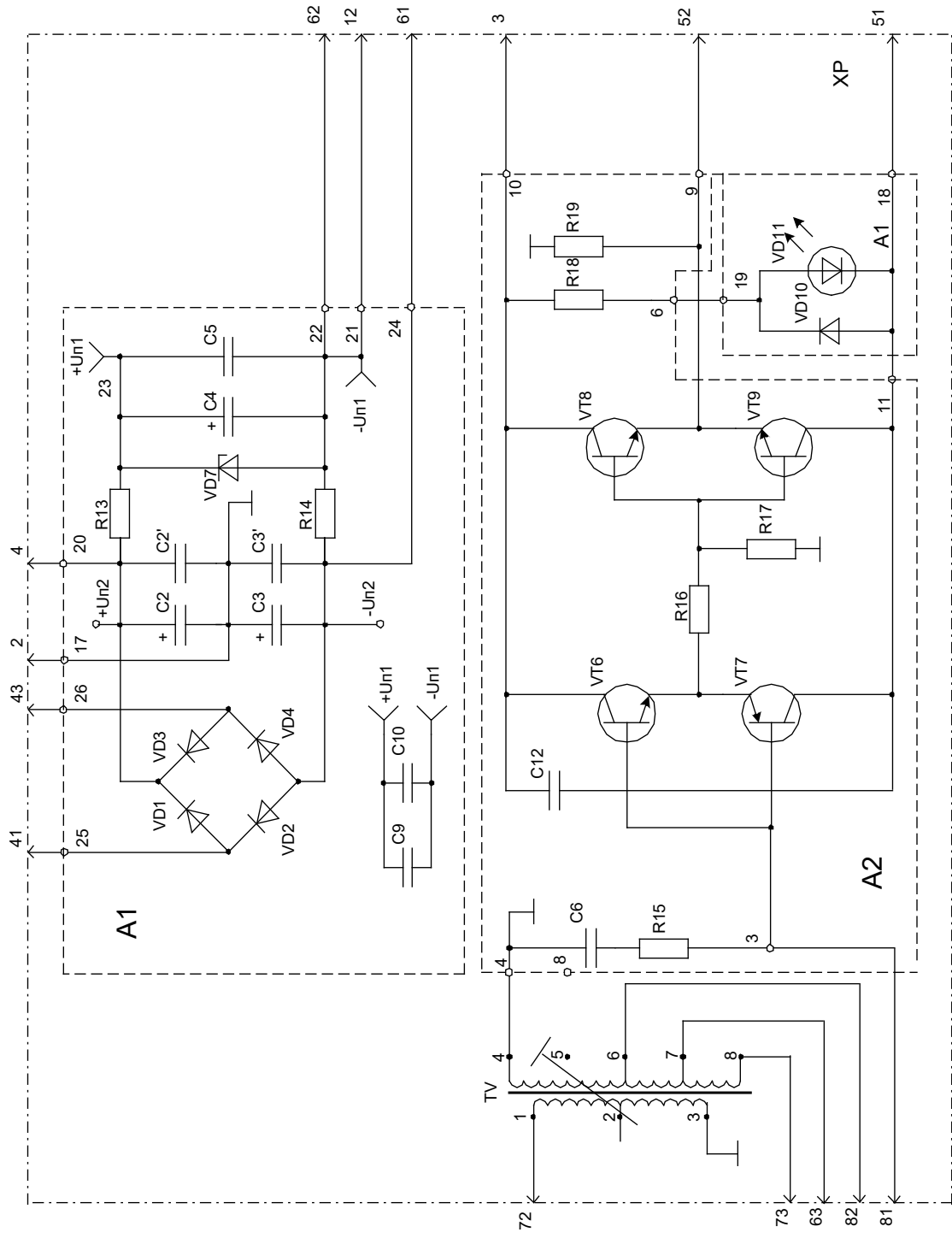


Рисунок 1.46 – Схема електрична принципова ГПЗ (продовження)

1.3.3 Генератор колійний універсальний ГПУ

Загальні відомості

Генератор колійний універсальний ГПУ (далі – генератор) призначений для формування і підсилення АМ сигналів з номінальними частотами в діапазоні від 420 Гц до 5555 Гц у складі апаратури контролю рейкових кіл на залізничному транспорті і метрополітені. Генератор встановлюється на рамах релейних стативів і шаф у розетки реле НШ [8].

Технічні характеристики

1. Електроживлення генератора здійснюється від джерела змінного струму 50 Гц номінальною напругою 230 В з допустимими відхиленнями від 207 В до 241,5 В.
2. Струм, споживаний генератором від мережі 230 В, не перевищує 0,1 А.
3. Частоти, формовані генератором несучих і модулюючих сигналів, відповідають значенням, зазначеним у таблицях 2.14 і 2.15. Вихідні клеми 1-4, клеми живлення 32-52.

Таблиця 1.3 – Несучі частоти сигналів ГПУ

| Перемички роз'єму ХР | Несуча частота сигналу, Гц | |
|-------------------------|----------------------------|---|
| | при нормальних умовах | при крайніх значеннях робочих температур |
| 31-12, 51-72 | 420±1 | 420±2 |
| 31-11, 51-71 | 480±1 | 480±2 |
| 31-13, 51-73 | 565±1,5 | 565±3 |
| 31-22, 51-82 | 580±1,5 | 580±3 |
| 31-21, 51-81 | 720±2 | 720±4 |
| 31-23, 51-83 | 780±2 | 780±4 |
| 31-42, 51-62 | 4545±5 | 4545±10 |
| 31-41, 51-61 | 5000±5 | 5000±10 |
| 31-43, 51-63 | 5555±5 | 5555±10 |

Таблиця 1.4 – Параметри модулюючих сигналів ГПУ

| Перемички роз'єму ХР | Частота модуляції, Гц | Період модулюючого сигналу, мс | |
|----------------------|-----------------------|--------------------------------|--|
| | | при нормальних умовах | при крайніх значеннях робочих температур |
| 31-53 | 8 | 124 – 126 | 123 – 127 |
| 31-33 | 12 | 82,5 – 84,0 | 82 – 85 |

4. Діюче значення вихідного АМ сигналу несучих частот генератора при підключеному навантаженні (опір 7 Ом) не менше 6,0 В і має плавне регулювання від 0 до 6,0 В.

5. Генератор здійснює індикацію формування АМ сигналу.

6. Опір ізоляції струмонесучих кіл генератора щодо корпусу (гвинт кріплення ручки ГПУ) не менше 50 МОм.

7. Ізоляція між струмонесучими частинами генератора і корпусом повинна витримувати протягом 1 хвилини ефективну напругу змінного струму 1500 В 50 Гц при потужності джерела випробувальної напруги не менше 0,5 кВ·А.

8. Габаритні розміри – 228 мм × 82 мм × 203 мм.

9. Маса – не більше 3 кг.

Устрій і робота виробу

Схема електрична принципова генератора (рис. 1.5) містить наступні функціональні вузли:

- джерело живлення;
- генератор несучих, модулюючих частот і маніпулятор;
- схема скидання;
- узгоджувальний каскад;

- активний смуговий фільтр;
- індикатор;
- підсилювач потужності.

Джерело живлення виконане на мережному трансформаторі TV1, діодних мостах VD2, VD3, діоді VD4, стабілітронах VD5, VD6, конденсаторах C4 – C13, C15, C16, C21, резисторах R11, R23, R24 і мікросхемі DA1. Діодна збірка VD3 являє собою двохнапівперіодний випрямляч, що підключений до II і III обмотки, точка їхнього з'єднання використовується як загальний вивід. Отримана двополярна напруга фільтрується конденсаторами C6, C7. Конденсатори C10, C11 – блокувальні. Ця напруга використовується для живлення вихідних транзисторів підсилювача потужності. До позитивного виводу джерела через баластовий резистор R11 підключений інтегральний стабілізатор DA1, на виході якого стоїть фільтрувальний конденсатор C13.

Між виходом і входом інтегрального стабілізатора DA1 установлений захисний діод VD4. Напруга цього стабілізатора використовується для живлення генератора несучих, модулюючих частот, маніпулятора, системи скидання за короткочасним провалом напруги живлення і каскаду узгодження. До цього джерела двополярного живлення також підключені два параметричних стабілізатори: на резисторі R23, стабілітроні VD5 і конденсаторі C1 – стабілізатор +15 В, на резисторі R24, стабілітроні VD6 і конденсаторі C16 – стабілізатор –15 В. Ця напруга використовується для живлення активного смугового фільтра. До обмотки II мережного трансформатора додана обмотка IV, а до обмотки III – обмотка V. Підвищена змінна напруга випрямляється двохнапівперіодним випрямлячем, виконаним на діодній збірці VD2 і фільтрується конденсаторами C4 і C5 із загальною точкою. Конденсатори C8, C9 – блокувальні. Підвищена двополярна напруга використовується для живлення попереднього підсилювача[9].

1.4 Автоблокування з тональними рейковими колами та централізованим розміщенням апаратури

Автоблокування з тональними рейковими колами і централізованим розміщенням устаткування (АБТЦ) була розроблена фахівцями ВНІАС МПС спільно з ГТСС і проектується відповідно до Типових матеріалів для проектування 410003-ТМП (АБТЦ-2000) і розглядається в даній роботі з урахуванням наступних вказівок ГТСС. Основними відмітними особливостями системи АБТЦ є: використання ТРЦ, відсутність ізолюючих стиків, наявність прохідних світлофорів і розміщення основного обладнання на станціях, що обмежують перегін. Переваги АБТЦ визначаються перевагами ТРЦ і перевагами централізованого способу розміщення обладнання. З метою підвищення ефективності перевізного процесу, надійності пристроїв і безпеки руху в системі АБТЦ передбачено:

1. Двосторонній рух по кожній колії двоколійного перегону.
2. Наявність захисних ділянок для обох напрямків руху.
3. Застосування двохниткових ламп червоного вогню на всіх прохідних світлофорах, а також жовтого вогню на предвходних світлофорах.
4. Контроль справності жил кабелю рейкових кіл.
5. Контроль замикання жил кабелю живлення ламп прохідних світлофорів.
6. Контроль послідовності заняття рейкових ланцюгів при включенні кодових сигналів АЛС.
7. Більш досконала схема контролю правильності заняття та звільнення рейкових ланцюгів блок-ділянки (контроль втрати шунта) з блокуванням світлофорів і схем кодування АЛС.

Структурна схема системи АБТЦ представлена на рис. 1.6.

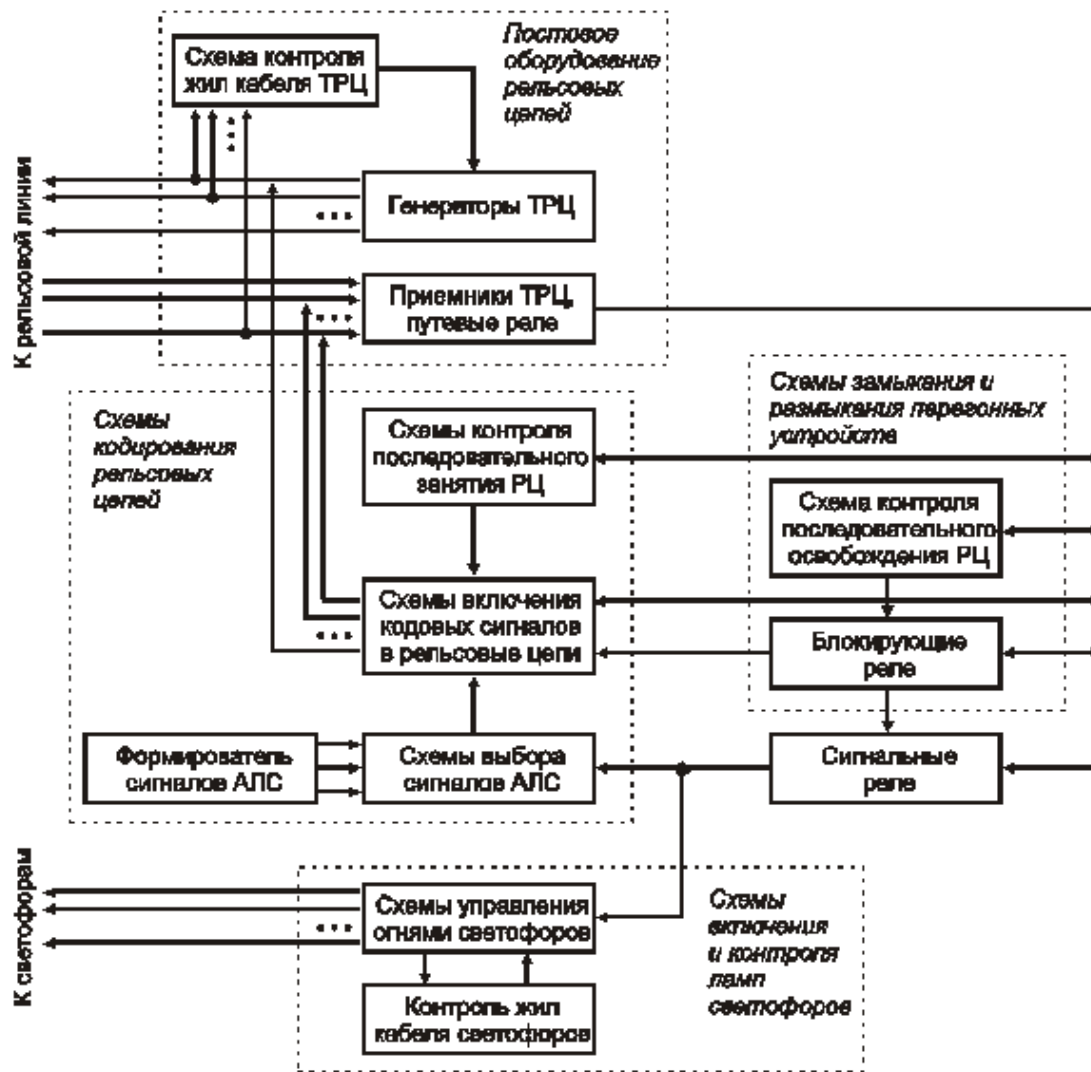


Рис. 1.6. Структурна схема системи АБТЦ

Основними вузлами станційних пристроїв системи є: постове обладнання рейкових ланцюгів, схеми включення та контролю ламп прохідних світлофорів, схеми кодування рейкових кіл для передачі інформації на локомотив, схеми замикання і розмикання перегінних пристроїв з метою виключення небезпечних ситуацій при втраті шунта. Крім того, в роботі системи беруть участь лінійні ланцюги, схема зміни напрямку, схема ув'язки з пристроями електричної централізації і переїзним пристроями (на рис. 1.6 не показані).

В схемах ТРЦ передбачений контроль справності жил кабелю. При замикання жив схема контролю відключає харчування рейкових ланцюгів, при обриві - включає відповідну індикацію на пульті.

Колійні приймачі контролюють стан рейкових ланцюгів тієї частини перегону, яка віднесена до даної станції. Колійні реле цих РЦ впливають на сигнальні реле, які забезпечують вибір необхідних показань прохідних світлофорів і кодових сигналів АЛС. Крім того, шляхові реле впливають на схеми включення кодових сигналів в рейкові кола і на блокуючі реле, управляють схемами контролю послідовного заняття рейкових ланцюгів і схемами контролю послідовного звільнення РЦ.

У схемах управління вогнями світлофорів передбачений контроль справності жил кабелю. При обриві жив забезпечується включення на табло індикації про перегорання нитки лампи світлофора, а в ряді випадків (при обриві прямий жили основної нитки двухнитевой лампи) здійснюється підключення резервної нитки. При замикання прямого і зворотного жив проводиться відключення живлення ламп світлофора.

Для передачі на локомотив інформації про умови руху передбачено формувач сигналів АЛС. Схема вибору сигналів АЛС вибирає необхідні кодові комбінації в залежності від стану сигнальних реле.

Схема включення кодових сигналів подає їх в рейки зайнятої РЦ по команді відповідного колійного реле. При цьому кодові сигнали подаються в рейки тільки за умови дотримання послідовності їх заняття. При накладенні стороннього шунта, зламі рейки або помилкової зайнятості рейкового кола схема контролю послідовного заняття рейкових ланцюгів забороняє передачу дозвільних кодових сигналів. Цим виключається можливість включення на локомотивному світлофорі дозволяючого показання при наближенні до закритого прохідного світлофора.

Кодові сигнали АЛС подаються в рейки за існуючими живильних та релейним жилах кабелю рейкових кіл.

Схеми замикання і розмикання перегінних пристроїв включають в себе блокують реле і схеми контролю послідовного звільнення рейкових ланцюгів. При в'їзді поїздів на якийсь блок-ділянку блокуючу реле впливає на сигнальні реле цього блок-ділянки, чим виключається відкриття світлофора, що огорожує даний БО, і вибір дозволяє кодового сигналу для попереднього блок-ділянки (замикання блок-ділянки).

Розмикання блок-ділянки проводиться автоматично за участю схеми контролю послідовного звільнення рейкових ланцюгів цього БО і захисного ділянки. Порухення зазначеної послідовності при звільненні блок-ділянки може бути наслідком втрати шунта при фактично зайнятій БО або захисному ділянці. При цьому розмикання блок-ділянки не відбувається і дозволяючий сигнал не включається.

Для розмикання блок-ділянки при помилковій зайнятості або несправності схеми в системі АБТЦ передбачена схема штучного оброблення, яку в командному порядку проводить черговий по станції відправлення.

Схеми, зазначені на структурі АБТЦ (див. Рис. 1.6), крім схем ТРЦ і формувача сигналів АЛС, будуються для кожного блок-ділянки і є спільними як для встановленого правильного, так і неправильного напрямків руху. Перебудова схем в залежності від встановленого напрямку руху здійснюється схемою зміни напрямку[10].

1.5 Технічне Обслуговування ТРК

1.5.1 Загальні положення

Технічне обслуговування ТРК здійснюється з метою їх утримання в постійній справності згідно з системою планово-попереджувального ремонту, що включає планування, підготовку і реалізацію технічного обслуговування й ремонту з заданою послідовністю і періодичністю. Перелік робіт з технічного обслуговування та їх періодичність регламентуються Інструкцією з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування (СЦБ), а порядок виконання робіт – технологічними картами .

Основними видами робіт з технічного обслуговування і ремонту є:

- огляд, регулювання, чищення, фарбування, перевірка справності дії пристроїв ТРК;
- вимірювання електричних параметрів і характеристик елементів пристроїв ТРК і приведення їх до норми;
- заміна приладів на відремонтовані в РТД;
- відновлення справної дії пристроїв ТРК при їх відмовах;
- виконання робіт з підвищення надійності пристроїв ТРК і забезпечення безпеки руху поїздів.

1.5.2 Технічне обслуговування ТРКЗ

Один раз у квартал електромеханіком повинне здійснюватися вимірювання напруги на вході колійного приймача кожного ТРК. Діючі значення цих напруг вказуються в регулювальній таблиці, приклад якої наведений у табл. 1.5, або в нормалі на РК. Менше значення напруги, зазначене в регулювальній таблиці, відповідає найбільш низькому опоріві баласту (мокрый баласт) і мінімальному значенню напруги живлення, а більше значення – найбільш високому опоріві баласту і максимальному значенню напруги

живлення. Коливання напруги в мережі живлення не повинні перевищувати +5% –10% від номінального значення. Якщо при сухому або промерзлому баласті напруга виявиться близькою до меншої межі її значення, або при мокрому чи вологому баласті вона буде близькою до більшого значення, то напруга повинна бути відрегульована до нормальної величини[11].

Таблиця 1.5 – Приклад регулювальної таблиці для ТРКЗ

| Перегін | № РК | L, м | f, Гц | r _и , Ом·км | Нормальний режим | | | | | | | R _з +R _{сп} , | |
|----------|------------|------------|------------|---------------------------|-----------------------|----------------------|-------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-------------|-----------------------------------|-------------|
| | | | | | U _Г , В | S _Г , В·А | | U _Ф , В | U _Н , В | U _{ПЦ} , В | | Ом | |
| | | | | | | макс. | ср. | | | мін. | макс. | ЖК | ПК |
| <u>1</u> | <u>2</u> | <u>3</u> | <u>4</u> | <u>5</u> | <u>6</u> | <u>7</u> | <u>8</u> | <u>9</u> | <u>10</u> | <u>11</u> | <u>12</u> | <u>13</u> | <u>14</u> |
| Б | <u>1П</u> | <u>745</u> | <u>480</u> | <u>0,4</u> | <u>4,15</u> | <u>3,6</u> | <u>4,3</u> | <u>33,3</u> | <u>0,79</u> | <u>0,4</u> | <u>1,35</u> | <u>0,35</u> | <u>0,35</u> |
| | <u>3П</u> | <u>250</u> | <u>780</u> | <u>0,9</u> | <u>2,45</u> | <u>4,2</u> | <u>2,1</u> | <u>20,8</u> | <u>0,42</u> | <u>0,9</u> | <u>1,5</u> | <u>0,30</u> | <u>0,30</u> |
| | <u>44П</u> | <u>600</u> | <u>480</u> | <u>0,7</u> | <u>5,0</u> | <u>10,2</u> | <u>5,1</u> | <u>40,0</u> | <u>0,56</u> | <u>0,4</u> | <u>0,95</u> | <u>0,35</u> | <u>0,35</u> |
| | <u>46П</u> | <u>250</u> | <u>780</u> | <u>0,5</u> | <u>6,8</u> | <u>21,0</u> | <u>10,5</u> | <u>42,4</u> | <u>0,64</u> | <u>0,75</u> | <u>1,5</u> | <u>0,30</u> | <u>0,30</u> |

Вимірювання виконуються приладом класу точності не нижче 2,5 на змінному струмі, з внутрішнім опором не менше 1,3 кОм (наприклад, Ц4312, Ц4380) на межі вимірювань 1,5 В і вище. Якщо напруга на вході приймача відрізняється від номінальних значень, то повинні бути вжиті заходи до виявлення й усунення причин.

При обслуговуванні ТРК рекомендується використовувати індикатор струмів і напруги ИТ-ЧРЦ (8151-00-00), а також перетворювач струму селективний А9-1.

Настроювання колійних фільтрів у резонанс на несучу частоту сигнального струму виконується в процесі включення РК в експлуатацію або після заміни фільтра.

Регулювання ТРК у нормальному режимі повинно здійснюватися відповідно до даних табл. 1.5. Основним параметром при регулюванні ТРК є напруга на вході колійних приймачів ПП і ППЗ (виводи 11, 43). Напруга на вході колійних приймачів повинна встановлюватися в межах від мінімального (графа 11) до максимального значення (графа 12) залежно від фактичного опору ізоляції рейкової лінії й напруги мережі живлення 50 Гц. Мінімальне значення напруг $U_{ПП(мін)}$ відповідає мінімально допустимому опору ізоляції рейкової лінії й мінімальній напрузі мережі живлення 50 Гц, максимальне – максимальному опору ізоляції і максимальній напрузі живлення.

Регулювання ТРКЗ здійснюється зміною напруги $U_{Г}$, що подається з виходу генератора ГП (ГПЗ) – виводи 2, 52 (обертанням ручки змінного резистора, виведеного на передню панель кожуха генератора) на вхід колійного фільтра ФПМ (виводи 11, 71). При встановленні на ГП (ГПЗ) перемички 83-72 напруга АМ сигналу на виводах 2, 52 ГП (ГПЗ) регулюється в межах від 1 В до 6 В. Після завершення регулювання ручку змінного резистора колійного генератора закріплюють фіксуючою гайкою (контргайкою) і заклеюють біркою. На бірці вказують дату регулювання, вихідну напругу на генераторі, прізвище і підпис виконавця, який виконував регулювання. Бірки наклеюють клеєм і зверху заклеюють прозорою клейкою стрічкою.

Якщо при сухому (промерзлому) баласті напруга на вході приймача ($U_{ПП}$) виявиться близькою до меншої межі її значення або при мокрому (вологодому) баласті вона буде близькою до більшого значення, то напругу $U_{Г}$ (графа 6) потрібно відрегулювати до дотримання значень $U_{ПП}$, що відповідають максимальному або мінімальному опору ізоляції рейкової лінії. Збільшення напруги $U_{Г}$ вище значень, указаних у регулювальній таблиці, не допускається.

Необхідною умовою при регулюванні ТРКЗ є настроювання колійного фільтра ФПМ на максимальну вихідну напругу. Здійснюється це за рахунок настроювання фільтра ФПМ у резонанс на несучу частоту сигнального струму підключенням відповідних конденсаторів фільтра за допомогою зовнішніх настроювальних перемичок. Правильність настроювання ФПМ перевіряється приблизною рівністю напруг на виводах 71, 23 (загальна ємність) і 11, 23 (індуктивність).

Значення напруг U_{ϕ} і U_{H} є орієнтованими для оцінки правильності регулювання вільного і справного ТРК. Наведені в регулювальній таблиці значення відповідають умовам регулювання напруги $U_{Г}$ і розрахункової добротності фільтра ФПМ, яка становить 11,7. Значення напруг $U_{Г}$, U_{ϕ} , U_{H} , $U_{ПП}$ дані за умови подачі модульованого сигналу.

Забороняється здійснювати регулювання ТРК зміною коефіцієнтів трансформації колійних і дроселів-трансформаторів, значень регульованих резисторів R_3 , R_K , а також установлювати напругу $U_{Г}$ більшого значення, ніж вказано в регулювальній таблиці.

Регулювання струму АЛС здійснюється зміною напруг $U_{КТ}$ на вторинній обмотці кодового трансформатора КТ (ПОБС-3А) відповідно до даних регулювальної таблиці (див. табл. 1.5).

Колійні генератори, фільтри і приймачі перевіряються в умовах РТД перед установленням, з подальшою періодичною перевіркою приймачів через 5 років, а генераторів та фільтрів ФПМ – через 10 років.

Один раз у три місяці електромеханіком повинне здійснюватися вимірювання напруги на колійному реле. При справному приймачі й напрузі на його вході відповідно до регулювальної таблиці напруга на колійному реле повинна бути в межах від 4,0 В до 8,0 В.

Двічі на рік електромеханіком повинне здійснюватися вимірювання напруги живлення блоків ГП (ГПЗ) і ПП (ППЗ). Вона повинна бути в наступних межах:

для ГП (ГПЗ) – від 31,5 В до 36,8 В (номінальна – 35,0 В);

для ГПУ – від 207 В до 241,5 В (номінальна – 230 В);

для ПП (ППЗ) – від 15,7 В до 18,4 В (номінальна – 17,5 В).

Двічі на рік електромеханіком повинне здійснюватися вимірювання напруг на трансформаторі КТ передавальних пристроїв АЛС числового коду. Напруга на трансформаторі КТ зазначена в регулювальній таблиці.

Двічі на рік електромеханіком повинна здійснюватися зовнішня перевірка реле, трансформаторів і блоків відповідно до вимог „Інструкції з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування (СЦБ) ЦШЕОТ/0012”.

Один раз у квартал електромеханіком і електромонтером повинна здійснюватися перевірка шунтового режиму ТРК. Перевірка виконується почерговим накладенням нормативного шунта 0,06 Ом на живильному, релейному кінцях і середині ТРК. Залишкова напруга на вході колійного приймача ПП (ППЗ), (на виводах 11, 43) при цьому не повинна перевищувати 0,2 В, а напруга на колійному реле повинна дорівнювати нулю. Якщо залишкова напруга більше нормативної, необхідно зменшити напругу на вході приймача з урахуванням дотримання нормального режиму[12].

Виміряні параметри ТРК необхідно записати в картку обліку.

1.6 Висновки за розділом. Постановка мети та завдань дослідження

На основі проведеного аналітичного огляду літератури і галузевих інструкцій з'ясовано загальні характеристики ТРКЗ та кабельних ліній.

Розглянуто апаратуру ТРКЗ (генератор колійний ГП, генератор колійний ГПЗ,генератор колійний універсальний ГПУ).

Розглянуто та проаналізовано системи автоблокування з тональними рейковими колами та централізованим розміщенням апаратури.

Розглянуто та проаналізовано методи технічного обслуговування ТРК.

Визначено, що зовнішні електромагнітні завади, зміна з часом параметрів елементів рейкових кіл (рейкових з'єднувачів, ізоляції опору баласту, колійних трансформаторів, конденсаторів і т.д.) приводить к значному спотворенню сигнального струму ТРК, що в свою чергу може викликати збої в їх роботі.

Відповідно, метою роботи є дослідження причин спотворень сигнального струму в тональних рейкових колах і розробка системи моніторингу сигнального струму ТРК.

Для досягнення мети необхідно виконати наступні завдання:

1. Дослідити вплив дестабілізуючих факторів на роботу тональних рейкових кіл;
2. Розробити структурну схему діагностичного пристрою автоматизованого контролю стану елементів тональних рейкових кіл.

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

$$u_G(t) = U_{mG} W(t) \sin(\omega t + \varphi_0), \quad (2.1)$$

де U_{mG} – амплітудне значення напруги несучої частоти $\omega = 2\pi f$, $W(t)$ – модулююча 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 кодових 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 (рис. 2.1) сигнальний струм проходить через апаратуру живлячого кінця рейкового кола (чотирьохполюсник Н), рейкову лінію РЛ і апаратуру приймального кінця РК (чотирьохполюсник К), 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} і $U_{CI D}$, I_{PH} і $I_{CI D}$, $\omega_P = \omega_{P0} \pm D \omega_{P0}$. Додатково фазочутливі приймачі мають

селективність за фазою, що вимагає наявності певного зсуву фаз $\varphi_P = \varphi_{P0} \pm D \varphi_{P0}$ між струмом колійної і місцевої обмотки реле.

Критерій виконання нормального режиму визначається тим, що при критичному збігу несприятливих факторів для передачі енергії від живильного до приймального кінця РК $[U_{G \min}, Z_{DE \max}, r_{I \min}]$ (де $Z_{DE \max}$ – максимальний імпеданс рейкового кола, $r_{I \min}$ – мінімальний опір ізоляції баласту), рівень сигналу на вході одноелементного приймача відповідає його робочому струму $I_{Paá}$ або рівень і фаза сигналу на вході фазочутливого приймача (ФЧП) відповідає його обертаючому моменту.

Додатковою є умова, що обмежує напругу на колійному приймачі

$$K_{IAD \acute{o}} = \frac{U_{I \acute{i} \acute{o}}}{U_P} < K_{IAD \grave{a}}, \text{ де } K_{IAD \acute{o}}, K_{IAD \grave{a}} - \text{відповідно, коефіцієнт}$$

перевантаження приймача фактичний і допустимий, $U_{I \acute{i} \acute{o}}$ – напруга на приймачі в нормальному режимі фактична.

Критерієм надійного виконання шунтового режиму є співвідношення $K_{\theta} > 1$, де K_{θ} – коефіцієнт шунтової чутливості к нормальному поїзному шунту для довільної координати РЛ, що обраховується для критичних значень основних параметрів РК $[U_{G \max}, Z_{DE \min}, r_{I \max} = \Gamma, p_{\theta \acute{e} \delta \acute{e} \delta}]$, де $p_{\theta \acute{e} \delta \acute{e} \delta}$ – критична координата накладання шунта [43-47].

Критерієм надійного виконання контрольного режиму є співвідношення $K_K > 1$, де K_K – коефіцієнт чутливості РК до перерваної рейкової нитки, що обраховується для критичних значень основних параметрів РК $[U_{G \max}, Z_{DE \min}, r_{I \acute{e} \delta \acute{e} \delta}, P_{\acute{E} \acute{e} \delta \acute{e} \delta}]$ де $P_{\acute{E} \acute{e} \delta \acute{e} \delta}$ – критична координата злому РЛ [43-47]. При цьому робочі напруги мають визначатися з урахуванням певних коефіцієнтів, що мають забезпечувати стабільність роботи РК.

Робоча напруга або струм спрацьовування колійного приймача дорівнює $U_P = K_{\zeta \tilde{m} \delta} U_{\tilde{m} \delta}$; $I_P = K_{\zeta \tilde{m} \delta} I_{\tilde{m} \delta}$; де $U_{\tilde{m} \delta}$ $I_{\tilde{m} \delta}$ – напруга і струм спрацьовування (повного притягнення) якоря (сектора) реле, $K_{\zeta \tilde{m} \delta}$ – коефіцієнт запасу на спрацьовування. Для електромагнітних і індукційних реле при безперервному живленні приймають $K_{\zeta \tilde{m} \delta} = 1$, для імпульсних $K_{\zeta \tilde{m} \delta} = 1,2$.

Напруга або струм надійного відпускання якоря (сектора) реле при безперервному живленні $U_{BH} = K_{\zeta A} U_B$, $I_{BH} = K_{\zeta A} I_B$, де $K_{\zeta A}$ – коефіцієнт запасу на відпускання. Для електромагнітних реле коефіцієнт запасу на відпускання $K_{\zeta A} = 0,6$, для індукційних (секторних) реле – $K_{\zeta A} = 0,9$.

Напруга або струм неспрацьовування імпульсних реле

$$U_{I \tilde{N} D} = K_{\zeta I \tilde{N} D} U_{\tilde{N} D}; \quad I_{I \tilde{N} D} = K_{\zeta I \tilde{N} D} I_{\tilde{N} D}, \quad (2.2)$$

де $K_{\zeta I \tilde{N} D}$ – коефіцієнт запасу на неспрацьовування, $K_{\zeta I \tilde{N} D} = 0,9$.

Параметри всіх чотирьохполюсників змінюються під впливом зовнішніх факторів в певному діапазоні і тому можуть розглядатися в цьому діапазоні як випадкові. Для оцінки впливу тягового струму на рейкові лінії будемо вважати, що чотирьохполюсники Н і К справні і їх параметри відповідають нормативам. Вплив напруги живлення будемо враховувати за критичними для кожного режиму відхиленнями напруги (+ 5% / - 10%).

На рейкову лінію впливають дискретні, безперервні фактори, а також електромагнітні завади (рис. 2.1). Дискретні фактори пов'язані зі зміною структури рейкового кола при появі поїзного шунта (шунтовий режим) або при порушенні електричної цілісності рейкової лінії (контрольний режим) і умовно позначені на еквівалентній схемі буквами Ш та К (рис. 3.1.). Назва дискретний фактор є в певному розумінні умовною, оскільки зміни електричної схеми РК в процесі виконання режимів Ш і К мають безперервний спектр значень

(наприклад, за рахунок варіації електричного опору поїзного шунта та місця його накладання, які змінюються безперервно по мірі проїзду поїзду).

Безперервні фактори $(Var(\underline{Z}_{DE}), Var(\underline{Y}_2))$ характеризують зміну первинних параметрів рейкового кола ($\underline{Z}_{DE} = R_{DE} + jX_{DE}$ – повздовжнього імпедансу, $\underline{Y}_2 = g_2 + j\omega C_2$ – поперечного адмітансу) під впливом зовнішніх факторів. Для справної рейкової лінії найбільш суттєво змінюється такий первинний параметр як опір ізоляції баласту рейкового кола g_2 . Окрім цих параметрів на рейкове коло діють електромагнітні завади від тягової мережі, рухомого складу, ліній повздовжнього електропостачання та ін. (рис. 2.1).

Внаслідок комплексного характеру первинних параметрів РК, а також під дією електромагнітних завад сигнальний струм може значно змінюватися за амплітудою та формою. Для прикладу на рис. 2.2 наведено експериментально виміряну осцилограму сигнального струму на вході колійного приймача ТРК на діючій ділянці залізниці.

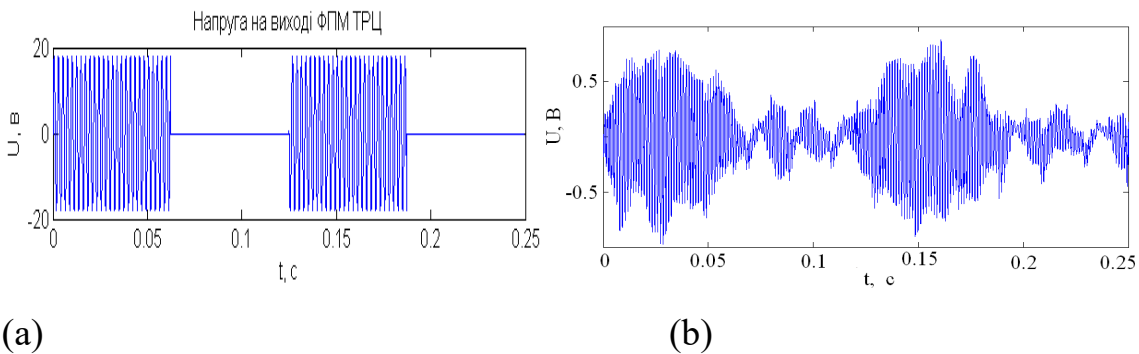


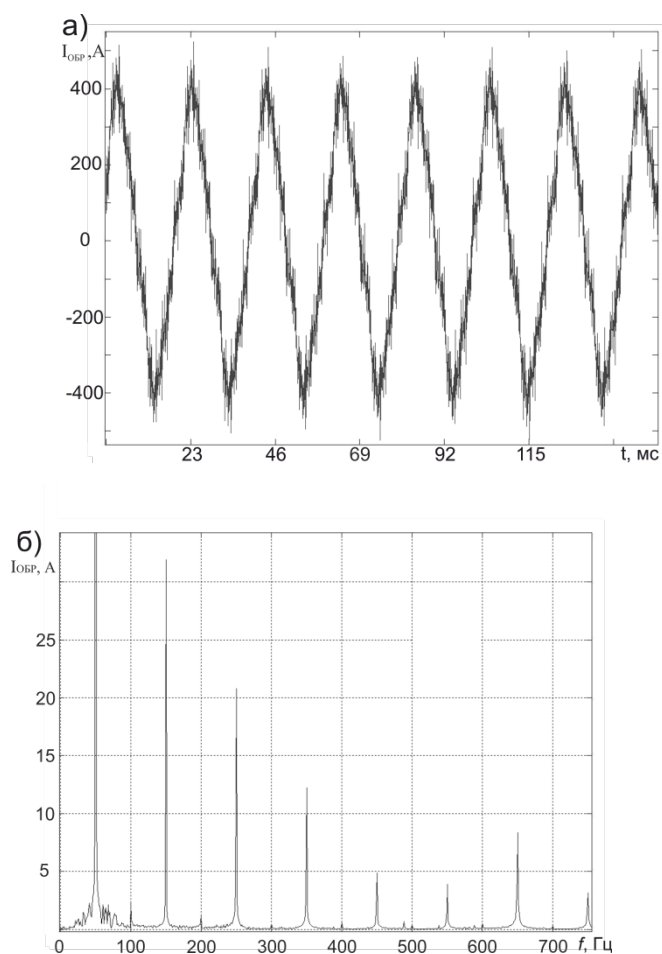
Рис.2.2. Осцилограми сигнального струму ТРК на виході фільтра (a) і на вході колійного приймача (b)

Внаслідок збігу несприятливих та дестабілізуючих факторів (електромагнітних завад, змін коефіцієнту передачі РЛ та ін.), можливе значне спотворення сигналу (рис. 2.2), при якому виникає невідповідність селективних параметрів сигнального струму реальному стану РК, що приведе до збою або відмові в роботі РК. Внаслідок цього може з'явитися заборонний сигнал на

прохідному світлофорі при справному та незайнятому рейковому колі (заважаюча відмова) або дозволяючий сигнал на прохідному світлофорі при несправному або зайнятому РК (небезпечна відмова)[14].

2.2. Дослідження впливу електромагнітних завад на роботу ТРК

На рис. 2.3 приведена тимчасова залежність і спектральний склад зворотного тягового струму електропоїзда з асинхронним тяговим приводом в режимі тяги при наборі швидкості до ~ 140 км / год на ділянці з підйомом ~ 5 ‰.



значення, а в смузі частот ~ 480 Гц рівень перешкоди короткочасно перевищував допустиме значення. На рис. 2.4 наведено фрагмент тимчасової залежності і спектральний склад зворотного тягового струму електропоїзда з асинхронним тяговим приводом в режимі екстреного гальмування без рекуперації від ~ 140 км / год на рівній ділянці.

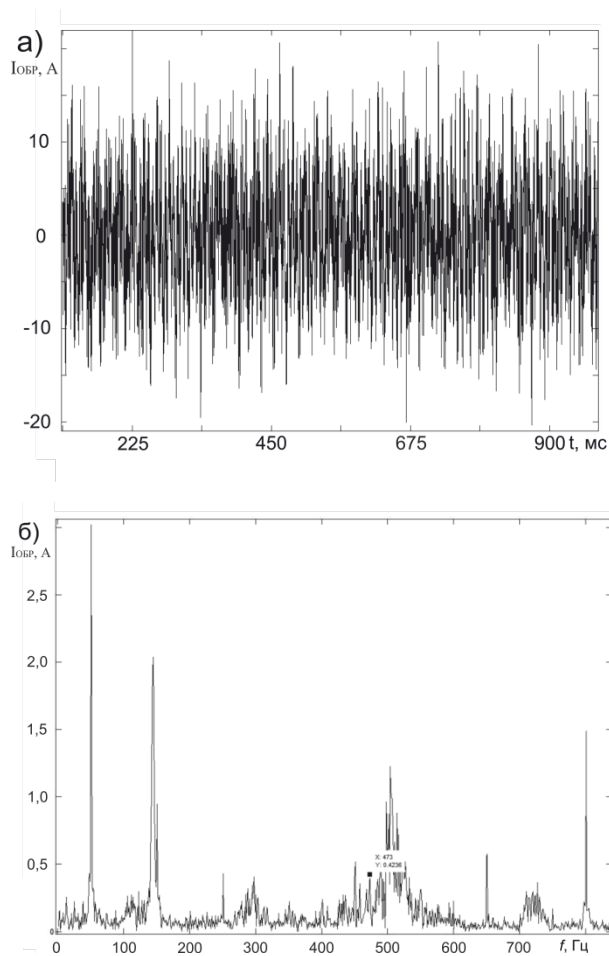


Рис. 2.4. Тимчасова залежність (а) і спектральний склад (б) зворотного тягового струму електропоїзда в режимі екстреного гальмування Незважаючи на невеликі значення зворотного тягового струму (~ 20 А) в спектрі спостерігалася перешкода з частотою ~ 480 Гц і рівнем, що перевищує гранично допустиме значення. Після обробки результатів вимірювання перешкод при русі електропоїзда у всіх режимах, передбачених нормативними документами, максимальне значення струму перешкод на частотах роботи рейкових кіл для електротяги змінного і постійного струму зведені в таблиці (табл. 2.1, 2.2).

Таблиця 2.1 Струм завади в рейкової 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 | 0,50 |
| 5000 | 4963-5038 | 0,2 | 0,15 |
| 5555 | 5518-5593 | 0,2 | 0,13 |

Таблиця 2.2 Струм завади в рейкової лінії при електротязі постійного струму

| Частота, Гц | Діапазон частот, Гц | Максимально допустимий ток помехи, А | Максимальний измеренный ток помехи, А |
|-------------|---------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 25 | 21-29 | 1 | 0,39 |
| 50 | 46-54 | 1,3 | 0,10 |
| 420 | 408-432 | 0,35 | 0,42 |
| 480 | 468-492 | 0,35 | 0,48 |
| 580 | 568-592 | 0,35 | 0,36 |
| 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 |

2.3. Вплив відхилення параметрів елементів тональних рейкових кіл від номінальних на режими роботи ГРК

В даному розділі визначено вплив відхилення параметрів захисного

резистора R_3 і конденсатора C_k в ланцюзі підключення сигналів АЛС в РК для випадку двох максимально допустимих відхилень ($\pm 10\%$). Для цих значень визначали напругу генератора, яка потрібна для виконання режимів роботи ТРК.

Загальна схема заміщення ТРЦ перегону повинна містити схеми заміщення апаратури живильного і релейного кінців, рейкової лінії і відгалужень. У безстикових ТРЦ необхідно при складанні схеми заміщення враховувати витік сигнальних струмів як з живильного, так і з релейного кінця. Величина струму витіку буде визначатися вхідним опором суміжній і сусідній ТРЦ. Суміжна ТРЦ - рейкове коло, що має загальний живильний кінець з розрахунковою, а сусідня ТРЦ - рейкове коло, що має загальний релейний кінець з розрахунковою (рис. 2.5).

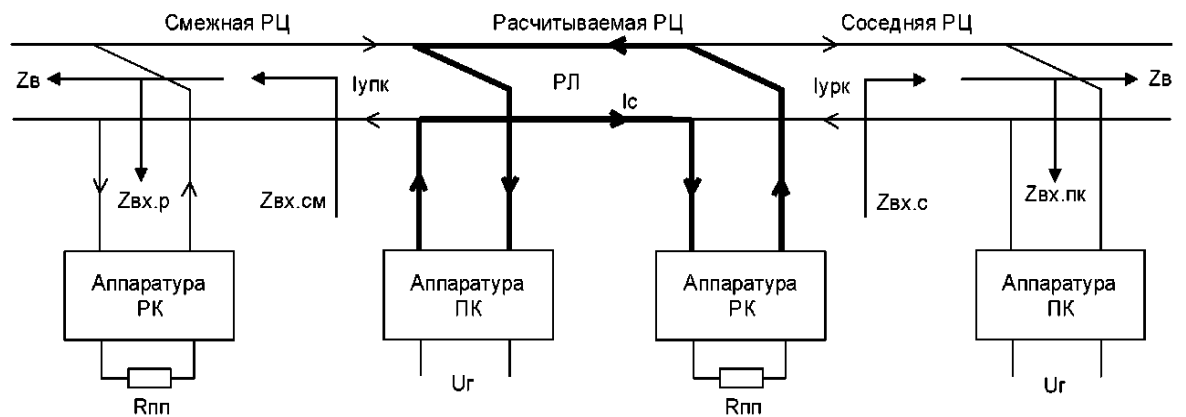


Рис. 2.5. Схема поширення сигнального струму в безстиківій ТРЦ

Схема заміщення ТРЦ представлена на рис. 2.6.

Результати розрахунку впливу відхилення параметрів ємності конденсатора C_k і захисного резистора R_3 на $\pm 10\%$ від номінального наведені на рис. 2.6 і 2.7 відповідно.

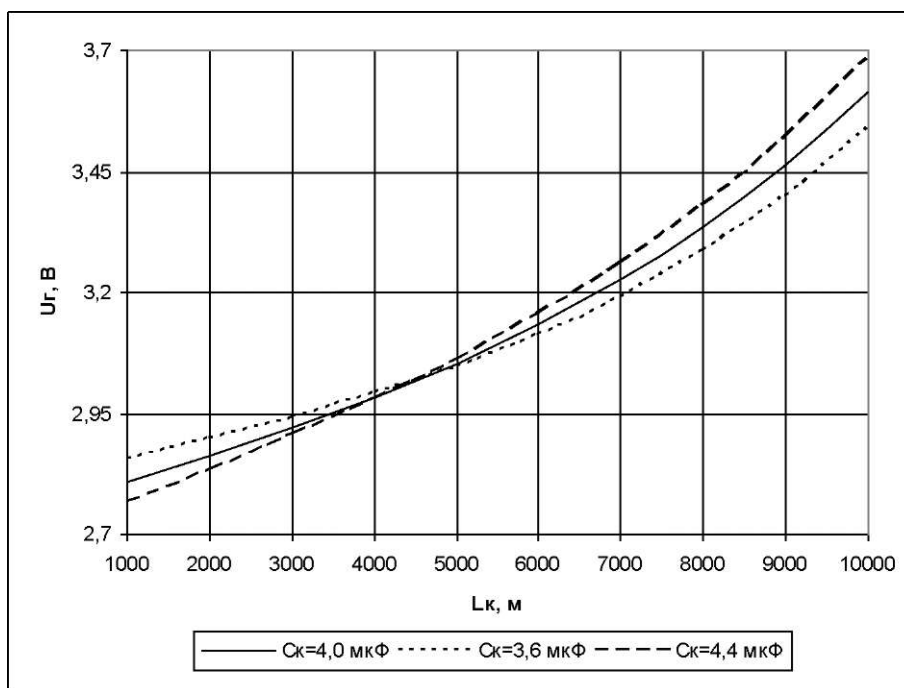


Рис. 2.6. Залежність напруги на генераторі від довжини кабелю для трьох значень конденсатора C_k

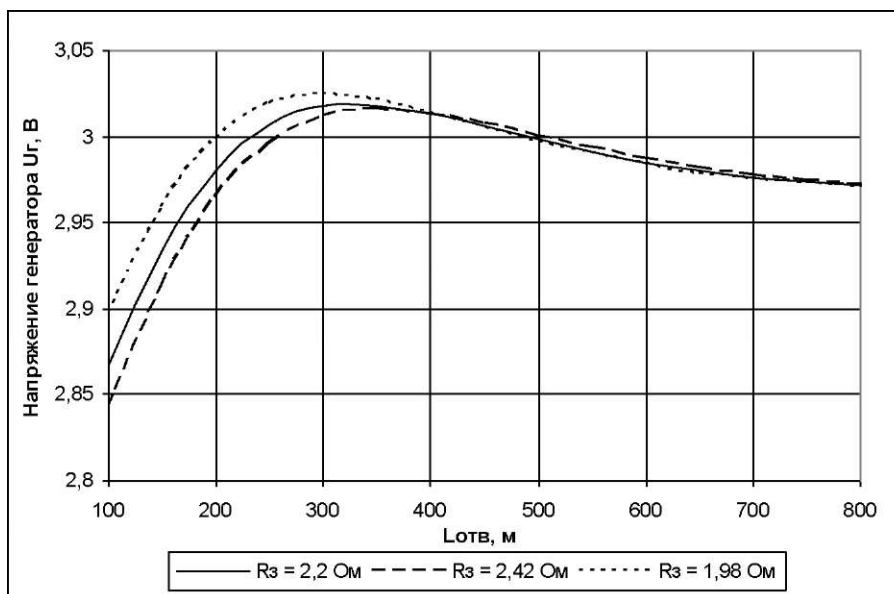


Рис. 2.7. Залежність напруги на генераторі від довжини суміжної рейкової лінії для трьох значень опору резистора R_3 .

Як видно з рисунку відхилення значення ємності конденсатора від номінального 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 вказаних інтервалів довжини кабелю та довжини суміжної рейкової лінії можливі збої в роботі ТРК, режими якої були встановлені відповідно до регулюючих таблиць[15].

2.4. Вплив опору ізоляції баласту на режими роботи ТРК

Класична методика розрахунку рейкового кола передбачає заміщення її складових частин еквівалентними чотирьополосниками, параметри яких вибираються виходячи з найгірших умов для кожного з режимів роботи. Вихідними даними для розрахунку є: принципова схема рейкового кола й параметри її апаратури; довжина рейкової лінії; довжина сполучних кабелів; частота сигнального струму й струму АЛС; діапазони зміни опору ізоляції й опору рейок; рівні сигналів спрацьовування, відпускання (неспрацьовування) і перевантаження колійного й локомотивного приймачів, а також коефіцієнти їхнього повернення; припустимі 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 в різних режимах при зміні параметрів схеми. У ході аналізу визначають оптимальні значення параметрів елементів схеми й частоти джерела живлення для заданих умов функціонування.

При аналізі й розрахунку рейкового кола припускаємо, що рейкова лінія і елементи апаратур є лінійними, тобто їхні параметри не залежать від струмів, що протікають[16].

2.4.1. Рівняння електричного кола як чотириполюсника.

Чотириполюсне коло, що має два входи (або вхід і вихід), варто 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:

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_1 &= Z_{11}\dot{I}_1 + Z_{12}\dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 &= Z_{21}\dot{I}_1 + Z_{22}\dot{I}_2 \end{aligned} \right\} \quad (2.3)$$

де Z_{11} - вхідний опір чотириполюсника, вимірюваний з боку входу 1 при розімкненому вході 2;

Z_{22} — вхідний опір чотириполюсника, вимірюваний з боку входу 2 при розімкненому вході 1;

Z_{21} і Z_{12} — опори передачі, вимірювані в умовах розмикання обох входів.

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

Якщо ланцюг, представлений чотириполюсником, містить тільки пасивні елементи, то він має властивість оборотності. У цьому випадку $Z_{12} = Z_{21}$, а чотириполюсник називається оборотним.

Із чотирьох параметрів оборотного чотириполюсника три незалежні.

При рішенні задачі про передачу від входу до виходу найбільш зручними будуть рівняння чотириполюсника, вирішені відносно \dot{U}_1 й \dot{I}_1 :

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_1 &= -\frac{Y_{22}}{Y_{21}}\dot{U}_2 - \frac{1}{Y_{21}}\dot{I}_2 \\ \dot{I}_1 &= -\frac{1}{Z_{21}}\dot{U}_2 + \frac{Z_{22}}{Z_{21}}\dot{I}_2 \end{aligned} \right\} \quad (2.4)$$

де Y_{22} — вхідна провідність, обмірювана на вході 2 при закороченому вході 1;

Y_{21} — провідність передачі, обмірювана при закорочених входах.

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

Прийнято позначати:

$$-\frac{Y_{22}}{Y_{21}} = A, -\frac{1}{Y_{21}} = B, \frac{1}{Z_{21}} = C, \frac{Z_{22}}{Z_{21}} = D. \quad (2.5)$$

Рівняння при цьому пишуться у вигляді:

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_1 &= A\dot{U}_2 + B\dot{I}_2 \\ \dot{I}_1 &= C\dot{U}_2 + D\dot{I}_2 \end{aligned} \right\} \quad (2.5)$$

У рівняннях:

$A = \frac{\dot{U}_1}{\dot{U}_2}$ - величина, зворотня коефіцієнту трансформації по напрузі при розімкнутих виводах 3, 4;

$B = \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_2}$ - величина, зворотня провідності передачі при замкнутих виводах 3, 4;

$C = \frac{\dot{I}_1}{\dot{U}_2}$ - величина, зворотня опору передачі при розімкнутих виводах 3, 4;

$D = \frac{\dot{I}_1}{\dot{I}_2}$ - величина, зворотня коефіцієнту трансформації по струму, при замкнених виводах 3, 4.

У всякого оборотного чотирьохполюсника із чотирьох параметрів незалежними є тільки три.

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

$$AD - BC = 1 \quad (2.7)$$

Для оборотного чотирьохполюсника, коефіцієнти A, B, C, D якого зв'язані таким співвідношенням, рівняння зворотної передачі будуть мати вигляд:

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_2 &= D\dot{U}_1 - B\dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 &= -C\dot{U}_1 + A\dot{I}_1 \end{aligned} \right\} \quad (2.8)$$

Якщо не враховувати знак мінус, що з'явився тут внаслідок того, що напрямок струму обраний протилежним напрямку передачі, то рівняння подібні

до попередніх рівнянь, розходження полягає в тому, що коефіцієнти A і D помінялися місцями.

У симетричному чотириполюснику, умови передачі не залежать від напрямку передачі.

2.4.2. Обчислення параметрів лінії.

Електричні властивості рейкової лінії визначаються питомою електричною провідністю ізоляції $y_{и}$ (См/км) і питомим електричним опором рейок z (Ом/км), що у свою чергу залежать від її первинних параметрів: $g_{и}$ (См/км), $C_{иэ}$ (Ф/км), r_a (Ом/км) і L (Гн/км).

Під електричною провідністю ізоляції рейкової лінії мається на увазі провідність для струму витoku від однієї нитки до іншої через шпали (по поверхні шпали $i_{y_{пш}}$ і усередині шпали $i_{y_{ш}}$), баласті y_6 і землю i_{y_3} .

Провідність ізоляції визначається конструкцією і станом верхньої будови колії (рис.2.8.), оскільки рейки розташовуються на шпалах 3 у безпосередній близькості від землі і мають з ними добрий електричний контакт через металеві деталі верхніх скріплень (підкладки 2, милиці, шурупи, протиугони), а самі шпали містяться в баластовому шарі 1, покладеному на земляній полотнині 4. Через таку конструкцію рейкова лінія являє собою електрохімічну систему з елементами електронної й іонної провідності і складних металевих електродів. Електронною провідністю володіють рейки і всі металеві деталі верхніх скріплень, а іонної — баласт, шпали, земляна полотнина і ґрунт.

Проходження струму через систему з електронною та іонною провідністю можливо тільки при протіканні електродних реакцій у перехідному шарі між елементами іонної й електронної провідності. Ці реакції супроводжуються процесами поляризації електродів. Утворена при цьому різниця потенціалів перехідного шару еквівалентна введенню в ланцюг конденсатора, місткість якого (псевдомісткість, або поляризаційна місткість) залежить від усіх факторів, що

надають вплив на проходження реакцій. Загальна провідність ізоляції визначається, з одного боку, опорами, що характеризують витік струму через шпали і баласт, а з іншого боку - опором перехідних шарів.

З урахуванням електрохімічної природи ізоляції рейкової лінії в електричній еквівалентній схемі елемента її опору (2.9.) можна умовно виділити наступні елементи: R_K - перехідний опір між рейками і металевими елементами скріплень, що мають контакт зі шпалами і баластом; $r_{\text{зр}}$ — опір електричного розряду іонів, обумовлений протіканням необоротних електрохімічних реакцій; C_p — ємність між рейками як обкладками конденсатора з діелектриком повітря - баласт; $E_{\text{г}}$ - э.д. с. гальванічного елемента, що відбиває різниця електродних потенціалів рейок; R_p - поляризаційний опір (псевдоопір); C_p - поляризаційна ємність (псевдоємність); C_d - ємність подвійного слою.

Еквівалентна схема (див. рис. 2.9.) може бути використана для якісного аналізу механізму протікання струму між рейками; для кількісних розрахунків користуються більш спрощеними схемами, у яких не враховують C_p , C_d , R_p , R_K і $E_{\text{г}}$.

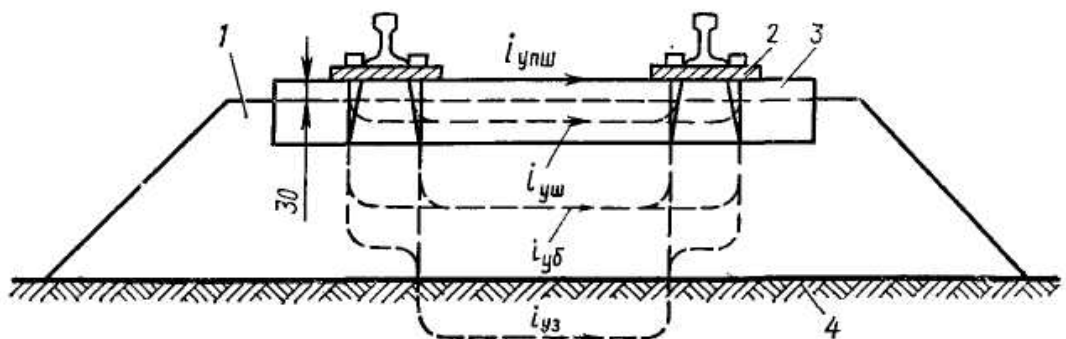


Рис. 2.8. Струми витоку.

Тому в наближеній схемі заміщення для ізоляції нескінченно малого елемента між рейками P_1 і P_2 виділяють три види опорів: Z_{nc} — опір перехідних шарів; r_{yn} — опір, що характеризує витік струму через шпали (включаючи її

поверхню); $\gamma_{уб}$ — опір витoku струму в баласті (опір розтіканню струму в баласті і землі)[17].

Опір ізоляції в загальному випадку є комплексною величиною

$$Z_u = r_u + 2Z_{nc} \quad (2.9)$$

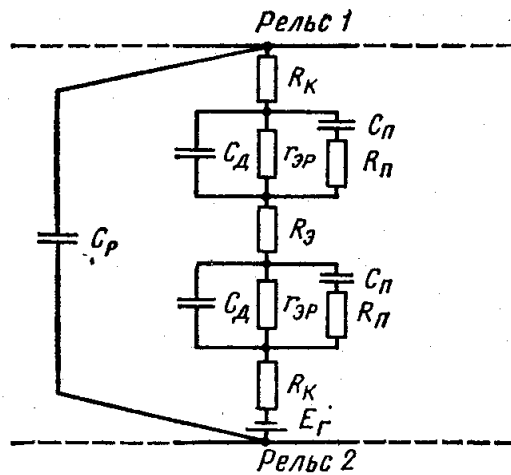


Рис.2.9. Схема заміщення опору ізоляції рейкової лінії.

Опори $\gamma_{уш}$ і $\gamma_{уб}$ залежать від опорів електродитів, що просочують шпали, баласт і ґрунт. Опір γ_u є чисто активним і практично не залежить від частоти струму, а Z_{nc} — комплексним. Він складається з опору подвійного шару, що утвориться на границі двох провідників з різною провідністю (у даному випадку металу рейки і верхніх скріплень і середовища), і опору, що виникає в результаті витрати енергії на протікання електрохімічних реакцій у перехідному шарі.

Повна схема заміщення ізоляції складається з урахуванням схеми заміщення перехідного шару Z_{nc} , що утворюють $C_{п}$ — поляризаційна ємність (псевдоємність); $\gamma_{эp}$ — активний опір, що характеризує втрату енергії на протікання реакцій. Ємності $C_{п}$ і опору $\gamma_{эp}$ залежать від всіх умов, що впливають на швидкість протікання електрохімічних реакцій у перехідному шарі: напруги і частоти струму, вологості і температури повітря, концентрації і поїзда електродиту й ін. При цьому струм витoku буде тим більше, чим більше буде швидкість протікання цих реакцій і чим менше опір електродиту γ_u , що просочує шпали і баласт колії.

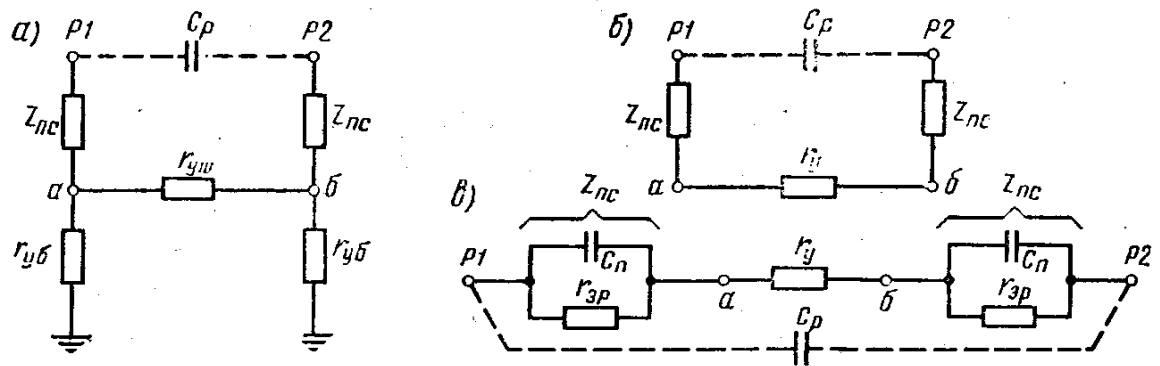


Рис.2.10.Спрощена схема заміщення рейкової лінії при дерев'яних шпалах.

Через електрохімічну природу і складну форму електродів з нерівною поверхнею нормативна провідність ізоляції рейкової лінії встановлюється статистичним методом на основі великого числа вимірів у реальних умовах при різному сполученні факторів, що впливають. Особливо сильний вплив на протікання електрохімічних реакцій і провідність електроліту надають температура і вологість. З підвищенням температури прискорюються електродні процеси і збільшується провідність електроліту, унаслідок чого загальна провідність ізоляції росте. Найменша провідність ізоляції виходить узимку при низькій температурі і вологості, а найбільша — при критичному сполученні температури і вологості.

Унаслідок своєї електрохімічної природи провідність ізоляції рейкової лінії, строго говорячи, не є лінійною і залежить від частоти. Однак нелінійність її виявляється лише в РЦ постійного струму при визначеній вологості, температурі і напрузі (приблизно до 1 В) у літню пору.

При відносно високих напругах постійного сигнального струму, а також при перемінному струмі інтенсивність електрохімічних процесів змінюється пропорційно прикладеній напрузі, тому в цих випадках опір ізоляції практично можна вважати лінійним.

Частотна залежність провідності ізоляції рейкової лінії виражається головним чином у тім, що на тональних частотах понад 1500—2000 Гц починає позначатися ємнісна складова, обумовлена псевдоємністю.

Протікання електрохімічних реакцій у значній мірі визначається також структурою і станом баласту. Найкращим матеріалом для баластового шару є великий щебінь, а найгіршим — пісок. При цьому істотну роль грає ступінь забруднення баластового шару. Навіть щебеновий баласт через кілька років після укладання, забруднюючись дрібним піском, пилом, шлаком і вугіллям, значно підвищує провідність ізоляції. Сприяє цьому також влучення в шпали і баласт солей, що містять активні іони (наприклад, хлору).

У результаті вимірів встановлено, що максимальна провідність ізоляції при дерев'яних шпалах і щебеновому баласті приблизно 0,5 См/км (2 Ом-км); гравійному — 0,66 См/км (1,5 Ом-км); пісчаному — 1 См/км (1 Ом-км).

Для ланцюгів постійних і змінних струмів встановлене загальне для усіх видів баластових матеріалів нормативне значення максимальної провідності ізоляції (баласту), рівне 1 См/км. При цьому враховувалася та обставина, що провідність ізоляції при щебеновому і гравійному баласті з часом збільшується через забруднення баластового шару, а також погіршення стану шпал і може практично наблизитися до нормативного значення. Однак в окремих випадках фактична провідність ізоляції внаслідок забруднення і поганого підрізування баласту, а також поганої дії дренажних споруджень підвищується до 2—2,5 См/км. У деяких країнах (Японія, Данія й ін.) прийнята нормативна провідність ізоляції 0,625 См/км.

Для ланцюгів тональної частоти до 2000 Гц приймаються загальні нормативні значення провідності ізоляції.

На первинні параметри рейкової лінії з залізобетонними шпалами впливають конструкція шпал і їхня арматура, структура і зміст бетону, конструкція кріплення рейки до шпали.

Для кріплення рейки до залізобетонних шпал застосовують три типи скріплень: ДО-2 з дерев'яним дюбелем, вкладеним при виготовленні шпали; ЖБ із закладним болтом і пружинною клемою; КБ із закладним болтом і твердою клемою. У скріпленні ДО-2 (мал. 2.11,а) для підвищення перехідного опору між залізобетонною шпалою 1 і рейкою 4 встановлюють дві бакелізовані дерев'яні підкладки 3 і 6: одну під подошву рейки, а іншу — під додаткову металеву підкладку 2, а також дерев'яний дюбель 5,

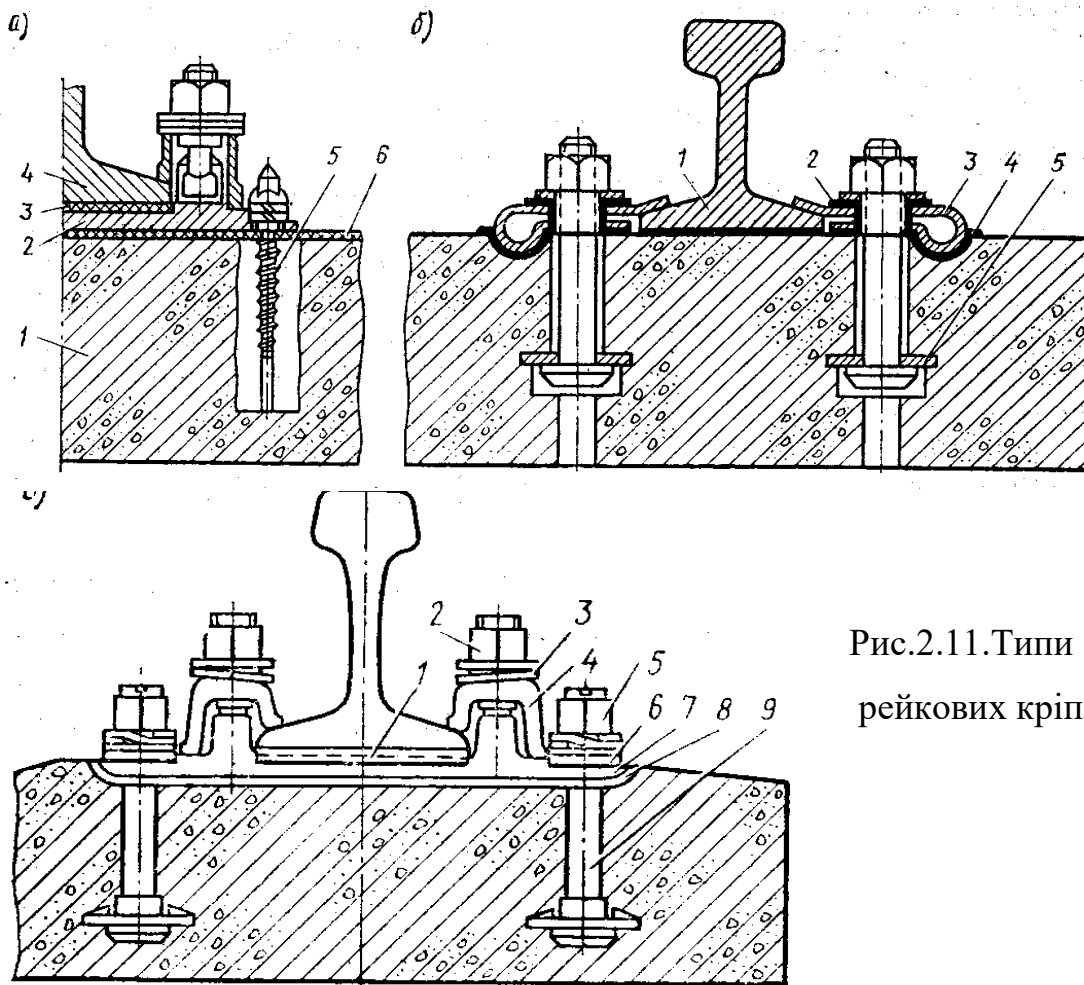


Рис.2.11.Типи рейкових кріплень.

просочений особливими маслянистими поїздами, що зменшують гігроскопічність деревини і підвищують її ізолюючої властивості. У скріпленні ДБ рейку ізолюють від поверхні шпали підрейкової / і підклемними 4 гумовими підкладками, на які спирається двошарова металева клема 3, а від болта

текстолітовою ізолюючою втулкою 2. Крім того, заставна металева шайба 5 може бути покрита ізолюючими полімерними матеріалами.

Основу скріплень типу КБ (мал. 2.11, в) утворить металева підкладка 7, що прикріплюється до шпали болтом 9 із прямокутною головкою і гайкою 5. Болт 9 закладається в особливий отвір шпали й утримується в ній після повороту. Підкладка 7 ізолюється від шпали прокладкою 8, а болт ізолюється від підкладки 7 текстолітовою втулкою 6. Рейка кріпиться до підкладки металевою клемою 4 за допомогою гайки 2 і двовиткової шайби 3. Підкладка з пластику 1 зм'якшує механічний вплив рейки на шпалу і не служить для ізоляції.

Схема заміщення ізоляції нескінченно малого відрізка рейкової лінії на залізобетонних шпалах (рис.2.12, а) відрізняється від схеми при дерев'яних шпалах (див. рис. 2.10, а) наявністю додаткового шляху вгде витоку струму через залізну арматуру шпали. Опір цього шляху складають три комплексних опори: два опори перехідного шару $Z_{ма}$, що утворюються між бетоном шпали й арматурою, і опір арматури Z_a .

Електрохімічні процеси на границі розділу між арматурою шпали і бетоном загальмовуються за рахунок ущільнення бетону попередньо напруженою арматурою, завдяки чому зменшується воздухо- і вологопроникність усередині шпали. Тому сума перехідних опорів $2 Z_{ма}$ виявляється значно більше опорів арматури Z_a .

Опір перехідного шару Z_{nc} істотно впливає на електричний опір шпали і визначається конструкцією кріплення рейки до шпали, тому при розрахунку опору ізоляції залізобетонних шпал у формулу потрібно підставляти замість активного опору r_y повний опір Z_y .

Для рейкових ліній із залізобетонними шпалами прийняті ті ж норми ізоляції, що і для ліній з дерев'яними шпалами. Однак робота ланцюгів постійного струму з імпульсним живленням при залізобетонних шпалах значно ускладнюється через дію електрохімічного ефекту. По цій же причині через 5 — 6 років

експлуатації шпал на ділянках з інтенсивним вантажним рухом через порушення графіків ремонту і поточного утримання колії провідність рейкових ліній на залізобетонних шпалах значно (у 1,5—2 рази) збільшується в порівнянні з нормативною[18].

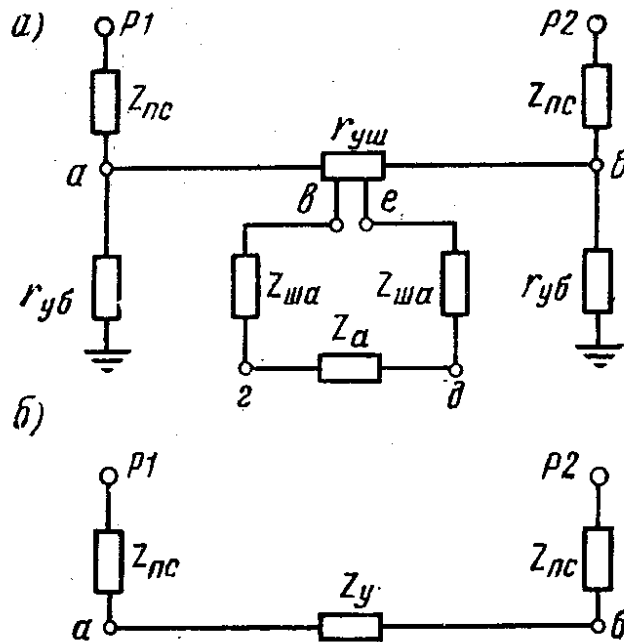


Рис.2.12.Спрощена схема заміщення ізоляції рейкового кола при залізобетонних шпалах.

Електрохімічний ефект у РЦ постійного струму виявляється у виді акумуляторного і гальванічного ефектів.

Акумуляторний ефект виражається в тім, що рейкова лінія, будучи відключеної від джерела струму, відносно тривалий час (до декількох хвилин) продовжує зберігати електричний заряд, під дією якого через колійний приймач продовжує протікати струм.

Гальванічний ефект виникає в результаті різниці електродних потенціалів рейок навіть у тому випадку, коли джерело струму взагалі не підключався до рейкової лінії. Значення і напрямок струму гальванічного ефекту визначаються значенням і знаком різниці потенціалів. Зовнішнє джерело живлення може

подзаряджати або розряджати рейкове коло як своєрідний гальванічний елемент. У результаті спільної дії акумуляторного і гальванічного ефектів у першому випадку загальний струм електрохімічного ефекту буде збільшуватися, а в другому зменшуватися.

Інтенсивність електрохімічного ефекту виражається коефіцієнтом електрохімічного ефекту $K_{\text{эх}}$, що являє собою відношення струму електрохімічного ефекту $I_{\text{эх}}$ у період інтервалу сигнального струму (при імпульсному живленні РЦ) до сталого струму в період імпульсу струму $I_{\text{сy}}$.

$$K_{\text{эх}} = I_{\text{эх}} / I_{\text{сy}} \quad (2.10)$$

Максимальне значення $K_{\text{эх}}$ спостерігається в РЦ із залізобетонними шпалами ($K_{\text{эх max}} = 0,5 - 0,7$).

Найбільше значення струму електрохімічного ефекту виходить при великій вологості і високій температурі повітря, тобто в тих випадках, коли опір ізоляції рейкової лінії мінімально.

У РЦ із залізобетонними шпалами сильний електрохімічний ефект спостерігався неодноразово й у зимово-весняний період (лютий-березень) при великому різкому перепаді температури (уночі — 15°C , а ранком -15°C), коли на шпалах утворювався іній. Таке явище порозумівається пористою структурою бетону, при якій у тонких капілярах через дію електронів матеріалу їхніх стінок звичайна вода перетворюється в адсорбовану воду, що володіє особливими фізичними властивостями з температурою замерзання — 80°C .

Найбільше значення псевдоємності, що характеризує активність електрохімічного ефекту при перемінному сигнальному струмі, з'являється в тих же умовах, що і максимум акумуляторного ефекту. Значення псевдоємності різко зменшується з підвищенням частоти. Так, якщо на частоті 50 Гц значення псевдоємності складає близько 5000 мкф/км, то при 25 Гц — тільки 700—900 мкф/км, а на частотах 5—10 кгц — кілька одиниць мікрофард на

кілометр. Модуль комплексу опору ізоляції з підвищенням частоти також трохи зменшується.

Для струму витіку в рейкових лініях маються три шляхи: шпали, баласт і земля. Тому в самому загальному виді опір ізоляції представляється еквівалентною схемою, зображеною на мал. 3.7, у якій r_{u1} (g_{u1}) і r_{u2} (g_{u2}) — перехідні опори (провідності) між відповідною рейкою і землею; r_{u12} (g_{u12}) — перехідний опір (провідність) від рейки до рейки по шпалах і баластові.

У більшості випадків $r_{u1} = r_{u2}$, тобто рейкові лінії симетричні; при підключенні до одного з рейок опор контактної мережі $r_{u1} \Phi \Phi r_{u2}$, тому рейкова лінія стає несиметричною, тобто з'являється поперечна асиметрія неї.

Значення r_{u12} залежить від якості і стану баласту, типу і стану шпал, а також товщини баластового шару.

Для обліку ступеня поперечної асиметрії вводиться коефіцієнт поверхневої провідності

$$m = r_{uz} / r_{u12} = g_{u12} / g_{uz} \quad (2.11)$$

де g_{uz} і r_{uz} - провідність і опір ізоляції між рейкою і землею при $r_{u1} = r_{u2}$.

Загальний опір і загальна провідність ізоляції (див. рис. 2.13):

$$\left. \begin{aligned} r_u &= \frac{r_{u12}(r_{u1} + r_{u2})}{r_{u1} + r_{u2} + r_{u12}} \\ g_u &= \frac{g_{uz}}{2} + g_{12} \end{aligned} \right\} \quad (2.12)$$

З попереднього витікає:

$$g_{uz} = g \frac{2}{1+2m}, \text{ а } g_{12} = g \frac{2m}{1+2m} \quad (2.13)$$

Значення m для симетричних рейкових ліній було знайдено експериментально в реальних умовах і дорівнює: 9,1 — для залізобетонних

шпал на щебеновому баласті; 3,2 — для дерев'яних шпал на піщаному баласті; 1,8 — на дерев'яних шпалах і щебеновому баласті.

З приведених даних випливає, що при залізобетонних шпалах основний витік струму в рейковій лінії відбувається по шпалах і верхньому шарі баласту. Це порозумівається низьким опором мокрого бетону і його пористою структурою, що сприяє сильного забруднення поверхні залізобетонних шпал.

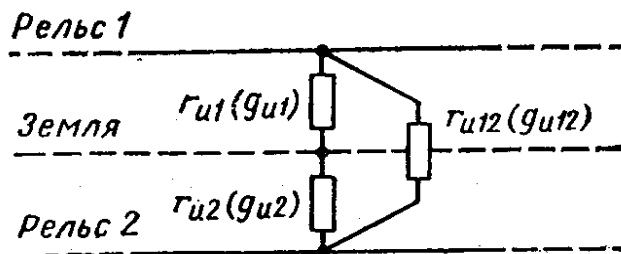


Рис.2.13.Схема заміщення елемента опору ізоляції рейкового кола.

Електричний опір рейок значною мірою залежить від роду сигнального струму. На дорогах застосовується сигнальний струм частотою від 0 до 10 кГц. При протіканні по рейках постійного струму втрати потужності визначаються опором рейок і стикових з'єднувачів постійному струмові. При протіканні ж перемінного струму навколо й усередині рейки утвориться перемінне магнітне поле, у результаті чого з'являються додаткові активні опори через перемагнічування сталі і прояву поверхневого ефекту, а також індуктивні опори, викликані індуктивним зв'язком між рейками (зовнішня індуктивність) і наявністю магнітного потоку усередині рейки (внутрішня індуктивність)[19].

2.4.3. Обчислення параметрів рейкової лінії

Рейкова лінія є колом з розподіленими параметрами і її можна умовно представити у вигляді нескінченного числа послідовно з'єднаних елементів довжиною dx . Параметрами кожного елемента є:

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

L_p - кілометрична індуктивність рейкової петлі, Гн/км;

G_u - кілометрична провідність ізоляції, См/км;

C_u - кілометрична ємність лінії, Ф/км.

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

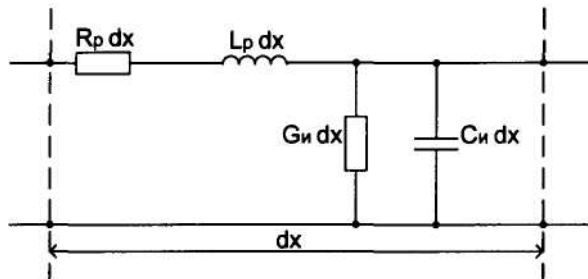


Рисунок 2.14 Схема заміщення елемента рейкової лінії

Повний кілометричний опір рейок знаходиться як $Z_p = R_p + j\omega L_p$, а повна кілометрична 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. Їхні значення можуть змінюватися в широких межах залежно від конструкції й стану верхньої будови колії.

Опір рейок залежить від площі їхнього поперечного переріза, температури, а також від частоти сигнального струму

РЛ у нормальному режимі представляємо як однорідну відокремлену лінію:

$$\begin{aligned} A &= D = ch(\gamma L), \\ B &= Z_v sh(\gamma L), \\ C &= \frac{sh(\gamma L)}{Z_v}, \end{aligned} \tag{2.14}$$

де γ - постійна поширення, Z_v - хвильовий опір, L - довжина лінії.

Хвильові параметри лінії визначаються в такий спосіб

$$\begin{aligned} \gamma &= \sqrt{\frac{Z}{Z_{iz}}} \\ Z_v &= \sqrt{Z \cdot Z_{iz}} \end{aligned} \quad (3.15)$$

де Z, Z_{iz} - відповідно кілометричні повні опори провідників лінії й ізоляції між ними.

2.4.4. Обчислення параметрів кабельної лінії

Коефіцієнти чотирьохполосника кабельної лінії (КЛ) виражаються формулами, для однорідної відокремленої лінії:

$$\begin{aligned} A &= D = ch(\gamma L), \\ B &= Z_v sh(\gamma L), \\ C &= \frac{sh(\gamma L)}{Z_v}, \end{aligned} \quad (2.16)$$

де L - довжина кабелю.

Хвильові параметри КЛ визначаються вираженнями

$$\left. \begin{aligned} Z_v &= \sqrt{(R + j2\pi fL) / (G + j2\pi fC)} \\ \gamma &= \sqrt{(R + j2\pi fL) \cdot (G + j2\pi fC)} \end{aligned} \right\} \quad (2.17)$$

де R й L - кілометричні активний опір і індуктивність лінії;

G і C - кілометричні провідність ізоляції і ємність лінії.

Апаратура тональних РЦ до напольного устаткування підключається з використанням симетричних кабелів з парною скруткою типів СБПу й СБПАШп. При розрахунках використовуємо наступні значення первинних параметрів цих кабелів: $R = 47$ Ом/км, $C = 50$ нФ/км, думаючи $L = 0$ і $G = 0$.

2.5 Розрахунок нормального режиму

Для забезпечення роботи РК у нормальному режимі (рейкове коло вільне й справне), необхідне виконання двох граничних умов: при мінімальній напрузі джерела живлення й найгірших умов для передачі сигналу, напруга на вході колійного приймача повинна бути не нижче значень надійного спрацьовування; при максимальній напрузі джерела живлення й найкращих умов для передачі сигналу, напруга на вході колійного приймача повинна бути не вище значень припустимого перевантаження.

Для розрахунку складається схема заміщення РК і знаходяться параметри вхідних у неї чотиріполюсників: фільтра, кабелю, колійного трансформатора, рейкової лінії, колійного трансформатора, кабелю; і двохполюсників: ємностей і обмежуючих опорів. Потім знаходяться параметри спільної матриці еквівалентного чотиріполюсника.

Причому коефіцієнти чотиріполюсника рейкового кола визначаються з урахуванням найгірших умов для передачі сигналу (мінімальний опір ізоляції й максимальний опір рейок).

У розрахунку напруга спрацьовування шляхового приймача прийнята 0,33В, коефіцієнт запасу 1,2. У такий спосіб напругу на приймачі приймаємо 0,4В и розраховуємо залежність напруги на виході з генератора від довжини рейкової лінії для частот 420, 480, 580, 720, 780 Гц.

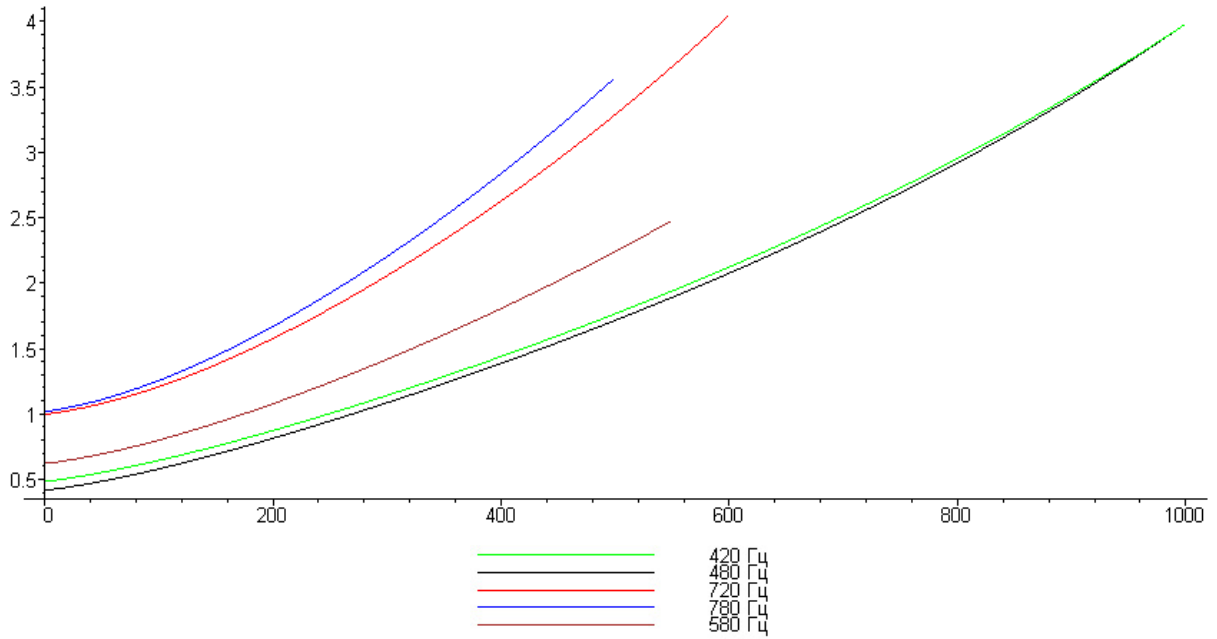


Рис. 2.15. Графік залежності U_g від довжини рельсової лінії

Напруга на генераторі при максимальних довжинах ділянок

Таблиця 2.3

| F | 420 | 480 | 580 | 720 | 780 |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| L_{max} | 1000 | 1000 | 550 | 500 | 600 |
| U_1 при L_{max} | 3.976 | 3.977 | 2.474 | 3.282 | 4.409 |

Також розраховується залежність напруги на колійному приймачі від опору ізоляції при постійній нарузі на генераторі в нормальному режимі для частот 420, 480, 580, 720, 780 Гц.

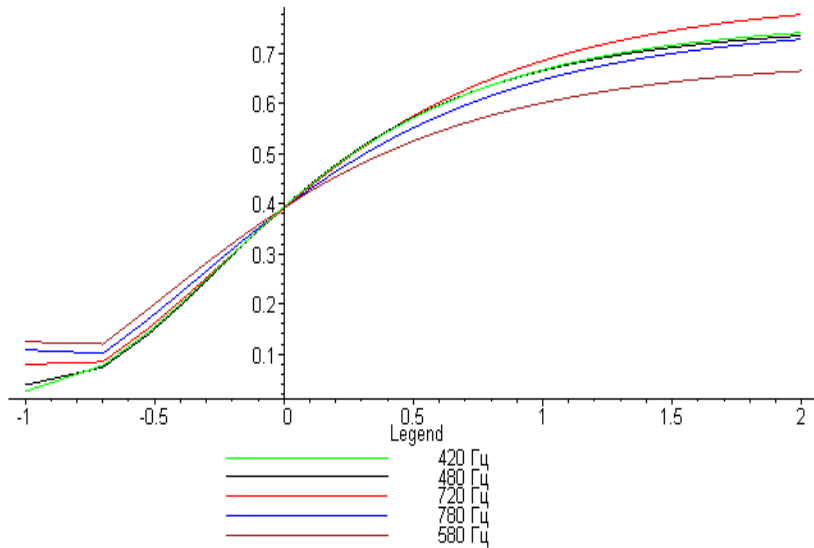


Рис. 2.16. Графік залежності $U_{пп}$ від R_b при мах довжині рельсової лінії для кожної з обраних частот при $U_{г}$ обраному так, щоб при $R_b=1\text{ Ом}$ $U_{пп}=0,4\text{ В}$

Остаточні результати розрахунку нормального режиму приймаються за основу для розрахунку рейкового кола в інших режимах роботи.

2.6 Розрахунок шунтового режиму

Для забезпечення роботи рейкового кола у шунтовому режимі (рейкове коло зайняте рухомим складом), необхідно, щоб при максимальній напрузі джерела живлення й найкращих умов для передачі сигналу, напруга на вході колійного приймача були не вище значень його надійного відпускання (неспрацьовування)[20].

Для розрахунку шунтового режиму використовується схема заміщення РК (мал. 2.17). Коефіцієнти чотириполюсника РК визначаються з співвідношень

$$\left. \begin{aligned} A_{p,ш} &= 1 + \frac{Z_p \cdot (l-x)}{R_{шн}} \\ B_{p,ш} &= Z_p \cdot l + \frac{Z_p \cdot x \cdot Z_p \cdot (l-x)}{R_{шн}} \\ C_{p,ш} &= \frac{1}{R_{шн}} \\ D_{p,ш} &= 1 + \frac{Z_p \cdot x}{R_{шн}} \end{aligned} \right\} \quad (2.18)$$

де x - відстань від прийомного кінця до місця накладення шунта;

$R_{шн}$ - опір нормативного шунта.

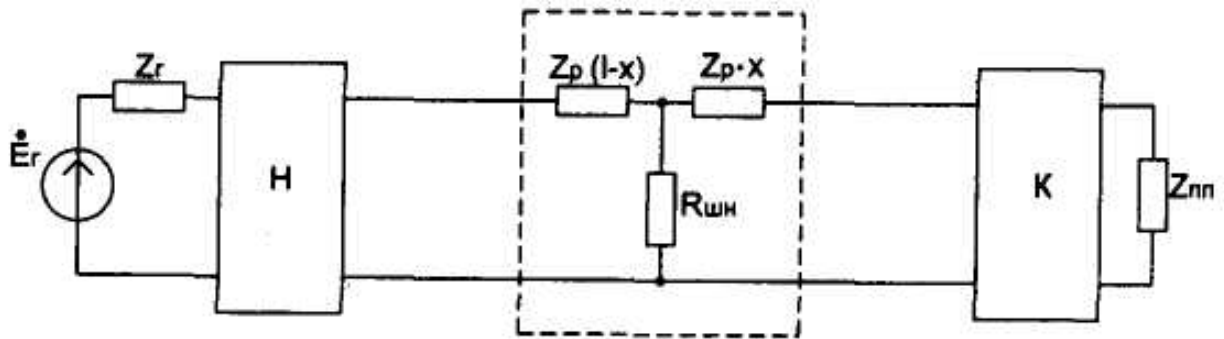


Рис.2.17 Схема заміщення РК у шунтовому режимі

Візьмемо ділянку довжиною 500м та розрахуємо залежність напруги на прийомному кінці від координати потягу.

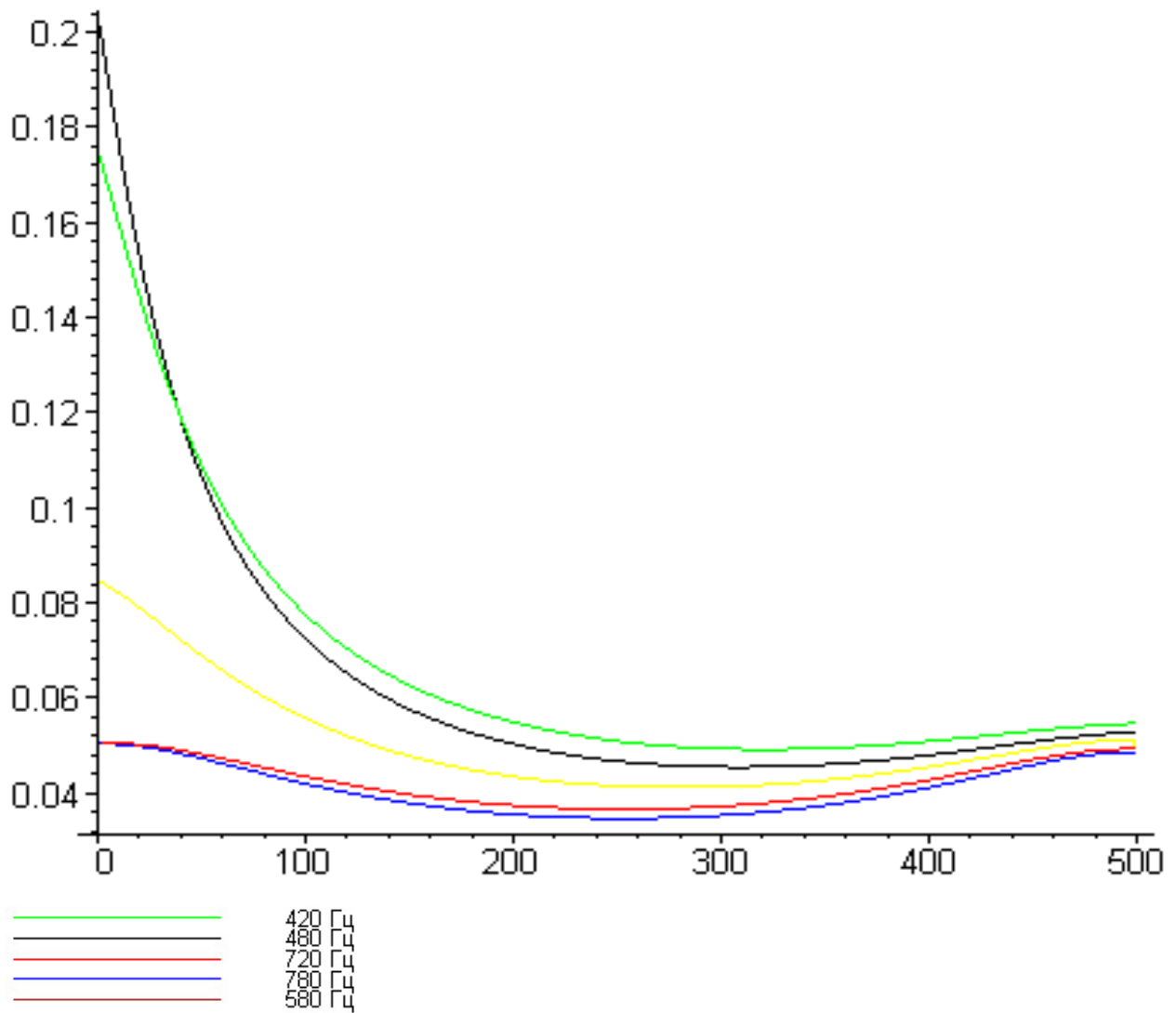


Рис. 2.18 Графік залежності Упп від відстані потягу до апаратури живлючого кінця на ділянці

Враховуючи те, що використовуються безстиківі рейкові кола, проведемо розрахунок зон додаткового шунтування з обох боків псевдоблок-ділянки за 300 метрів до вступу потягу на ділянку та за 300м після проходження ділянки.

Враховуючи коефіцієнт запасу 0,9 при $U_{ср}=0,333$ $U_{відпаданя}=0,3$ отримаємо зони додаткового шунта для різних частот

Напруга на приймачі при наближенні потяга на відстань L

| | | | | | |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| F | 420 | 480 | 580 | 720 | 780 |
| L | 150 | 150 | 150 | 115 | 110 |
| $U_{\text{ПП}}$ | 0.281 | 0.296 | 0.317 | 0.302 | 0.303 |

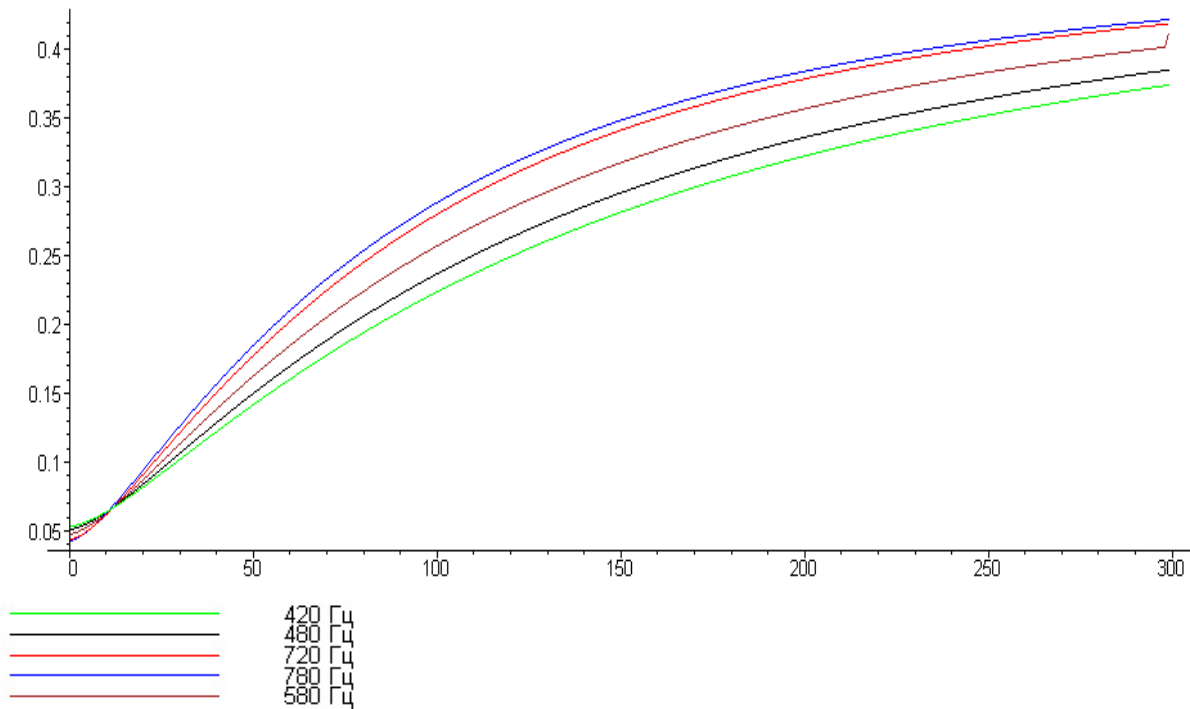


Рис. 2.19 Графік залежності $U_{\text{ПП}}$ від відстані потягу до апаратури прийомного кінця до вступу на ділянку.

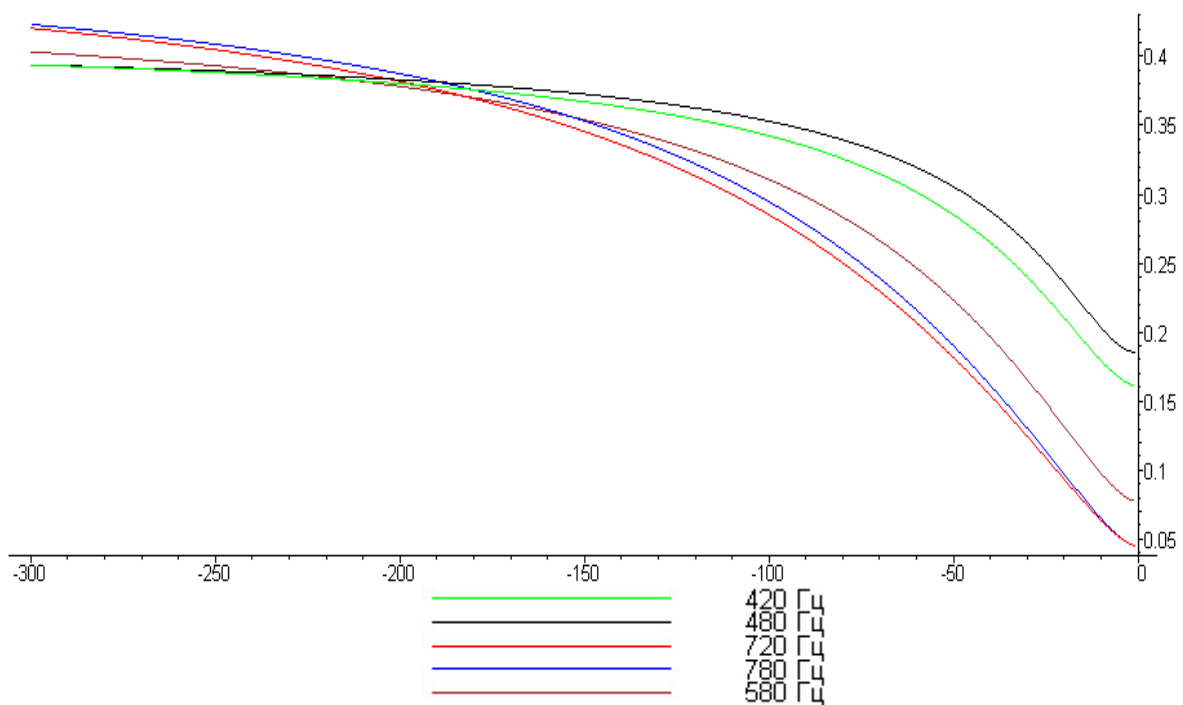


Рис. 2.20. Графік залежності $U_{пп}$ від відстані потягу до апаратури передаючого кінця після прослідування ділянки.

Було обрано $U_{ср}=0,333$

Таблиця 2.5

Напруга на приймачі при віддаленні потяга на відстань L

| | | | | | |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| F | 420 | 480 | 580 | 720 | 780 |
| L | 100 | 90 | 140 | 145 | 140 |
| $U_{пп}$ | 0.342 | 0.346 | 0.347 | 0.340 | 0.343 |

2.7. Висновки за розділом

1. Проведено дослідження впливу дестабілізуючих факторів на роботу тональних рейкових кіл.
2. Розглянуто схеми заміщення тонального рейкового кола у трьох режимах роботи і проаналізовано первинні параметри лінії.
3. Визначено вплив електромагнітних завад на роботу рейкових кіл.

4. Проаналізовано і проведені розрахунки з 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 приводить до зміни електричних параметрів рейкового кола (напруги на колійному приймачі). Відповідно до цього проведені розрахунки з впливу параметрів елементів ТРК на напругу на колійному приймачі.
6. В результаті досліджень виявлено, що дестабілізуючі фактори впливають на напругу на колійному приймачі, що може привести до порушення режиму роботи рейкового кола (нормального, шунтового або контрольного). Це в свою чергу приводить до порушення безпеки руху поїздів.

3. ДІАГНОСТИЧНИЙ ПРИСТРІЙ АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ СТАНУ ЕЛЕМЕНТІВ ТОНАЛЬНИХ РЕЙКОВИХ КІЛ

3.1. Структурна схема пристрою для автоматизованого контролю елементів тональних рейкових кіл

Пристрій для автоматизованого контролю колійних генераторів та приймачів тональних рейкових кіл дозволяє контролювати напругу на вході 64 колійних приймачах та 64 колійних генераторів. Складається він з наступних основних вузлів:

- блок комутації, який виконано на базі аналогових комутаторів по дворівневій структурі, що дозволяє контролювати за допомогою одного АЦП 128 аналогових сигналів (напруг);
- схема узгодження призначена для забезпечення високого вхідного опору пристрою з метою зменшення впливу розроблено пристрою на роботу апаратури тональних рейкових кіл;
- аналого-цифровий перетворювач (АЦП) призначено для перетворення аналогових сигналів в цифровий код для вводу даних в персональний комп'ютер з метою подальшої обробки;
- таймер призначений для встановлення інтервалу дискретизації та частоти опитування аналогових входів;
- пристрій керування необхідно для керування блоками комутації, АЦП, таймером та забезпечення обміну даними між пристроями діагностики та персональним комп'ютером типу IBM PC через паралельний порт;
- персональний комп'ютер типу IBM PC використовується для обробки даних, що поступили з пристрою діагностування, та відображення результатів діагностики на моніторі.

- Діагностичний пристрій, структурна схема якого дана на рис.3.1, уявляє собою приставку до персонального комп'ютеру, що підключається за допомогою кабелю через паралельний порт (LPT-порт)[21].

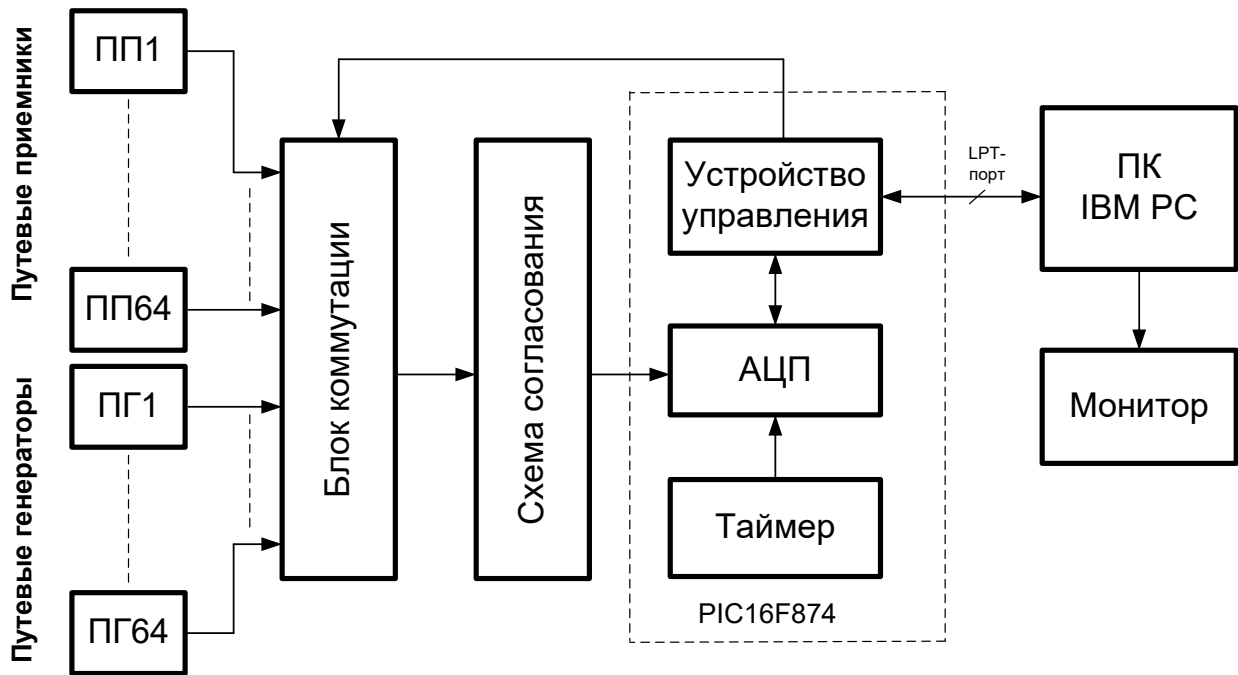


Рис.3.1. Структурна схема пристрою діагностування стану колійних генераторів та приймачів

3.2. Принципова схема пристрою діагностування стану колійних генераторів та приймачів

Принципова схема наведена на листі 4. Основним елементом пристрою діагностики є мікроконтролер PIC16F874, який виконує наступні функції [7]:

- керування блоком комутації, АЦП та таймером;
- аналого-цифрове перетворення за допомогою вбудованого 10-розрядного АЦП;
- управління виведенням інформації на індикатор;
- організація обміну даними між діагностичним пристроєм і комп'ютером через паралельний порт.

РІС-контролер фірми Microchip має наступні характеристики:

- високошвидкісна RISC архітектура;
 - система команд - 35 інструкцій;
 - всі команди виконуються за один цикл, окрім команд переходу, що виконуються за два цикли;
 - максимальна тактова частота – 20 МГц;
 - об'єм FLASH - пам'яті програм до 8Кх14 слів;
 - об'єм пам'яті даних (ОЗУ) до 368 байт;
 - об'єм EEPROM пам'яті даних до 256 байт;
 - система переривань (до 14 джерел);
 - 8-рівневий апаратний стек;
 - скидання по включенню живлення (POR);
 - сторожовий таймер WDT з власним RC генератором;
 - режим енергозбереження SLEEP;
 - вибір параметрів тактового генератора;
 - високошвидкісна, енергозбережна CMOS FLASH/EEPROM технологія;
 - технологія програмування ICSP, тобто програмування в готовому пристрої;
 - режим внутрішньосхемної відладки; широкий діапазон напруг живлення – від 2,0 до 5,5 В;
 - підвищена здатність навантаження портів введення/висновку (25 мА).
- До складу РІС-контролера входить широкий набір периферійних модулів:
- таймер 0: 8-розрядний таймер/лічильник з 8-розрядним програмованим переддільником;
 - таймер 1: 16-розрядний таймер/лічильник з можливістю підключення зовнішнього резонатора;
 - таймер 2: 8-розрядний таймер/лічильник з восьмирозрядним програмованим переддільником і вихідним дільником;

- два модулі порівняння/захват/ШІМ;
- багатоканальне 10-розрядне АЦП послідовного наближення;
- послідовний синхронний порт MSSP;
- послідовний синхронно – асинхронний приймач-передавач USART з підтримкою детектування адреси;
- відомий 8-розрядний паралельний порт PSP;
- детектор зниженої напруги (BOD) для скидання по зниженню напруги живлення.

Управління і контроль за зовнішніми пристроями здійснюється за допомогою портів введення/висновку. Деякі канали портів вводу/виводу мультиплицировані з периферійними модулями мікроконтролера. Коли периферійний модуль включений, висновок не може використовуватися як універсальний канал введення/висновку.

Регістри PORTA і TRISA.

PORTA – 6-розрядний порт введення/висновку. Всі канали PORTA мають відповідні біти напряму в регістрі TRISA, що дозволяють налаштувати канал як вхід або вихід. Запис 0 в регістр TRISA визначає відповідний канал як вихід. Запис 1 переводить відповідний вихідний буфер в 3-й стан.

RA4 має тригер Шмідта на вході і відкритий стік на виході. Вся решта каналів PORTA має TTL буфер на вході і повнофункціональні вихідні КМОП буфери.

Канали PORTA мультиплицировані з аналоговими входами АЦП і аналоговим входом джерела опорної напруги V_{ref} .

Регістри PORTB і TRISB.

PORTB – 8-розрядний двонаправлений порт введення/висновку. Три виведення PORTB мультиплицировані з схемою низьковольтного програмування.

Чотири канали PORTB RB7-RB4, налаштовані на вхід, можуть генерувати переривання по зміні логічного рівня сигналу на вході. Сигнал на висновках RB7-RB4 порівнюється із значенням, збереженим при останньому читанні PORTB. У разі неспівпадання одного із значень встановлюється прапор RBIF, і якщо дозволено, генерується переривання. RB0/INT вхід зовнішнього джерела переривань.

Регістри PORTC і TRISC.

PORTC – 8-розрядний двонаправлений порт введення/висновку.

Виведення PORTC мультиплицировані з декількома периферійними модулями. На каналах PORTC присутній вхідний буфер з тригером Шмідта.

Регістри PORTD і TRISD.

PORTD – 8-розрядний двонаправлений порт введення/висновку. Біти регістра TRISD визначають напрям каналів порту.

PORTD може працювати як 8-розрядний мікропроцесорний порт (відомий паралельний порт), якщо біт PSPMODE (TRISE <4>) встановлений в 1. У режимі паралельного порту до входів підключені буфери TTL.

Регістри PORTE і TRISE.

PORTE має три висновки, що індивідуально настроюються на вхід або вихід. Виведення PORTE мають вхідний буфер Шмідта.

Канали PORTE можуть бути виведеннями відомого паралельного порту, що управляють.

Для зберігання програми і констант в PIC-контролері використовується перепрограмована пам'ять програм і незалежна пам'ять даних, виконані за FLASH технологією. Дані з EEPROM пам'яті і FLASH пам'яті

програм можуть бути прочитані/перезаписані в нормальному режимі роботи мікроконтролера у всьому діапазоні напруги живлення. Операції виконуються з одним байтом для EEPROM і одним словом для FLASH пам'яті. Число циклів стирання/запису для FLASH пам'яті програм значно нижче в

порівнянні з EEPROM пам'яттю даних, тому EEPROM пам'ять повинна використовуватися для збереження часто змінних даних. Час запису даних управляється внутрішнім таймером, воно залежить від напруги живлення, температури і має невеликий технологічний розкид. Запис проводиться за принципом «стирання - запис» для кожного байта або слова. Сформована кодом програми операція стирання не може бути виконана при включеному захисті запису. Запис в EEPROM пам'ять не впливає на виконання програми, а при записі в FLASH пам'ять виконання програми зупиняється на час запису. Не можна звернутися до пам'яті програм під час циклу запису. Читання FLASH пам'яті програм не впливає на виконання програми, а під час операції запису виконання програми припинене. У спарених регістрах EEADRH:EEADR зберігається 13-розрядна адреса елементу пам'яті програм, до якої необхідно зробити звернення. Спарені регістри EEADRH:EEADR містять 14-розрядні дані для запису або відображення значення з пам'яті програм при читанні. Доступ до функцій запису і читання EEPROM пам'яті даних і FLASH пам'яті програм виконується через шість регістрів спеціального призначення[22].

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

Модуль таймера TMR0.

TMR0 – таймер/лічильник, має наступні особливості:

- 8-розрядний таймер/лічильник;
- можливість читання і запису поточного значення лічильника;
- 8-розрядний програмований переддільник;
- внутрішнє і зовнішнє джерело тактового сигналу;
- вибір активного фронту зовнішнього тактового сигналу;
- переривання при переповнюванні.

Модуль таймера TMR1.

TMR1 – 16-розрядний таймер/лічильник, що складається з двох 8-розрядних регістрів (TMR1H і TMR1L) доступних для читання і запису. Рахунок виконується в спарених регістрах (TMR1H - TMR1L), інкрементуя їх значення від 0000h до FFFFh, далі вважає з 0000h. При переповнюванні лічильника встановлюється в 1 прапор переривання. Саме переривання можна дозволити/заборонити установкою/скиданням біта TMR1IE у регістрі PIE<0>.

Модуль таймера TMR2.

TMR2 – 8-розрядний таймер з програмованим переддільником і вихідним дільником, 8-розрядним регістром періоду PS2. TMR2 може бути опорним таймером для CCP модуля в ШИМ режимі. Регістри TMR2 доступні для читання/запису і очищаються при будь-якому виді скидання. TMR2 вважає, інкрементуя від 00h до значення в регістрі PR2, потім скидається в 00h на наступному машинному циклі. Регістр PR2 доступний для запису/читання. Після скидання значення регістра PR2 рівне FFh.

Для організації обміну інформацією з комп'ютером через паралельний порт мікроконтролер має вбудований відомий паралельний порт PSP.

PORTD працює як 8-розрядний паралельний порт, коли біт PSPMODE(TRISE<4>) встановлений в 1. У режимі відомого дані асинхронно читаються або записуються зовнішніми сигналами RD і WR відповідно.

Зовнішній мікропроцесор може читати/писати дані в PORTD. Операції читання/запису виконуються при низькому логічному рівні сигналів на входах RD, WR і CS. Біти TRISE (TRISE <2-0>) повинні бути встановлені в 1. У регістрі ADCON1 висновки RE2-RE0 повинні бути настроєні як цифрові канали введення/висновку.

Фактично існує два 8-розрядні регістри: один регістр для прийому даних, інший – для передачі. Користувач записує 8-розрядні дані у вихідну клямку PORTD, а читає дані з вхідної клямки. У цьому режимі значення бітів регістра TRISE ігнорується, оскільки напрямом даних управляє зовнішній пристрій.

Запис в PSP відбувається, якщо виведення CS і WR мають низький рівень сигналу. Після переходу сигналу у високий рівень дані зберігаються у вхідній клямці на такті Q2. На такті Q4 встановлюється в 1 біт IBF (TRISE<7>) і прапор переривань PSPIF (PIR<7>). Біт IBF може бути скинутий в 0 тільки читанням регістра PORTD. Біт переповнювання IBOV встановлюється в 1, якщо відбувся наступний запис в PSP, а попередній байт не був прочитаний.

Читання з PSP походить, якщо виведення CS і RD мають низький рівень сигналу. негайно скидається в 0 біт OBF (TRISE<6>), вказуючий, що PORTD чекає читання зовнішньою шиною. Після переходу сигналу на виведенні CS або RD у високий рівень встановлюється прапор переривання PSPIF на такті Q4, указуючи, що читання завершено. Біт OBF залишається скинутим в 0 поки не будуть завантажені нові дані в PORTD.

У SPI режимі можливий одночасний синхронний прийом/передача 8-розрядних даних. Модуль MSSP підтримує чотири режими SPI з типовим використанням трьох виведень мікроконтролера:

- вхід послідовних даних (SDI);
- вихід послідовних даних (SDO);
- тактовий сигнал (SCK).

Додатково може бути задіяний четвертий висновок для роботи в режимі відомого:

- вибір відомого (-SS).

При ініціалізації SPI необхідно визначити наступні параметри роботи:

- що веде режим (SCK вихід);
- відомий режим (SCK вхід);
- полярність тактового сигналу (пасивний рівень SCK);
- фаза вибірки вхідних даних (у середині або в кінці передачі біта);
- активний фронт тактового сигналу (передній, задній);
- частота тактового сигналу (тільки в провідному режимі);

- режим вибору відомого (тільки в режимі відомого).

Для включення модуля MSSP необхідно встановити SSPRN в 1. Для скидання або перенастроювання режиму SPI рекомендується скинути біт SSPEN в 0, виконати зміну параметрів роботи, а потім знов встановити біт SSPEN в 1. Після включення MSSP в режимі SPI виведення SDI, SDO, SCK, -SS використовуються послідовним портом. Для коректної роботи послідовного порту біти регістрів TRIS повинні бути настроєні таким чином:

- SDI, автоматично управляється SPI модулем;
- SDO, біт TRISC<5> повинен бути скинутий в 0;
- SCK(що веде режим), біт TRIS<3> = 0;
- SCK(відомий режим), біт TRIS<3> = 1;
- -SS, біт TRISA<5> = 1, в регістрі ADCON1 висновок RA5 повинен бути настроєний як цифровий порт введення/висновку.

Частота роботи мікроконтролера – 20 МГц задається кварцевим резонатором Q1. Світлодіодний індикатор VD1, підключений до виводу RA1 мікроконтролера (МК), працює в миготливому режимі, що характеризує активний і справний стан пристрою діагностики і МК зокрема.

Пристрій для автоматизованої діагностики апаратури тональних рейкових є приставкою до ПК, що підключається через паралельний порт (LPT) за допомогою роз'єму X3. Персональний комп'ютер підключається до паралельного порту D мікроконтролера PIC16F874 (DD10), виконуючого функції пристрою управління.

Відомий 8 - розрядний паралельний порт PSP є периферійним модулем PIC16F874. Зовнішній пристрій може читати/записувати дані в PORTD. При цьому паралельний порт містить два восьмирозрядні регістри: один регістр для прийому даних, інший - для передачі. Восьмирозрядні дані записуються у вихідний регістр PORTD, а читаються дані з вхідного регістра (вихідна і вхідна клеми мають одну і ту ж адресу), при цьому напрям даних управляється

зовнішнім пристроєм. Запис в порт PSP відбувається, якщо виводи –CS і –WR мають низький рівень сигналу. Після переходу сигналу на виводі –CS або –WR у високий рівень дані зберігаються у вхідній клемі. Читання з PSP походить, якщо виводи –CS і –RD мають низький рівень сигналу. негайно скидається в «0» біт OBF, вказуючи, що PORTD чекає читання зовнішньою шиною. Після переходу сигналу на виводі –CS або –RD у високий рівень встановлюється прапор переривання PSPIF, вказуючи, що читання завершено. Біт OBF залишається скинутим в «0» поки не будуть завантажені нові дані в PORTD.

Для реалізації часових функцій до складу мікроконтролера входять три таймери і модуль CCP. Для управління роботою логічного аналізатора використовується 16-розрядний таймер/лічильник TMR1, що складається з двох 8-розрядних регістрів (TMR1H TMR1L) доступних для читання і запису. Рахунок виконується в спарених регістрах (TMR1H: TMR1L), інкрементуючи їх значення від 0000h до FFFFh.

Модуль CCP містить 16-розрядний регістр, який використовуватиметься як регістр порівняння. Регістр CCPR1 складається з двох 8-розрядних регістрів: CCPR1H (молодший байт), CCPR1L (старший байт). В регістрі CCPR1CON знаходяться управляючі біти модуля CCPR1 доступні для запису і читання. В режимі порівняння 16-розрядний регістр порівнюється зі значенням TMR1. Як тільки значення в регістрах стають однаковими, тригер спеціальної події скидає таймер TMR1.

Управління обміном даних між PIC16F874 і ПК, який відбувається в режимі PSP. При цьому для управління паралельним портом використовують три сигнали: сигнал читання (RD), запису (WR) і сигнал вибору мікросхеми (CS). Для запису в мікроконтролер інформації необхідно, перш за все, подати її на шину даних (D7-D0) паралельного порту, потім сигналам WR і CS привласнити логічний нуль. Читання проводиться таким же чином з тією лише різницею, що нуль присвоюється сигналам RD і CS.

За допомогою сигналу INT на виводі RB7 мікроконтролер формує запит на переривання, який подається на вхід АСК паралельного порту ПК, що викликає переривання основної програми і перехід до підпрограми обробки переривань від паралельного порту.

За допомогою сигналів A0-A6, що формуються на виводах RB0 - RB6, виконуються керування аналоговими комутаторами DD1-DD9. За допомогою сигналів A0-A3 виконуються керування першим рівнем аналогових комутаторів DD1-DD8, а за допомогою сигналів A4-A6 виконується керування аналоговим комутатором другого рівня DD9.

Для комутації аналогових сигналів використовуються аналогові комутатори типу К591КН3 та К590КН6. Аналогові комутатори К591КН3 складають перший рівень комутаторів, що дозволяє комутувати 128 входів на вісім виходів[23].

Комутатор К590КН6 складає другий рівень комутаторів і дозволяє комутувати вісім входів на один вихід, який підключається до входу вбудованого АЦП мікроконтролера (вивід RA0).

В пристроях електроніки, автоматики та обчислювальної техніки для здійснення керованої передачі аналогової інформації від датчиків до виконавчих механізмів широко використовуються аналогові ключі. Головними параметрами ключа є: струм комутації $I_{ком}$, який протікає по відкритому каналу ключа; напруга комутації $U_{ком}$, що уявляє собою максимально допустиму напругу між входом та виходом аналогового ключа; опір ключа в відкритому стані $R_{отк}$; час перемикання ключа $t_{вкл}$; рівні напруги по керованому входу (звичайне керування здійснюється від цифрових логічних пристроїв).

Схеми ключа реалізована на МОП-транзисторах, які споживають мало електричної енергії. Звичайно в одному корпусі мікросхеми міститься декілька

ключів та схем керування ними. При побудові принципіальної схеми використано аналогові ключі К591КН3, К590КН6.

Мікросхема К590КН6 виготовлена по КМОП технології, має 8 каналів і характеризується наступними параметрами: напруга живлення $U_{ин} = \pm 15 В$, струм комутації $I_{ком} = 20 мА$, напруга комутації $U_{ком} = \pm 15 В$, опір відкритого ключа $R_{отк} = 300 Ом$, час вмикання $t_{вкл} = 0,3 мкс$.

Мікросхема К591КН3 виготовлена по КМОП технології, має 16 каналів і характеризується наступними параметрами: напруга живлення $U_{ин} = \pm 16 В$, струм комутації $I_{ком} = 20 мА$, напруга комутації $U_{ком} = \pm 15 В$, опір відкритого ключа $R_{отк} = 270 Ом$, час вмикання $t_{вкл} = 0,3 мкс$.

Схема аналогового ключа приведена на рис. 3.2(а, б)

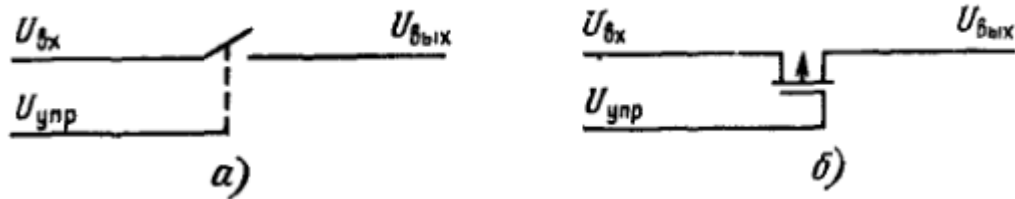


Рис. 3.2. Схема аналогового ключа:

а) умовне позначення; б) фізична модель

Умовно-графічне позначення аналогового комутатору приведене на рис.3.3.

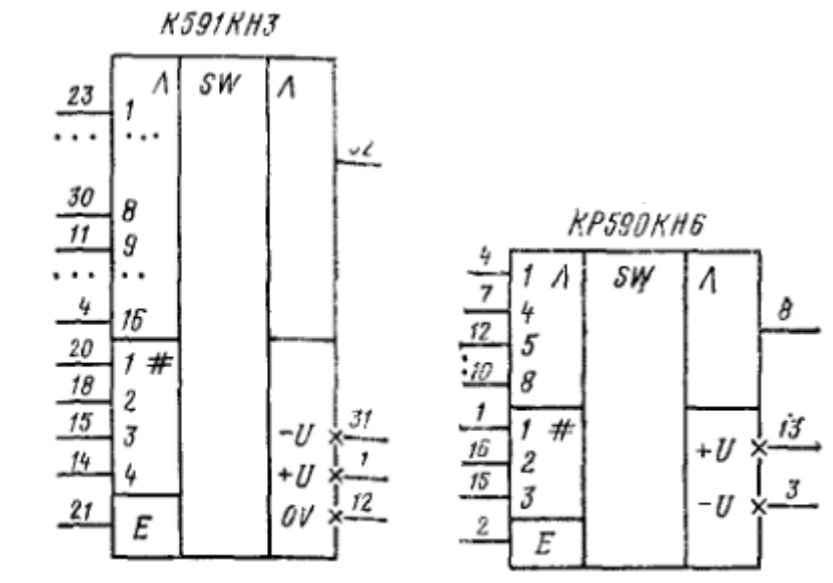


Рис.3.3. Умовно-графічне позначення аналогового комутатору

При поломці ПК, порушенні зв'язку з ним або інших причинах, що виключають можливість виведення інформації на монітор, для відображення стану пристрою діагностики використовується алфавітний - цифровий рідкокристалічний індикатор (РКІ)DD11 типуАС161А. Алфавітно-цифрові РКІ-модулі є недорогим і зручним рішенням, що дозволяє заощадити час і ресурси при розробці нових виробів, при цьому забезпечують відображення великого об'єму інформації при хорошій помітності і низькому енергоспоживанні. Можливість оснащення РКІ-модулів заднім підсвічуванням дозволяє експлуатувати їх в умовах із зниженою або нульовою освітленістю, а виконання з розширеним діапазоном температур (-20°C...+70°C) у складних експлуатаційних умовах.

Для з'єднання РКІ-модуля з системою, що управляє, використовується паралельна синхронна шина, що налічує 8 або 4 (вибирається програмно) ліній даних DB0...DB7, лінію вибору операції R/W, лінію вибору регістра RS і лінію стробування/синхронізації E. Крім ліній шини, що управляє, є дві лінії для подачі напруги живлення 5 В - GND і VCC, і лінія для подачі напруги живлення драйвера РКІ - V0. Для з'єднання модуля з системою, що управляє,

можна вибрати один з двох варіантів: по 8-ми або 4-х розрядній шині. У першому випадку буде потрібно 11 сигнальних ліній, в другому - тільки 7. Сам процес обміну також може бути організований двояко. Можна підключити РКІ-модуль до системної шини (якщо така є) і виконати обмін в синхронному режимі з максимальною швидкістю.

Будучи пристроєм з динамічною індикацією, контролер циклічно проводить оновлення інформації на РКІ. Сам РКІ організований як матриця, що полягає залежно від режиму роботи з 8-ми (один рядок символів 5 x 7 крапок), 11-ти (один рядок символів 5 x 10 крапок) або 16-ти (два рядки символів 5 x 7 крапок) рядків по 200 сегментів (коли рядок налічує 40 символів) в кожній. Дані для відображення поступають в контролер РКІ з МК у вигляді чотирьохбітових слів, і відображаються на індикаторі простими фразами, що характеризують стан перегінних об'єктів, рядком, що біжить. Операція запису даних в контролер РКІ для чотирьохрозрядної шини даних проводиться в наступній послідовності:

1. Встановлюється значення лінії RS, що характеризує тип інформації, що поступає (дані/команда);
2. Виводиться значення старшої тетради байта даних на лінії шини DB4...DB7;
3. Подається стробуючий імпульс в лінію E, по якому буде проведений запис інформації;
4. Виводиться значення молодшої тетради байта даних на лінії шини DB4...DB7;
5. Подається стробуючий імпульс в лінію E;
6. Лінії шини DB4...DB7 встановлюються в стані високого імпедансу (HI);

Для читання інформації з контролера РКІ по чотирьохрозрядній шині, проводять наступні дії:

1. Встановлюється значення лінії RS;
2. У лінію R/W подається сигнал логічної одиниці, що сприймається контролером РКІ як команда читання;
3. У лінію E подається сигнал 1;
4. Прочитується значення старшої тетради байта даних з ліній шини DB4...DB7;
5. У лінію E подається сигнал 0;
6. У лінію E подається сигнал 1;
7. Прочитується значення молодшої тетради байта даних з ліній шини DB4...DB7
8. У лінію E подається сигнал 0;
9. У лінію R/W подається сигнал 0, тим самим готуючи контролер до запису даних.

У схемі передбачена можливість регулювання яскравості ЖК індикатора за допомогою змінного резистора R2, який підключається до індикатора по ланцюгу VO.

Буферний підсилювач (повторювач) DA1 типу К544УД2 – виконуються на операційному підсилювачі [7] з полевыми транзисторами на вході, який забезпечує дуже високий вхідний опір схеми (десятки МОм), у результаті чого пристрій діагностики не впливає на роботу апаратури тональних рейкових кіл.:

$$U_{вих} \approx U_{вх}, \quad (3.1)$$

де $U_{вих}$ – вихідна напруга підсилювача, $U_{вх}$ – вхідна напруга підсилювача.

Параметри ОП типу К544УД2:

- напруга живлення, $U_{жив}$ – від ± 5 В до ± 15 В;
- напруга зсуву, $U_{зсув}$ – 0,5 мВ;
- струм входу, $I_{вх}$ – 3 нА;
- коефіцієнт підсилення, $K_{під}$ – 106 дБ;

- швидкість наростання напруги на виході, $U_{\text{вих}} - 5 \text{ В/мкс}$;
- опір входу, $R_{\text{вх}} - 100 \text{ МОм}$;
- потужність споживання, $P_{\text{спож}} - 120 \text{ мВт}$;
- ширина смуги пропускання, $f - 2,5 \text{ МГц}$.

Зв'язок пристрою діагностики для автоматизованого контролю колійних генераторів та приймачів тональних рейкових кіл з персональним комп'ютером типу IBM PC здійснюється по інтерфейсу Centronics, який призначений для підключення до комп'ютера принтерів, але завдяки простоті сполучення і програмування широко використовується для підключення до комп'ютера нестандартних зовнішніх пристроїв. Вибір даного способу підключення до комп'ютера був обумовлений наступними перевагами інтерфейсу Centronics:

- стандартність, оскільки даний інтерфейс є на кожному персональному комп'ютері типу IBM PC і на всіх комп'ютерах працює однаково;
- для підключення зовнішнього пристрою не потрібне втручання в конструкцію комп'ютера, необхідно лише підключити сполучний кабель до вихідного роз'єму паралельного порту;
- обмін інформацією здійснюється побайтно, що дозволяє підтримувати досить високу швидкість передачі інформації (до 300 Кбайт/с в стандартному режимі SPP і до 2 Мбайт/с в розширеному режимі ECP);
- простота програмування, що дозволяє створювати драйвери для нестандартних зовнішніх пристроїв, як на асемблері, так і на мовах високого рівня;
- даний інтерфейс використовує логічні рівні сигналів TTL - стандарту, що дозволяє використовувати для реалізації пристроїв сполучення широко поширені і дешеві мікросхеми.

Інтерфейс Centronics має і цілий ряд недоліків: відсутність гальванічної розв'язки, низька перешкодозахисна, невелика довжина сполучного кабелю (1,8 м). Але оскільки пристрій для автоматизованого контролю колійних

генераторів та приймачів тональних рейкових кіл призначений для експлуатації в приміщенні, то дані недоліки не роблять істотно впливу на роботу інтерфейсу.

Обмін інформацією між комп'ютером і пристроєм для автоматизованого контролю колійних генераторів та приймачів тональних рейкових кіл здійснюється відповідно до стандарту IEEE 1284 в стандартному режимі SPP. Даний режим роботи паралельного порту підтримується всіма IBM – сумісними комп'ютерами, що дозволяє програмному забезпеченню працювати під управлінням операційних систем, починаючи з Windows 98 і закінчуючи Windows XP. У режимі SPP паралельний порт є трьома 8-розрядним регістром: регістр даних, регістр управління і регістр стану. Регістр даних паралельного порту в режимі SPP працює тільки на вивід, тому він використовується для запису інформації. Регістр управління паралельного порту має всього чотири керівників сигналу, що виходять на зовнішній роз'єм комп'ютера[23].

3.3. Висновки за розділом.

1. В результаті досліджень виявлено, що дестабілізуючі фактори впливають на напругу на колійному приймачі, що може привести до порушення режиму роботи рейкового кола (нормального, шунтового або контрольного). Це в свою чергу приводить до порушення безпеки руху поїздів.
2. 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.
3. Сучасні комп'ютерні системи дозволяють проводити контроль режимів роботи ТРК в автоматичному режимі.
4. Розроблено структурну схему пристрою контролю напруги на приймачах і генераторах ТРК, що складається з аналогових комутаторів,

схеми узгодження, АЦП і ПК (ноутбука). Управління обміном даних між АЦП і ПК проводиться за допомогою PIC16F874. В якості комутаторів використано аналогові ключі К591КН3, К590КН6.

5. Розглянуто технічні характеристики обраних елементів.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

1. Проведено дослідження впливу дестабілізуючих факторів на роботу тональних рейкових кіл.
2. Розглянуто схеми заміщення тонального рейкового кола у трьох режимах роботи і проаналізовано первинні параметри лінії.
3. Визначено вплив електромагнітних завад на роботу рейкових кіл.
4. Проаналізовано і проведені розрахунки з впливу опору ізоляції баласту на роботу ТРК.
5. 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). Відповідно до цього проведені розрахунки з впливу параметрів елементів ТРК на напругу на колійному приймачі.
6. В результаті досліджень виявлено, що дестабілізуючі фактори впливають на напругу на колійному приймачі, що може привести до порушення режиму роботи рейкового кола (нормального, шунтового або контрольного). Це в свою чергу приводить до порушення безпеки руху поїздів.
7. 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.
8. Сучасні комп'ютерні системи дозволяють проводити контроль режимів роботи ТРК в автоматичному режимі.
9. Розроблено структурну схему пристрою контролю напруги на приймачах і генераторах ТРК, що складається з аналогових комутаторів, схеми

узгодження, АЦП і ПК (ноутбука). Управління обміном даних між АЦП і ПК проводиться за допомогою PIC16F874. В якості комутаторів використано аналогові ключі К591КН3, К590КН6.

10. Розглянуто технічні характеристики вибраних елементів.

ЛИТЕРАТУРА

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., Лучинин В. С. Особенности расчёта и регулировки рельсовых цепей тональной частоты //Автоматика, связь, информатика. – 1998. – №8.
6. Дмитриев В. С., Минин В. А. Новые системы автоблокировки. – М.: Транспорт, 1981. – 247 с.
7. Дмитриев В. С., Минин В. А. Системы автоблокировки с рельсовыми цепями тональной частоты. – М.: Транспорт, 1992.
8. Дмитриев В. С., Минин В. А. Совершенствование систем автоблокировки. – М.: Транспорт, 1987. – 143 с.
9. Казаков А. А., Бубнов В. Д., Казаков Е. А. Системы интервального регулирования движения поездов. – М.: Транспорт, 1986. – 399 с., ил., табл.
10. Казаков А. А., Казаков Е. А. Автоблокировка, локомотивная сигнализация и автостопы. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1980. – 360 с.

11. Кокурин И. М., Кондратенко Л. Ф. Эксплуатационные основы устройств железнодорожной автоматики и телемеханики. – М.: Транспорт, 1980. – 168 с.
12. Кулик П.Д, Ивакин Н.С., Удовиков А.А. Тональные рельсовые цепи в системах ЖАТ. – К.: Издательский дом «Мануфактура», 2004.
13. 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)
14. Федоров Н.Е. Современные системы автоблокировки с тональными рельсовыми цепями: Учебное пособие. – Самара: СамГАПС, 2004. – 132 с.
15. 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.
16. Чепцов М.М., Бойнік А.Б., Кузьменко Д.М. Методи синтезу сигнально-процесорної централізації стрілок і сигналів: Монографія. – Донецьк. «ДонІЗТ», - 2010. – 181 с.
17. Navryliuk V.I., Meleshko V.V. Electrical impedance of traction rails at audio frequency range // Інформаційно-керуючі системи залізничного транспорту, 2015. - №2.- С. 31-36.
18. 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.
19. 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.
20. 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.
21. 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.
22. 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.
23. В. Гаврилюк. Международные нормы на электромагнитную совместимость подвижного состава с системами сигнализации и связи // Українська залізниця, №5–6 (47–48), 2017 С. 46-50.