

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Комп'ютерні технології і системи

(назва факультету)

Автоматика і телекомунікації

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

I ступеня

(ступінь вищої освіти)

на тему: **ДОСЛІДЖЕННЯ СПЕКТРІВ НЕСТАЦІОНАРНИХ СИГНАЛІВ**
(КОМПЛЕКСНА)

за освітньою програмою Системи керування рухом поїздів
зі спеціальності: 273. Залізничний транспорт
(шифр і назва спеціальності)

Виконав: студент групи: СК1911

/ Богдан ГУЛЕЦЬ /

(підпис студента)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник:

(підпис)

/Зав. каф. Володимир ГАВРИЛЮК/
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

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

Студент

(підпис)

Дніпро – 2023 рік

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

Computer technologies and systems

(faculty)

Automation and telecommunications

(department)

Explanatory Note

to Master's Thesis

I degree

(higher education degree)

on the topic: **RESEARCH OF SPECTRA OF NON-STATIONARY SIGNALS**
according to educational curriculum “Train control systems”

in the Speciality: 273. Railway transport

(speciality and its code)

Done by the student of the group: SK1911

/Bohdan HULETS/

(name, surname)

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: Комп'ютерні технології і системи
Кафедра: Автоматика та телекомунікації
Рівень вищої освіти: перший рівень
Освітня програма: Системи керування рухом поїздів
Спеціальність: 273. Залізничний транспорт
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри д.ф.-м.н., професор

(підпис) Володимир ГАВРИЛЮК
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Дата 2023

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу

Бакалавр

(ступінь вищої освіти)

студенту

Гульцю Богдану Ігоровичу

(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи:

ДОСЛІДЖЕННЯ СПЕКТРІВ НЕСТАЦІОНАРНИХ СИГНАЛІВ

Керівник роботи:

Гаврилюк Володимир Ілліч д.ф.-м.н., професор

(Прізвище, Ім'я, По батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом від «25» 10 2022 р. № 1093

2. Строк подання студентом роботи: 16.06.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи:

галузеві інструкції по технічному обслуговуванню пристрої СЦБ

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

1.1 Аналітичний огляд літератури за темою, постановка мети та завдань дослідження

1.2 Дослідження спектральних характеристик сигнального струму АЛСН

2. Висновки за виконаною роботою

КАЛЕНДАРНИЙ-ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Тональні рейкові кола	04.05.2023	
2	Рейкові кола тональної частоти	28.05.2023	
3	Дослідження спектральних характеристик сигнального струму ТРК	09.06.2023	
4	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	16.06.2023	
5	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії		

Студент

(підпис)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

(підпис)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Зміст дипломного проекту: томів 1, сторінок 47, рисунків 28.

Тема роботи: Дослідження спектрів нестационарних сигналів.

Мета роботи: детально дослідити спектри нестационарних сигналів

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ТОНАЛЬНІ РЕЙКОВІ КОЛА	8
1.1 Влаштування тональних рейкових кіл	8
1.1.1 Принцип побудови тональних рейкових кіл	8
1.2 Апаратура тональних рейкових кіл	11
2 РЕЙКОВІ КОЛА ТОНАЛЬНОЇ ЧАСТОТИ	21
2.1. Загальна характеристика.....	21
2.2 Схеми та апаратура ТРК.....	25
2.1.1 Узагальнена схема тонального рейкового ланцюга	25
2.3 Регулювання рейкового кола тональної частоти при заміні апаратури та ремонті кабелів	29
2.4 Висновки. Постановка мети та завдань дослідження.....	32
3 ДОСЛІДЖЕННЯ СПЕКТРАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИГНАЛЬНОГО СТРУМУ ТРК	34
3.1 Загальне формулювання завдання.....	34
3.2 Вимірювання сигнального струму	36
3.3 Спектральний аналіз сигнального струму.....	37
3.4 Визначення завад в паузах і імпульсах сигнального струму.....	43
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	45
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	46

ВСТУП

Для регулювання руху поїздів на залізничному транспорті, в якості основного датчика, використовують рейкові ланцюги. За останні десятиліття розроблені та застосовуються тональні рейкові ланцюги. Вони мають безліч переваг у порівнянні з кодовими та фоточутливими РЦ.

Струми в системах залізничної сигналізації схильні до впливу різних факторів і перешкод, що спотворює їх форму і параметри, ускладнює їх розпізнавання приймальним пристроєм і може спричинити збої в роботі СЦБ. Оскільки від роботи РЦ безпосередньо залежить безпека руху поїздів, сигнальні струми в рейкових ланцюгах контролюють періодично у відповідність до графіка ТО. Цей контроль виконують вручну. Останнім часом набули поширення системи автоматичного контролю сигнального струму, які проводять контроль спектрального складу сигналів.

Але сигнальні струми, строго кажучи, не періодичні і містять випадкові компоненти. Таким чином, сигнали є випадковими. Діяльність розглянуті особливості неперіодичних випадкових сигналів.

1 ТОНАЛЬНІ РЕЙКОВІ КОЛА

1.1 Влаштування тональних рейкових кіл

1.1.1 Принцип побудови тональних рейкових кіл

Тональні рейкові кола знаходять все більш широке застосування на лініях магістрального залізничного транспорту. Їх перевагами є:

- 1) можливість виключення на перегонах ізолюючих стиків і укладання цільнзвареного шляху від станції до станції;
- 2) зменшення кількості металоємних дросель-трансформаторів на електрифікованих ділянках;
- 3) можливість винесення апаратури рейкових ланцюгів з перегону на прилеглу станцію;
- 4) універсальність всім видів тяги;
- 5) скорочення споживання електроенергії;
- 6) більш висока захищеність даного типу рейкових ланцюгів від впливу помехтягового струму та ін.

На базі тональних рейкових кіл створено кілька типів автоблокування, які впроваджуються на залізницях Росії та країн СНД, починаючи з 1985 року.

В основу побудови тональних рейкових кіл (ТРК) покладено безстиківий рейковий ланцюг (БРЛ), що не має ізолюючих стиків на живильному і приймальному кінцях. При відсутності ізолюючих стиків між суміжними рейковими ланцюгами сигнальний струм тонального рейкового ланцюга протікає по рейковій лінії від точки підключення живильної апаратури на стороні (див. рис. 1.1).

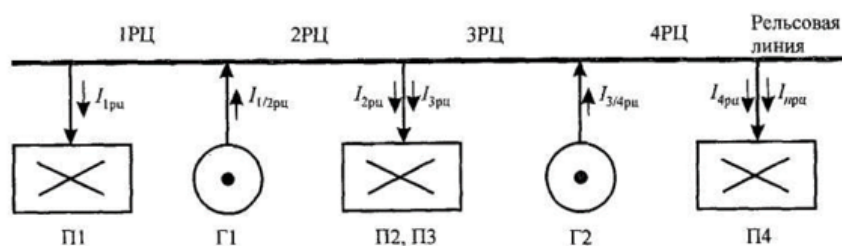


Рисунок 1.1 – Структурна схема суміжних тональних рейкових кіл з розміщенням уздовж рейкової лінії живильних та приймальних кінців

На рис.1.1 показана структурна схема тональних рейкових кіл з розміщенням вздовж рейкової лінії живильних і приймальних кінців, в якій від одного джерела сигнального струму (генератора) здійснюється живлення двох суміжних ТРК. Так, сигнальний струм $I_{1/2}$ рл, що поступає від генератора Г1, розтікається по рейковій лінії в обидві сторони до колійних приймачів двох суміжних ТРК: струм рейкового ланцюга 1РЛ ($I_{1рл}$) живить приймач П1, струм рейкового ланцюга 2РЛ ($I_{2рл}$) живить приймач П2. Аналогічно генератор Г2 живить інші дві суміжні ТРК 3РЛ та 4РЛ і т.д. у межах перегону. Відповідно до такої побудови здійснюється чергування живильних і приймальних кінців ТРК (див. рис. 1.2).

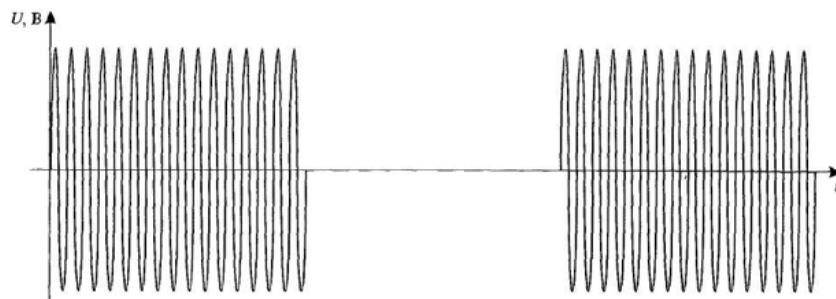


Рисунок 1.2 – Форма сигналу генератора тонального рейкового ланцюга

У ТРК використано амплітудно-модульований сигнал, форма якого показана на рис. 1.2. Даний тип сигналу дозволяє підвищити захищеність прийомних пристроїв (шляхових приймачів) від впливу гармонійних та імпульсних перешкод тягового струму та інших джерел перешкод. Як несучу частоту використовуються частоти: 420; 480; 580; 720 та 780 Гц, а також 4,5; 5,0 та 5,5 кГц. Як модулюючий частоти використані частоти 8 або 12 Гц. Кожній несучій частоті в діапазоні 420-780 Гц надано кодове число 8, 9, 11, 14 і 15 за номером найближчої меншої гармоніки тягового струму.

Чергуванням на живильних кінцях ТРК вздовж перегону несучих частот і частот модуляції, наприклад, у послідовності: 420/8; 480/12; 720/8; 780/12; 420/8; 480/12 і т.д., забезпечується надійний захист приймальних пристроїв від впливу струмів суміжних ТРК. У різних системах автоблокування з ТРК застосовують різне число діапазонів і частот при чергуванні сигналів.

Однією з основних особливостей ТРК як безстикової РЛ є те, що її шунтування зміна кодового сигналу АЛС настає не з моменту вступу на неї поїзда, а при наближенні до РЛ на деяку відстань. Колісна пара, що знаходиться на цій відстані відточування підключення апаратури рейкового ланцюга, шунтує частину сигнального струму ТРК, що в свою чергу призводить до зниження напруги на вході колійного приймача. Відстань відточування підключення апаратури до рейкової лінії до місця знаходження колісної пари, що викликає знеструмлення колійного реле, включеного на виході колійного приймача, називається зоною додаткового шунтування $L_{ш}$. На рис. 1.3 показана схема розташування зон додаткового шунтування тонального рейкового ланцюга.

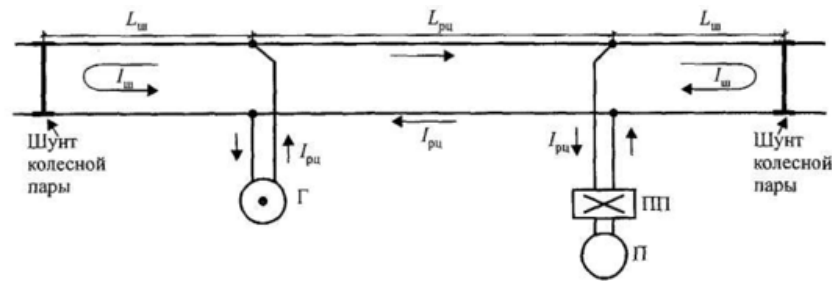


Рисунок 1.3 – Схема розташування зон додаткового шунтування тонального рейкового ланцюга

Залежно від напрямку руху одна з них називається зоною додаткового шунтування по входу (наближення), а друга - зоною додаткового шунтування по виходу (по видаленню).

Довжина зони додаткового шунтування залежить від багатьох факторів: частоти сигнального струму, коефіцієнта навантаження на вході шляхового приймача, опору ізоляції баласту та ін. Як правило, довжина $L_{ш}$ становить приблизно 10 % від довжини самого рейкового ланцюга. Довжина зони додаткового шунтування не може бути нульовою або негативною, так як рейковий ланцюг повинен давати зайнятість при накладенні типового нормативного шунта 0,06 Ом у точці підключення апаратури (шунтовий режим), що рівносильно накладенню шунта з нульовим опором (поїзний шунт) на відстані 10-15 м від точки підключення апаратури при частоті сигнального струму ТРК в діапазоні 400-800 Гц. Іноді з метою виключити зону додаткового

шунтування або обмежити область розтікання сигнального струму АЛС на межі ТРК встановлюються ізолюючі стики.

При необхідності на ділянках, що обладнаються пристроями ТРК зі скороченою зоною додаткового шунтування, застосовують височастотні ТРК з несучими частотами в діапазоні 4,5-5,5 кГц. Скорочена зона додаткового шунтування досягається за рахунок вищого опору рейкової лінії на високих частотах. Ці рейкові кола отримали індекс ТРК4, а рейкові кола з несучими частотами 420-780 Гц, розроблені раніше ТРК4, мають індекс ТРК3.

1.2 Апаратура тональних рейкових кіл

До складу основної апаратури тональних рейкових кіл ТРК3 входять: колійний генератор ГПЗ; колійний фільтр ФПМ; дорожній приймач ПП1. Зрівнювальний трансформатор УТЗ застосовується в тих випадках, коли напруга на входах колійних приймачів одного рейкового ланцюга відрізняється більш ніж на 20%.

Шляховий генератор ГПЗ призначений для формування та посилення амплітудно-модульованого сигналу для роботи ТРК. Шляховий фільтр ФПМ забезпечує захист вихідних ланцюгів генератора ГПЗ від впливу струмів локомотивної сигналізації, тягового струму та атмосферних перешкод і формує необхідний за умовами роботи рейкового ланцюга зворотний вхідний опір живильного кінця. Фільтр служить також для гальванічного розділення вихідного ланцюга генератора від кабельної лінії та отримання на ньому необхідних напруг при відносно низьких вихідних напругах генератора.

Шляховий приймач ПП1 призначений для прийому та дешифрації сигналів ТРК, що надходять з рейкової лінії, та, відповідно до рівня прийнятого сигналу, формування вихідної напруги на колійному реле. Зрівнює трансформатор УТЗ призначений для вирівнювання напруг на вході колійних приймачів, що живляться від одного колійного генератора.

Генератор ГПЗ і фільтр ФПМ є конструкцією, зібраною в корпусі релеНШ з використанням його колодки в якості несучої частини блоку.

Блок колійного генератора має два різновиди: ГПЗ-8, 9, 11 та ГПЗ-11, 14, 15. Аналогічні різновиди має блок дорожнього фільтра (ФПМ-8, 9, 11 та ФПМ-11, 14, 15). Номери 8, 9, 11, 14, 15 у позначенні генераторів і фільтрів відповідають несучим частотам 420, 480, 580, 720, 780 Гц. Таким чином, перший різновид генераторів і фільтрів призначений для формування та передачі сигналів з несучими частотами 420, 480 і 580 Гц, а другий – з частотами 580, 720, 780 Гц.

Живлення генератора здійснюється від мережі змінного струму частотою 50 Гц напругою 35В, що подається на висновки 41-43 блоки. З цієї напруги всередині генератора шляхом обмеження, випрямлення та згладжування пульсацій формуються напруги постійного струму для живлення генераторів, що задають ланцюгів, попереднього і кінцевого підсилювачів. Структурна схема колійного генератора представлена на рис. 1.4.

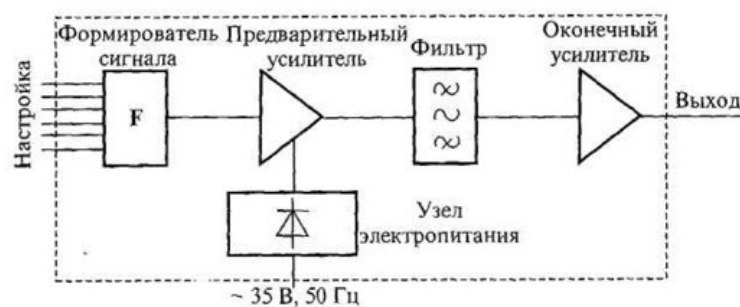


Рисунок 1.4 – Структурна схема колійного генератора ГПЗ

Задаючий каскад колійного генератора (формував сигнал) F виконаний на базі мікророзбірки або БІС і служить для формування сигналу ТРК із заданою несучою і модулюючою частотою. Налаштування на відповідну несучу та модулюючу частоту сигналу здійснюється зовнішніми перемичками на штепсельній розетці блоку.

Сигнал з формувача F надходить на попередній підсилювач та фільтр. Попередній підсилювач здійснює посилення сигналу в залежності від рівня, що виставляється за допомогою змінного резистора, ручка якого зі стопорним пристроєм виведена передню панель блоку колійного генератора. Фільтр попереднього каскаду призначений для згладжування прямокутної форми сигналу та його ослаблення у разі відмінності несучої частоти від заданої.

З попереднього підсилювача після фільтра сигнал надходить на кінцевий підсилювач, що являє собою емітерний повторювач. Рівень сигналу, що надходить на вихід шляхового генератора (висновки 2-52) становить 1-6 змінного струму.

На передній панелі блоку є світлодіодна індикація працездатності блоку у вигляді двох світлодіодів. Рівне свічення одного з них свідчить про наявність живлення, блимає свічення іншого світлодіода вказує на нормальну роботу формувача F і попереднього підсилювача коїйного генератора.

Дорожній приймач ПП1 є конструкцією, зібраною в корпусі реле ДСШ з використанням його колодки в якості несучої частини блоку. Блок коїйного приймача має 10 різновидів, що відрізняються прийомом сигналів з різною частотою, що несе, і частотою модуляції. Він може мати такі позначення: ПП1-8/8, ПП1-8/12, ПП1-9/8, ПП1-9/12, ПП1-11/8, ПП1-11/12, ПП1-14/8, ПШ- 14/12, ПШ-15/8, ПП1-15/12. Перша цифра про призначення приймачів вказує номер приймається несучої частоти, а друга - частоту модуляції (8 або 12 Гц). Напруга живлення 17,5 В змінного струму частотою 50 Гцподається на висновки 21-22 шляхового приймача. З цієї напруги шляхом випрямлення, обмеження та згладжування пульсацій формуються напруги постійного струму для живлення вхідних каскадів посилення, порогового пристрою та вихідних каскадів.

Структурна схема дорожнього приймача представлена рис. 1.5. Приймач містить наступні функціональні вузли: вхідний фільтр, демодулятор, амплітудний обмежувач, перший фільтр частоти модуляції f_m , поріговий пристрій, вихідний підсилювач, другий фільтр частоти модуляції f_m та вузол харчування.

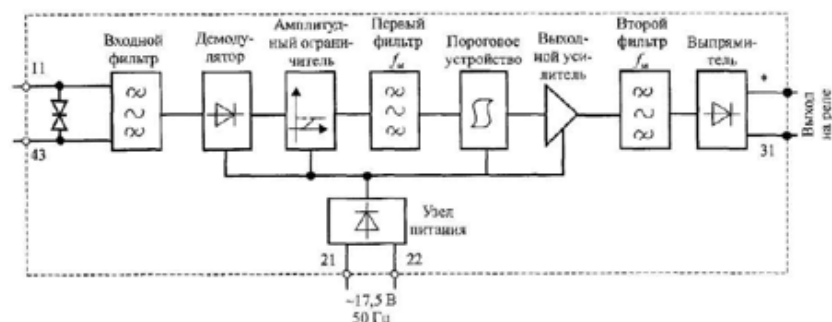


Рисунок 1.5 - Структурна схема дорожнього приймача ПП1

Вхідний фільтр призначений для виділення сигналу із заданою несучою частотою та придушення сигналів РЛ з іншими несучими частотами, а також сигналів АЛС та гармонічного струму. Смуга пропускання вхідного фільтра щонайменше 24 Гц. Його загасання по сусідньому каналу (для фільтра з резонансною частотою 420 Гц вимірюється на частоті 480 Гц і навпаки) не менше 38 дБ. Вхідний опір фільтра (воно ж вхідний опір приймача - висновки 11-43) знаходиться в межах 120-160 Ом і вимірюється на середній частоті смуги пропускання. Середня частота смуги пропускання вхідного фільтра може відрізнятися від заданої частоти, що несе, не більше ніж на ± 2 Гц.

Захист вхідного фільтра від перенапруг внаслідок грозових розрядів або впливу тягового струму здійснюється обмежувальними діодами (або стабілітронами) на вході дорожнього приймача.

З виходу вхідного фільтра амплітудно-модульований сигнал надходить на демодулятор, на якому виділяється сигнал із частотою модуляції.

Після детектора сигнал надходить на амплітудний обмежувач, що не дозволяє вихідному сигналу перевищити рівень у 1,5-2 рази вище за чутливість. Наявність амплітудного обмежувача дозволяє забезпечити надійне поділ частот модуляції 8 і 12 Гц за допомогою першого фільтра модулюючої частоти, виконаного на LC-контурі.

Вихідний сигнал фільтра надходить на вхід порогового елемента (симетричного тригера) з високим коефіцієнтом повернення. Добротність першого фільтра модулюючої частоти, налаштованого на 8 або 12 Гц, дорівнює приблизно шести. При розташуванні цього фільтра передпороговим пристроєм з високим коефіцієнтом повернення (не менше 0,9) такої добротності цілком достатньо, щоб забезпечити зниження сигналу на вході тригера нижче порога його спрацьовування при вступі на вхід приймача сигналу з частотою модуляції, що не відповідає заданій. Для будь-яких напруг сигналу на вході приймача такий надійний розділ частот модуляції можливий лише завдяки амплітудному обмежувачу на вході першого фільтра модулюючої частоти.

З виходу симетричного тригера сигнал надходить на вихідний вхід підсилювача, призначеного для здійснення живлення колійного реле. За вихідним підсилювачем встановлений другий фільтр частоти модуляції, що також являє собою LC-контур.

Фільтр забезпечує гальванічну розв'язку ланцюгів живлення підсилювача від ланцюга живлення колійного реле. Крім того, фільтр виключає можливість порушення колійного реле при ушкодженнях у вузлі живлення, що призводять до появи в напрузі живлення вихідного підсилювача змінного струму промислової частоти або її гармонік. Сигнал з виходу другого фільтра частоти модуляції надходить на випрямляч, а з нього, після випрямлення, - на колійне реле.

При справності колійного приймача, наявності живлення і необхідного рівня вхідного сигналу на виході блоку формується напруга постійного струму від 4 до 7 В, достатня для підйому якоря колійного реле. Номінальне значення чутливості приймача за напругою амплітудно-модульованого сигналу на вході 11-43 становить 0,35 В.

З метою виключення випадків переплутування колійних приймачів при встановленні в експлуатації використовуються різні висновки блоків для підключення колійних реле при різних несучих частотах сигналу. При загальному висновку 31 для всіх типів блоків, другий висновок для підключення колійного реле використовується номер 33 для частоти 420 Гц, 13 - для частоти 480 Гц, 52 - для частоти 720 Гц, 51 - для частоти 780 Гц і 83 - для частоти 580 Гц. На передній панелі блоку є світлодіодна індикація його працездатності. Світиться стан одного зі світлодіодів вказує на наявність електроживлення, миготливий режим обох світлодіодів з частотою модуляції відповідає прийому сигналу та вільності ТРК.

У схемі приймача передбачена можливість підключення додаткового колійного реле для організації при необхідності схеми контролю залипання якоря основного колійного реле (для систем з децентралізованим живленням) або прискореного включення кодування колії рейкового сигналами автоматичної

локомотивної сигналізації. Додаткове колійне реле типу АНШ2-310 підключається до висновків 61-23 колійного приймача через блок випрямлячів і опорів типу БВС-4Л. Таке включення не відповідає першому класу безпеки, так як реле реагує тільки на наявність несучої частоти сигналу ТРК заданого рівня, і тому воно не може бути використане як основне колійне реле для визначення вільності рейкового ланцюга.

Зрівнювальний трансформатор ЗТЗ (УТЗ) є моноблочною конструкцією скріпленням на штепсельному стативі на місце реле НМШ і з підключенням монтажних проводів під паяння з лицьового боку блоку.

Висновки 1-2 трансформатора (рис. 1.6) підключаються до колійного приймача, а висновки вторинної секційованої обмотки від 3 до 9 підключаються до кабельної лінії залежно від необхідного коефіцієнта трансформації.

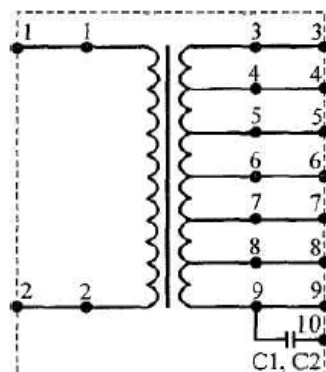


Рисунок 1.6 – Схема зрівнювального трансформатора УТЗ

З метою стабілізації вхідного опору зрівнюючого трансформатора він налаштовується на несучу частоту робочого сигналу колійного приймача шляхом підключення резонансної ємності до відповідного висновку трансформатора.

Зрівнює трансформатор встановлюється в більш короткій ТРК для погашення «надлишку» напруги на вході приймача. Він використовується, коли довжини суміжних ТРК, живляться від одного генератора, відрізняються більш ніж на 20% або мають різні умови розповсюдження сигналу (наявність дросель-трансформаторів, ізолюючих стиків тощо).

До складу основної апаратури високочастотних тональних рейкових кіл ТРК4 входять: колійний генератор ГП4; колійний фільтр ФРЛ4Л; колійний приймач ГТРК4Л1.

Блоки ГП4 і ФРЛ4Л мають один різновид. Кожен із блоків за допомогою зовнішніх перемичок може бути налаштований для роботи на одній із трьох несучих частот: 4,5; 5 чи 5,5кГц.

Схема тонального рейкового ланцюга для системи автоблокування з централізованим розміщенням апаратури зображена на рис. 1.7.

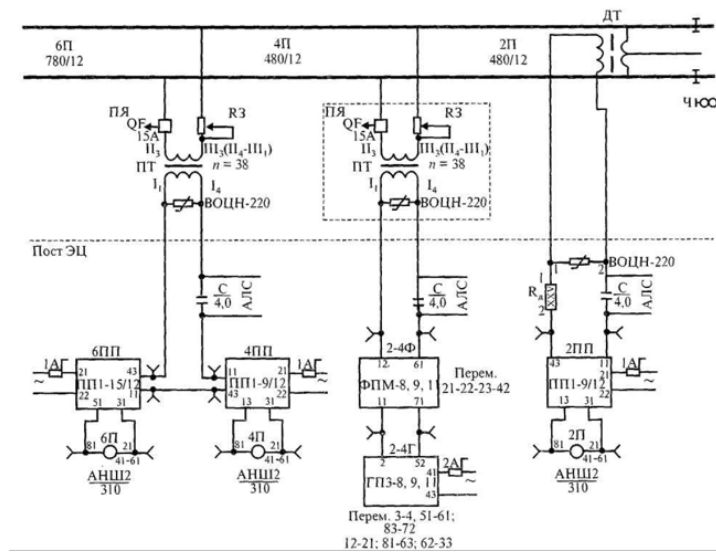


Рисунок 1.7 – Схема тонального рейкового ланцюга для системи автоблокування з централізованим розміщенням апаратури

Апаратура пов'язана з рейковою лінією за допомогою сигнально-блокувального кабелю парною скруткою жил.

Амплітудно-модульований сигнал частотою 480/12, що формується дорожнім генератором 2-4Г, з висновків 2-52 надходить на вхід фільтра 2-4Ф (висновки 11-71). З виходу фільтра (висновки 12-61) він надходить у кабельну лінію. Послідовно з виходом фільтра на кодованих рейкових ланцюгах включається розділовий конденсатор ємністю 4 мкФ для системи АЛСН.

Кабельна лінія служить для з'єднання апаратури ТРК, що розміщується в релейному приміщенні на посту ЕЦ або в релейній шафі, з пристроями рейкових ланцюгів, розташованими в колійних ящиках безпосередньо біля рейкової лінії.

У колійних ящиках встановлюються: розрядники; вирівнювачі; узгоджувальні дорожні трансформатори; захисні резистори; автоматичні вимикачі.

Кабельна лінія підключається до первинної обмотки узгоджувального дорожнього трансформатора ПТ типу ПОБС-2М (висновки I_1 та I_4). Паралельно первинної обмотці трансформатора включаються вирівнювачі ВОЦН-220 (ВОЦН-380 на ділянках з електротягою змінного струму), які служать для захисту апаратури ТРК від перенапруг.

Коефіцієнт трансформації трансформатора ПТ обраний виходячи з умов виконання нормального, шунтового та контрольного режимів роботи ТРК та забезпечення необхідної зони додаткового шунтування. У типовій схемі ТРК він дорівнює 38, що відповідає висновкам Π_3 - Π_3 вторинної обмотки трансформатора при перемичці Π_4 - Π_1 .

Як узгоджувальний шляховий трансформатор можуть використовуватися також і дросель-трансформатори типу ДТ-0,2; ДТ-0,6 та ДТ-1, коефіцієнт трансформації яких становить 40,38 та 3 відповідно. Кабельна лінія у разі застосування ДТ-0,2 або ДТ-0,6 підключається до додаткової обмотки дросель-трансформатора, а вирівнювач ВОЦН-220 або ВОЦН-380 встановлюється на посту ЕЦ на кросовому стативі у місціобробки кабелю.

У разі використання узгоджувального трансформатора дросель-трансформатору типу ДТ-1 на ділянках з електротягою змінного струму він включається через додатковий трансформатор ПОБС-2М з коефіцієнтом трансформації, рівним 13,3. Схема включення додаткового трансформатора для цього випадку представлена на рис. 1.8.

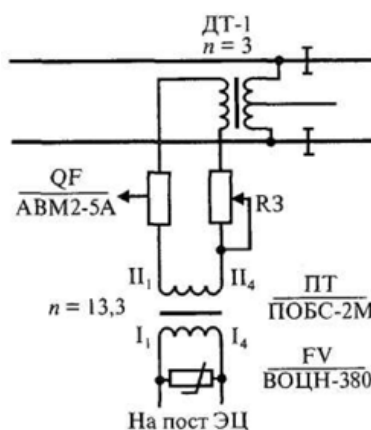


Рисунок 1.8 – Схема підключення апаратури ТРК з використанням дросель-трансформатора ДТ-1

Захисні резистори R3 служать для забезпечення необхідного опору живильного і приймального кінців і для захисту колійного узгоджувального трансформатора та апаратури ТРК від дії тягового струму.

У схемі ТРК сумарний опір захисного резистора, що встановлюється в колійному ящику, та сполучних перемичок від колійного ящика до рейок має бути в межах 0,3-0,4 Ом на частоті сигнального струму АЛС.

При електротязі змінного струму, коли кабельна лінія підключається до рейок через дросель-трансформатор ДТ-1, захисний резистор встановлюється між додатковою обмоткою ДТ і вторинною обмоткою ПОБС-2М. Опір захисного резистора в цьому випадку має бути в межах 18-22 Ом. У разі використання як узгоджувальних дросель-трансформаторів ДТ-0,2 або ДТ-0,6 захисні резистори не встановлюються.

Автоматичні вимикачі служать захисту шляхової апаратури ТРК від впливу перенапруг тягової мережі чи інших джерел. У схемі ТРК використовується автоматичний вимикач на номінальний струм 15 А. У випадку, коли на ділянці з електротягою змінного струму апаратура ТРК підключається через додаткову обмотку ДТ-1, автоматичний вимикач номіналом на 5 А включається між узгоджувачим шляховим трансформатором і додатковою обмоткою ДТ.

При малих довжинах з'єднувального кабелю або у разі використання як узгоджувальні дросель-трансформатори типу ДТ-0,2 або ДТ-0,6 у кабельну лінію послідовно з апаратурою ТРК встановлюється додатковий резистор R типу С5-35 В потужністю 25 або 50 Вт (див. мал. 8). Додатковий резистор R_д в кабельну лінію може встановлюватися і на ділянках з автономною тягою, при цьому захисний резистор з колії виключається. Номінал опору резистора R вибирають із умови забезпечення необхідного опору кінця рейкового ланцюга.

Отже, сигнальний струм ТРК з живильного кінця від генератора 2-4Г через трансформатор 2-4ПТ, резистор R3 і автоматичний вимикач надходить у

рейкову лінію і приймальний кінець ТРК, наприклад 4-6РК. На приймальному кінці використовуються аналогічні пристроїузгодження, що розміщуються в колійній скриньці та описані вище. Сигнал через кабельну магістраль надходить на вхід колійних приймачів суміжних ТРК 4ПП та 6ПП.

Як правило, на перегоні у разі застосування ТРК в одну кабельну пару включаються два шляхові приймачі послідовно. Крім того, для підключення колійних передавальних пристроїв АЛС послідовно з входами колійних приймачів включається розподільний кон-денсатор ємністю 4 мкФ.

Побудова вхідного фільтра колійного приймача дозволяє йому виділити із сукупності сигналів, що надходять з рейкової лінії, лише свій робочий сигнал. Тому послідовне включення колійних приймачів в одну кабельну лінію не позначається на можливості роздільної роботи апаратури суміжних ТРК.

У разі вступу на рейковий ланцюг поїзда або порушення цілісності рейкової лінії рівень сигналу ТРК на вході відповідного приймача знижується нижче порога відпускання, і він фіксує зайнятість ділянки шляхом знеструмлення колійного реле, включеного на виході.

Рисунок 2.1 – Схема ділянки перегону, обладнаного тональними РЛ

Тональні РЛ відокремлюються один від одного різною частотою вихідного сигналу, що дозволяє відмовитися від застосування ізолюючих стиків. На сьогоднішній день у пристроях автоматики та телемеханіки застосовуються тональні кола 3-го та 4-го покоління (ТРК3 та ТРК4). ТРК3 застосовуються на перегонах та станціях, а ТРК4 - на переїздах.

Тональна РЛ складається з колійного генератора (ГПЗ), колійного фільтра (ФПМ) та колійного приймача (ПП).

Шляховий генератор призначений для формування амплітудно-модульованого сигналу. Генератори бувають двох видів: з несучими частотами 420, 480, 580 Гц і частотами 580, 720 та 780 Гц. Обидва види генератора можуть налаштовуватися на частоту модуляції 8 Гц або 12 Гц. Принцип роботи генератора представлений на рисунках 3.2 – 3.5. Для наочності прикладу як несучу частоту було взято частоту в 105 Гц (вона представлена синім кольором).

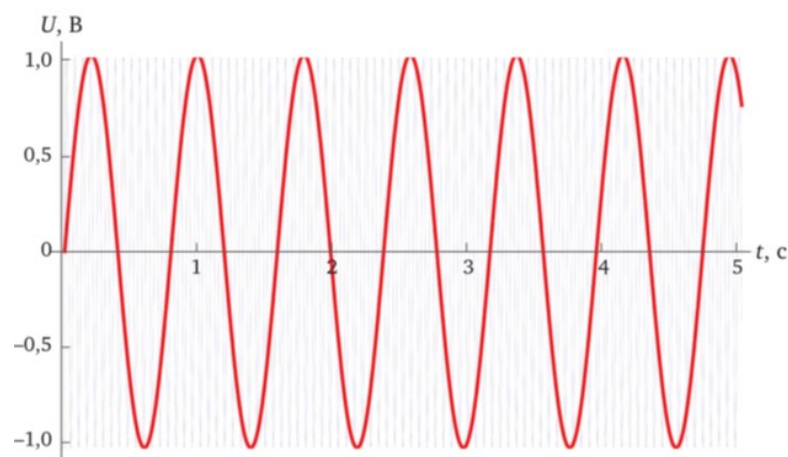


Рисунок 2.2 – Графік сигналу несучої частоти та частоти модуляції 8 Гц

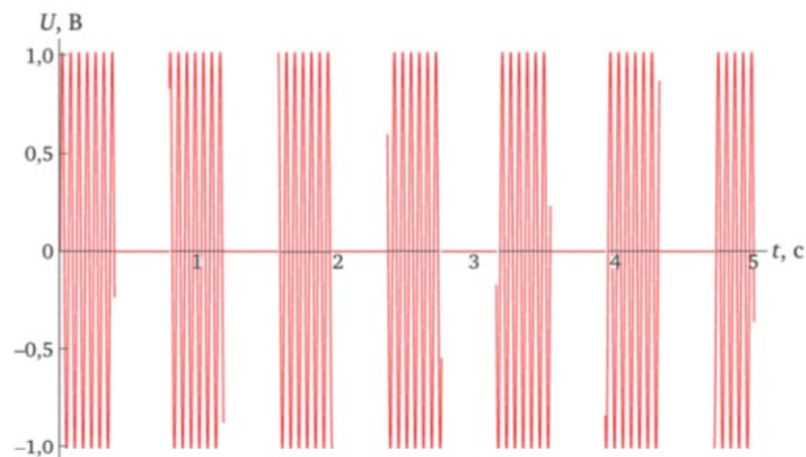


Рисунок 2.3 – Графік вихідного сигналу з несучою частотою 105 Гц і частотою модуляції 8 Гц

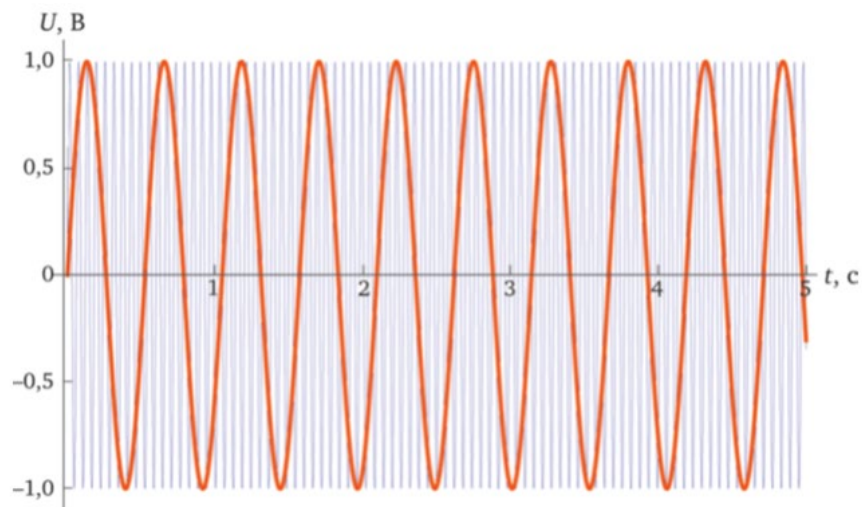


Рисунок 2.4 – Графік сигналу несучої частоти та частоти модуляції 12 Гц

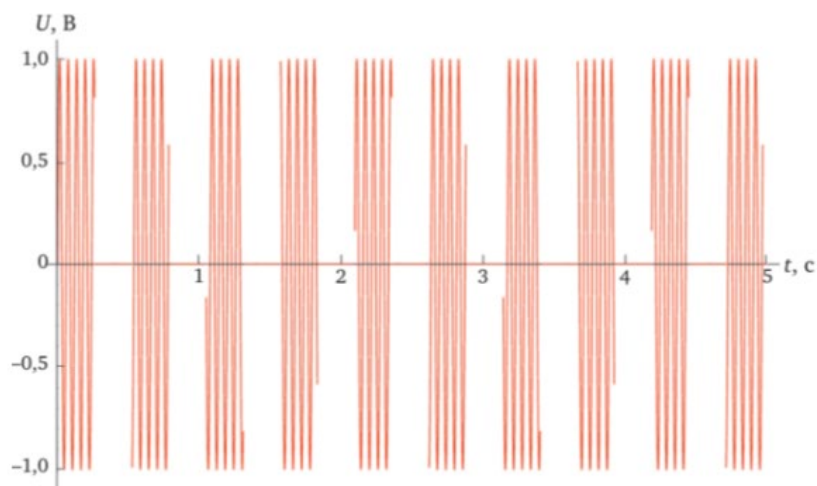


Рисунок 2.5 – Графік вихідного сигналу з частотою 105 Гц, що несе, і частотою модуляції 12 Гц

З 5 несучих і 2 модулюючих частот можна одержати 10 пар частот. Частота РЛ записується як 420/12, де перша цифра – несуча частота, а друга – частота модуляції. Частоти суміжних РЛ не повинні співпадати чи бути схожими. Необхідна частота генератора вибирається за допомогою підключення перемичок безпосередньо на виході генератора.

Апаратура тональних РЛ знаходиться на сусідніх станціях, що дозволяє швидко усувати відмови РЛ. На рис. 3.1. позначення «Поле» показує обладнання,

яке знаходиться безпосередньо поруч з рейковою ниткою, позначення «Пост» — обладнання, що знаходиться на станції. Струм від генератора через фільтр йде кабельними лініями дошляхового ящика, в якому через трансформатор передається безпосередньо в рейкове полотно. Фільтр необхідний захисту генератора від впливу тягового струму.

У колійній скриньці також встановлюються апаратура для грозозахисту і підбудовний резистор R3, необхідний регулювання струму на дорожніх приймачах. Як апаратура для грозозахисту на рис. 3.1. представлені автоматичний вимикач багаторазової дії QF і вирівнювач FV.

Автоматичний вимикач багаторазової дії призначений для розриву ланцюга у разі перевищення допустимого значення струму. Принцип дії вирівнювача полягає у різкому зменшенні опору у разі збільшення прикладеної напруги.

Струм від трансформатора подається в обидва боки від примикання. На рис. 3.1. від одного генератора живляться два приймачі для РЛ (8П і 6П). Максимальна довжина тональних РЛ від генератора до приймача становить 1000 м.

Приймачі поставляються десяти видів, кожної пари несучої і модулюючої частоти. Якщо приймач приходить струм необхідної частоти, то приймач подає струм на колійне реле. За відсутності коду або прийому коду неправильної частоти приймач знеструмлює колійне реле, і ця РЛ вважається зайнятою рухомим складом.

Відсутність ізолюючих стиків дозволяє розміщувати в одному місці два приймачі для різних РЛ. При цьому кожен приймач буде сприймати тільки своєї частоти, тому шляховий приймач для реле 10П не сприйматиме код від генератора РЛ 8П і 6П.

Особливістю роботи тональної РЛ є те, що приймач сприймає рухому одиницю не з моменту її вступу на РЛ, а при її наближенні до РЛ, внаслідок чого знижується струм на дорожньому приймачі, і той перестає сприймати код (рис. 3.6).

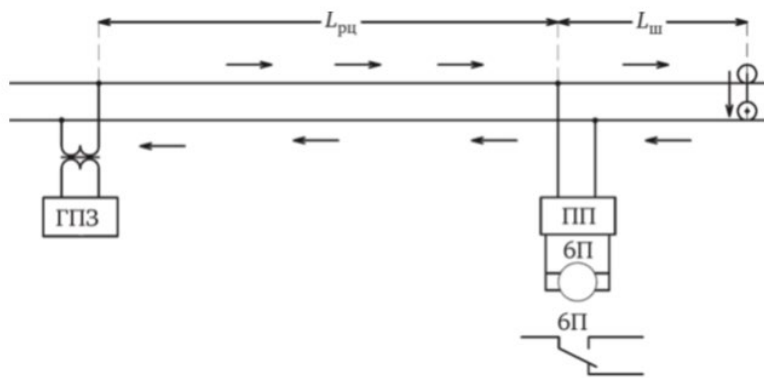


Рисунок 2.6 – Зона додаткового шунтування

Відстань від колісної пари до приймача називається зоною додаткового шунтування і позначається $l_{ш}$. Зона додаткового шунтування залежить від багатьох факторів, таких як частота сигнального струму, опір ізоляції та баласт та ін. У середньому зона додаткового шунтування становить близько 10% від довжини самої РЛ. Довжина не може бути нульовою або негативною.

У РЛ разом із кодом від генераторів подаються сигнали АЛС.

2.2 Схеми та апаратура ТРК

2.1.1 Узагальнена схема тонального рейкового ланцюга

Один з різновидів типової схеми включення апаратури ТРКЗ з використанням індивідуального передавального комплексу представлений на рис. 3.1.1.

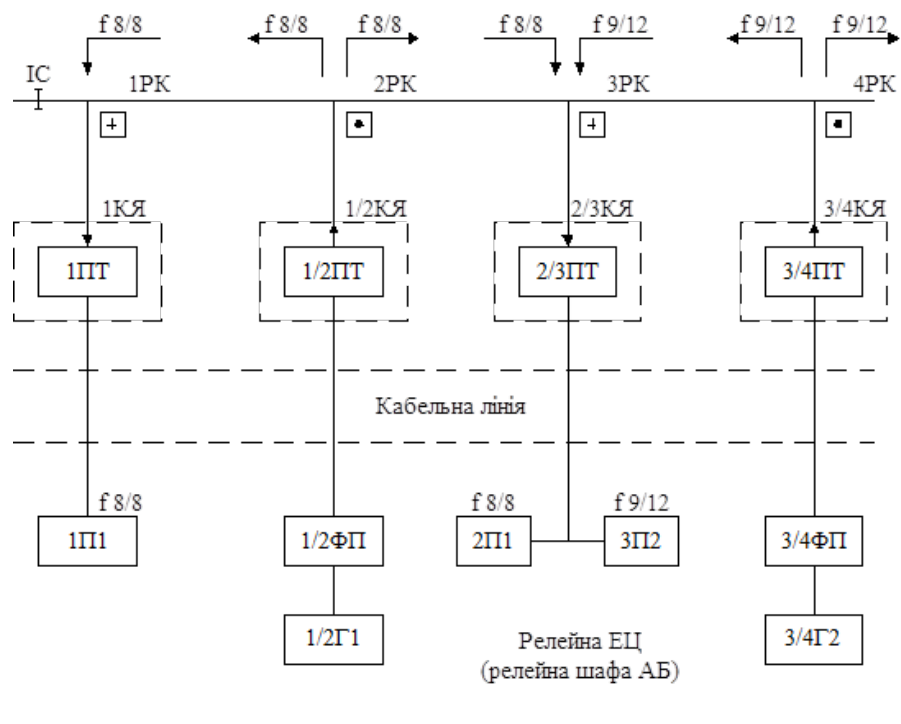


Рисунок 2.7 - Структурна схема ТРК3

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_{рл} призначене для передавання в ТРК сигналів числової АЛС.

Генератор 1/2Г1 типу ГП8,9,11 формує АМ сигнал $f\ 8/8$, що з висновків 2, 52 подається на вхід колійного фільтра 1/2ФП типу ФПМ8,9,11 (висновки 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 ($1/2C_{рл}$), 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 $1/2ПТ$ установлюється 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 установлюватися 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 ($1C_{рл}$), колійний 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.

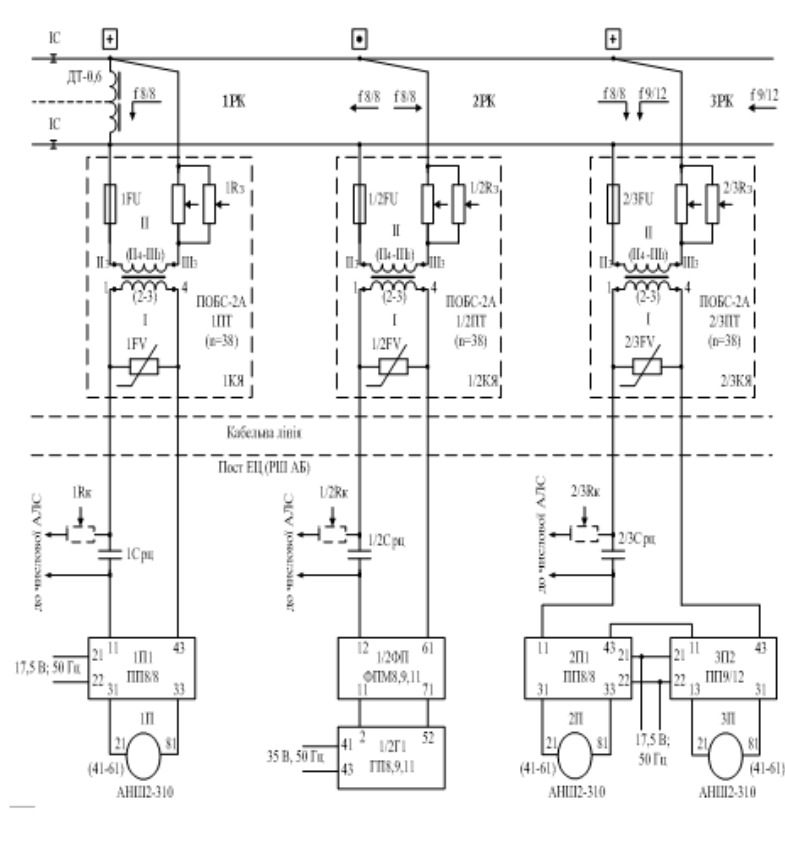


Рисунок 2.8 – Схема апаратури ТРКЗ з використанням індивідуального передавального комплексу

2.3 Регулювання рейкового кола тональної частоти при заміні апаратури та ремонті кабелів

Регулювання рейкових кіл виконують при включенні рейкового кола в дію та після заміни колійного генератора або фільтра. Регулювання рейкових кіл при експлуатації, у тому числі і сезонне, як правило, не потребується. У виняткових випадках регулювання рейкових кіл тональної частоти при експлуатації виконують з дозволу змінного інженера дистанції сигналізації та зв'язку, регулюванням напруги на виході колійних генераторів з перевіркою напруги на вході колійного приймача та залишкової напруги на вході колійних приймачів і обмотках основних колійних реле при накладанні шунта ШУ-01м.

Роботи з заміни апаратури рейкових кіл виконують у вільний від руху поїздів час з дозволу змінного інженера дистанції сигналізації та зв'язку і узгоджують з черговим по залізничній станції або поїзним диспетчером.

Регулювання рейкових кіл виконують після заміни колійного генератора або фільтра. Після заміни колійного приймача, колійного реле або іншої апаратури виконують лише перевірки напруг згідно з пунктом 3 цієї ТК.

При комплексній заміні апаратури рейкових кіл виконують поетапну заміну приладів у наступному порядку.

Перед початком заміни перевіряють напруги на виході колійного генератора і фільтра, а також на вході колійного приймача.

Заміна колійного генератора. На щойно встановленому генераторі плавно повертаючи ручку резистора, розміщеного на лицьовій панелі, встановлюють напругу на виході такої ж величини, яка була до його заміни. Після того, як напруга на виході генератора встановлена, виконують контрольну перевірку напруги на вході колійного приймача. Напруга повинна бути такою ж, як і до заміни генератора.

Заміна фільтра. На щойно встановленому фільтрі параметри (ємності) можуть відрізнятися від параметрів попереднього фільтра, у зв'язку з чим виконують його налаштування в резонанс з частотою сигнального струму. Налаштування в резонанс колійного фільтра типу ФПМ на частоту сигнального

струму виконують шляхом встановлення або зняття окремих перемичок на монтажному боці плати блоку фільтра ФПМ (контакти 21, 22, 23, 41, 42, 71, 72, 73, 81, 82, 83). Настроювання фільтра типу ФПМ перевіряють за величиною напруги на виводах 71 – 23 та 11 – 23. Напруга на виводах 71 – 23 (загальна ємність) повинна мінімально відрізнятися від напруги на виводах 11 – 23 (індуктивність), при цьому напруга на виході ФПМ (виводи 12 – 61) найбільша. Встановлення настроювальних перемичок може відрізнятися від вказаних у проектній документації, при цьому зміни у принципові схеми вносяться порядком, обумовленим пунктом 6.6 Інструкції з утримання технічної документації на пристрої сигналізації, централізації та блокування (СЦБ) на залізницях України ЦШ/0022.

Після настроювання фільтра плавною зміною напруги на виході колійних генераторів додатково регулюють напругу на вході колійних приймачів; вона повинна бути такою ж, як і до заміни фільтра та генератора.

Заміна колійного приймача. Після заміни виконують контрольну перевірку напруги на вході колійного приймача, вона повинна бути такою ж, як і до заміни, а також перевіряють напругу на обмотці колійного реле, яка повинна бути в межах від 4 В до 8 В.

Заміна колійного реле. Після заміни виконують контрольну перевірку напруги на обмотці колійного реле, яка повинна бути в межах від 4 В до 8 В.

Після заміни апаратури рейкових кіл виконують вимірювання залишкової напруги на вході колійних приймачів і колійних реле при накладанні шунта ШУ-01м на живильному та релейному кінці (релейних кінцях), а також посередині рейкового кола. Виміряна залишкова напруга повинна знаходитися у межах норм. Якщо залишкова напруга на вході колійного приймача або на колійному реле перевищує встановлену норму, то негайно вживаються заходи для перевірки правильності включення елементів схеми ТРК та усунення завад від сторонніх джерел.

Заміна апаратури вважається закінченою, якщо електричні параметри рейкового кола відповідають встановленим вимогам (відповідність нормам

напруги на основному та додатковому колійному реле, залишкової напруги на вході колійного приймача і на обмотках основного колійного реле, а також напруги на вході колійного приймача та на виході колійного генератора, вказаних в регулювальних таблицях або нормалях).

Після заміни апаратури і виконання регулювання ТРК ручку змінного резистора колійного генератора закріплюють фіксуючою гайкою (контргайкою) і заклеюють біркою. На бірці вказують дату регулювання, вихідну напругу на генераторі, прізвище і підпис ШН (ШНС), який проводив заміну і регулювання. Бірки наклеюють клеєм і зверху заклеюють прозорою клейкою стрічкою.

Ремонт кабеля ТРК. Після закінчення робіт на кабельній магістралі необхідно виконати перевірку параметрів ТРК і виконати наступні операції:

1) виміряти опір ізоляції всіх жил кабеля щодо землі та між собою за допомогою мегомметра напругою 500 В чи 1000 В. Опір ізоляції між жилами сигнально-блокувального кабеля при відключеному монтажі, перерахований на 1 км довжини кабеля, повинен бути не менше 100 МОм;

2) підключити до відповідних пар кабеля колійні трансформатори згідно з проектом (ПОБС-2А чи ПРТ-А);

3) виміряти опір шлейфа через первинні обмотки колійних трансформаторів кожного передавального та приймального кабельного кола. Опір шлейфа не повинен перевищувати 1 кОм;

4) вимкнути передачу кодових сигналів АЛС в рейкове коло вилученням трансмітерного реле чи іншим способом;

5) підключити вихід одного передавального пристрою рейкового кола до відповідної пари жил кабеля. При вільному стані блок-ділянки колійні реле рейкових кіл, до яких підключені передавальні пристрої, повинні знаходитися під струмом, а колійні реле інших рейкових кіл – знеструмлені;

6) виконати аналогічні перевірки для передавальних пристроїв інших рейкових кіл;

7) перевірити виконання умов шунтового режиму шляхом накладання

типового шунта на кінцях та в середині рейкового кола з вимірюванням залишкової напруги на вході відповідних колійних реле;

8) якщо умови шунтового режиму виконуються, а збудження колійного реле відбувається тільки від передавального пристрою власного рейкового кола, то кабель може бути включений в експлуатацію, в іншому разі необхідно вжити заходів щодо визначення причин несправності шляхом перевірки правильності з'єднань кабеля (відсутність розпарювання жил, з'єднань різних пар тощо).

2.4 Висновки. Постановка мети та завдань дослідження

З проведеного огляду літератури за темою роботи можна зробити наступні висновки.

Існуюча ТРЦ є системою безпосередньо відповідаючою за безпеку руху.

Використання в системі ТРЦ амплітудно-маніпульованого (модульованого) (АМ) сигналу приводить до низької завадозахищеності системи. Тяговий струм, що протікає в рейках поряд зі струмом ТРЦ приводить до спотворення імпульсів і пауз в сигналі, що може привести до збою в її роботі і, як наслідок, до збою в роботі системи керування рухом поїздів.

На безпечність функціонування ТРЦ впливають електричні завади від тягового струму, що протікає разом з сигнальним струмом ТРЦ, а також електромагнітні завади від інших джерел, намагнічування рейок, несправності колійних кодових трансмітерів, несправності елементів рейкових кіл або локомотивних пристроїв ТРЦ і ще багато інших факторів.

Для попередження збоїв ТРЦ кодовий струм в рейкових колах періодично контролюють за графіком процесу технічного обслуговування або при заміні обладнання локомотивної сигналізації. Вимірювання струму ТРЦ провадять безпосередньо в рейкових колах або з вагону-лабораторії при його періодичних поїздках. При цьому струм ТРЦ записується у на комп'ютер. Аналіз струму проводиться шляхом візуального аналізу часових залежностей тягового струму, а також у окремих випадках може бути проведено спектральний аналіз струму. Проаналізувати весь зареєстрований струм практично неможливо. На результати аналізу впливають суб'єктивні фактори. Спектральний аналіз є більш тривалим

процесом і теж провадиться вручну, що практично унеможлиблює аналіз великих масивів струму зареєстрованого вагон-лабораторією. Проте, проведення спектрального аналізу тягового струму є важливим для виявлення завад в сигнальному струмі, що можуть вплинути на безпечну роботу ТРЦ.

Таким чином проблемою, на розв'язання якої спрямована дана робота, є розробка методів, що дозволяють виявити в струмі ТРЦ спотворення і завади вище допустимого рівня, які можуть викликати збої в роботі ТРЦ. Такі методи можуть бути використані для автоматичного моніторингу струму ТРЦ в реальному часі, а також при автоматизированому аналізі струмів, записаних апаратурою вагона-лабораторії при тестових її поїздках.

Важливою складовою аналізу струму є його спектральний аналіз, що дозволяє визначити частоту і значення завад в струмі ТРЦ.

Але реальний струм ТРЦ є неперіодичним і має випадкові збурення, які саме і можуть викликати збої в роботі ТРЦ. Класичний Фур'є аналіз не придатний для аналізу неперіодичних сигналів.

Відповідно метою роботи є дослідження можливостей використання відомих методів спектрального аналізу нестационарних сигналів для своєчасного визначення спотворень спектрів ТРЦ, що можуть викликати збої в роботі системи.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ СПЕКТРАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИГНАЛЬНОГО СТРУМУ ТРК

3.1 Загальне формулювання завдання

Як слідує з проведеного попереднього огляду, робота ТРК безпосередньо впливає на безпеку руху поїздів на залізницях. Спотворення сигнального струму ТРК може привести до неправильного його декодування і, як наслідок, збою в роботі системи керування рухом поїздів.

На безпечність функціонування ТРК впливають електричні завади від тягового струму, що протікає разом з сигнальним струмом ТРК, а також електромагнітні завади від інших джерел, намагнічування рейок, несправності елементів рейкових кіл і ще багато інших факторів.

Для прикладу на рис. 3.1 наведено експериментально виміряну осцилограму сигнального струму на вході колійного приймача ТРК на діючій дільниці залізниці.

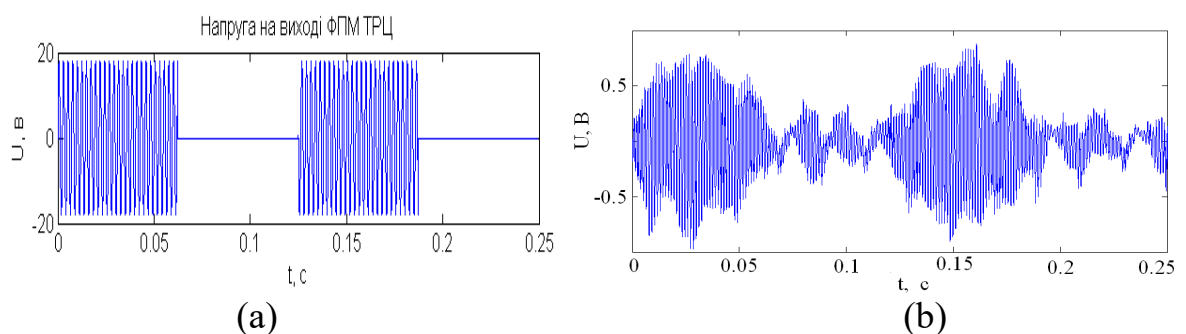


Рисунок 3.1 – Осцилограми сигнального струму ТРК на виході фільтра (а)

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. 2.1), 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).

Для попередження збоїв ТРК кодовий струм в рейкових колах періодично контролюють за графіком процесу технічного обслуговування або при заміні обладнання локомотивної сигналізації. Вимірювання струму ТРК проводять безпосередньо в рейкових.

При періодичному планово-попереджувальному обслуговуванні ТРК вимірюють напругу в точках, зазначених у регулювальних таблицях (рис. 2.2) з записом у журнал.

рц	рк	н/гм	г макс	г		ф макс	н макс	пп, при Ri і Uс		Режим АЛС				иводи ПУ	ивод ПІ	аявні сть ТЗ
				акс	ер			ін	акс	апрямок Н		апрямок Ч				
										кт	кт	кт	кт			
		ц		А	А					А		А				
2П	20	80/8	,2	,74	,87	7,0	,50	,40	,86	,5	4,1	,8	6,4	3-82	1-83	3
4П	43	80/8	,2	,74	,87	7,0	,50	,40	,01	,9	7,5	,1	8,0	3-82	1-83	3
6П	77	80/12	,4	,66	,83	1,7	,43	,40	,85	,4	3,5	,5	4,4	3-62	1-51	3
8П	97	80/12	,4	,66	,83	1,7	,43	,42	,95	,8	8,6	,9	9,6	3-62	1-51	3

Рисунок 3.2 – Приклад регулювальної таблиці для ТРКЗ

Для автоматизації вимірювання параметрів сигнального струму ТРК розроблено автоматичні вимірювальні пристрої, що підключаються за програмою до контрольних точок ТРК і вимірюють напругу, але як видно з рис. 3.2, струм змінюється з часом. Тобто вимірюється якийсь середній струм за певний проміжок часу.

Проведення спектрального аналізу тягового струму є важливим для виявлення завад в сигнальному струмі, що можуть вплинути на безпечну роботу ТРК.

Для надійної роботи ТРК необхідно, щоби на вході колійного приймача напруга у кодовому імпульсі була не менше напруги спрацьовування приймача, а в паузі – менше за напругу відпускання.

Для повного контролю струму ТРК необхідно вимірювати значення струму окремо в імпульсі і в паузі ТРК.

3.2 Вимірювання сигнального струму

Напругу ТРК записували на вході колійного приймача рейкових кіл. Струм ТРК також записували за допомогою струмового датчика, що накладався на рейку. В якості прикладу на рис. 1 наведено сегмент напруги на вході колійного приймача ТРК тривалістю 1.4 с.

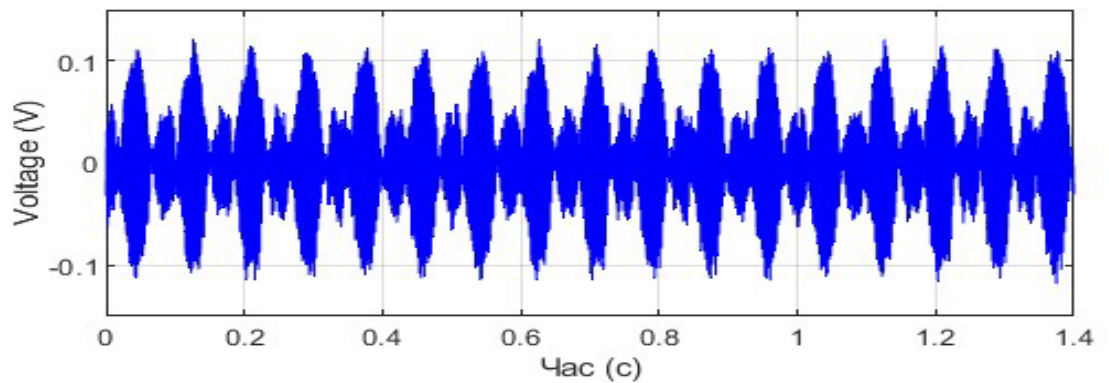


Рисунок 3.3 – Сегмент напруги на вході колійного приймача ТРК

Видно, що струм є неперіодичний, з завдами і спотвореннями, що мають випадковий характер. Відомо, що використання класичного перетворення Фур'є для спектрального аналізу неперіодичного струму непридатне, тому що дає спектр усереднений по довжині інтервалу спостереження. Тому для спектрального аналізу використано віконне швидке перетворення Фур'є. Довжину вікна вибирали таким чином, щоби сигнал на цій довжині можна вважати з достатньою точністю періодичним.

Спектральний аналіз сигнального струму проведений в роботі з використанням програмного пакету MatLab.

3.3 Спектральний аналіз сигнального струму

Три осцилограми сигнального струму ТРЦ довжиною 4 періоди наведені для різних рейкових кіл на рис. 2.3. Кожній осцилограмі в роботі надано своя літера, що є її ідентифікатором. Осцилограми (a) і (b) для сигнального струму з несучою частотою 420 Гц, а осцилограма (c) – 780 Гц.

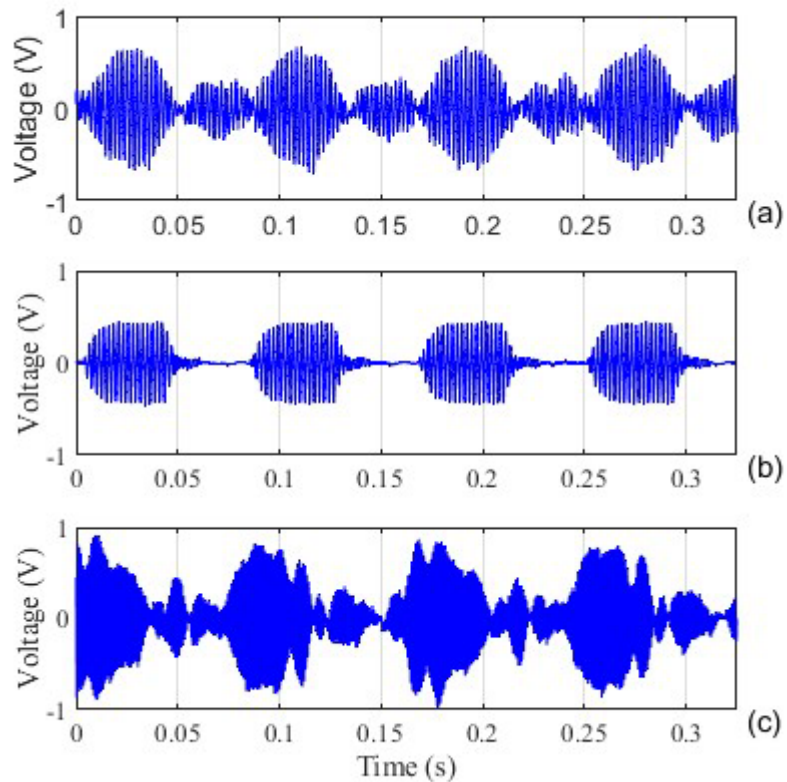


Рисунок 3.4 – Осцилограми сигнального струму з несучою частотою 420 Гц (a) і (b), і 780 Гц (c).

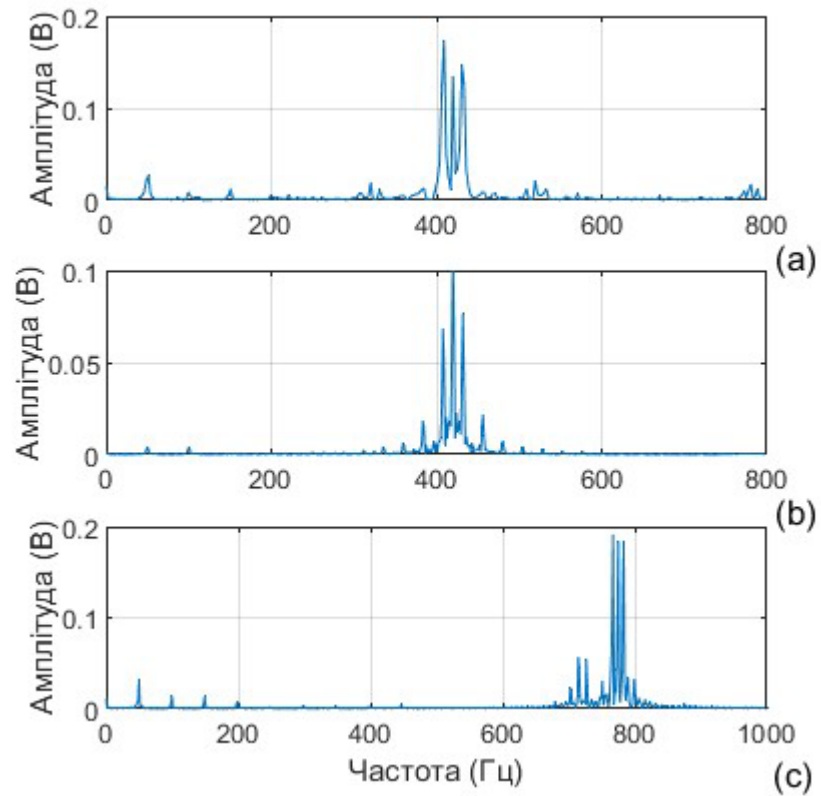


Рисунок 3.5 – Спектри сигнального струму ТРЦ (а), (b), і (с)

З наведених рисунків помітні особливості сигналів в часовій і частотній області. В спектрах сигналів зі значними спотвореннями (сигнали (а), (b)) спостерігаються помітні завади з частотами гармонік тягового струму 50, 100, 150, 200 Гц. В паузах кодових імпульсів є суттєві завади.

Для більш детального аналізу сигнального струму ТРЦ в часовій і частотній області з записаних сигнальних струмів виділені окремі сегменти, що мають найбільш значні спотворення (рис. 3.6).

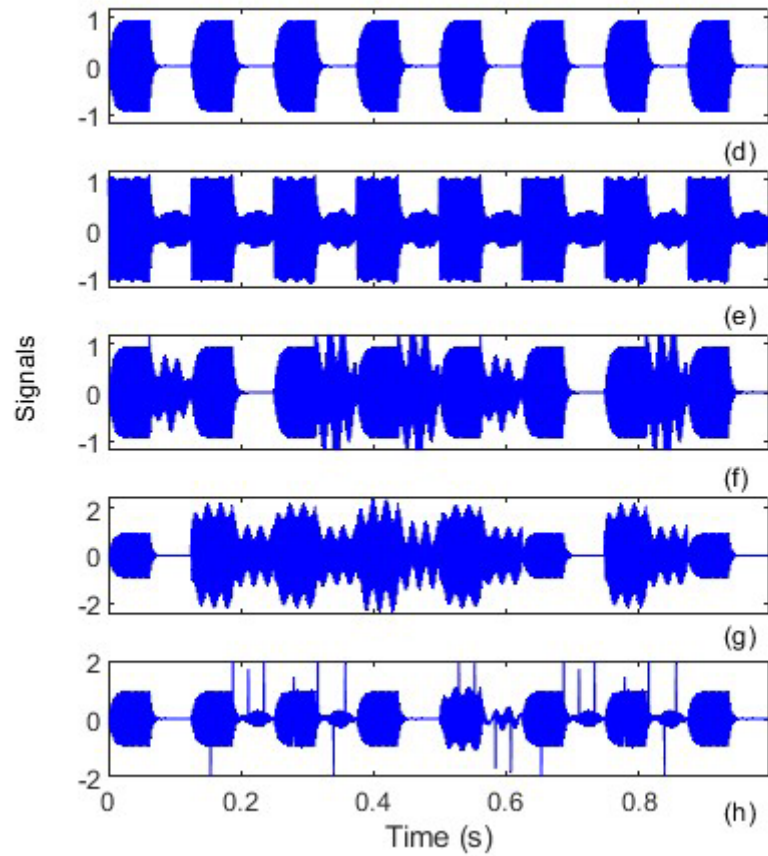


Рисунок 3.6 – Осцилограми сигнального струму (ідентифікатори сегментів струму відповідають літерам під осцилограмами)

Осцилограми і спектри сегментів сигнального струму наведені на рис. 3.7 – 3.11.

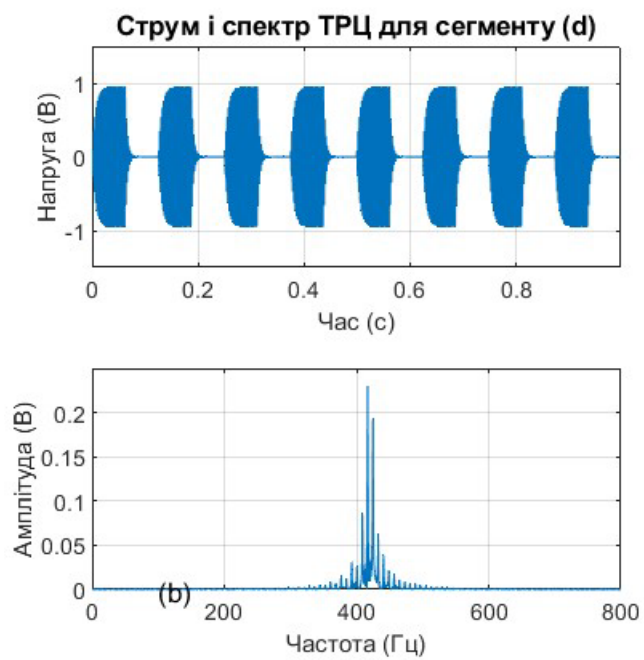


Рисунок 3.7 – Осцилограма і спектр сегменту (d) сигнального струму

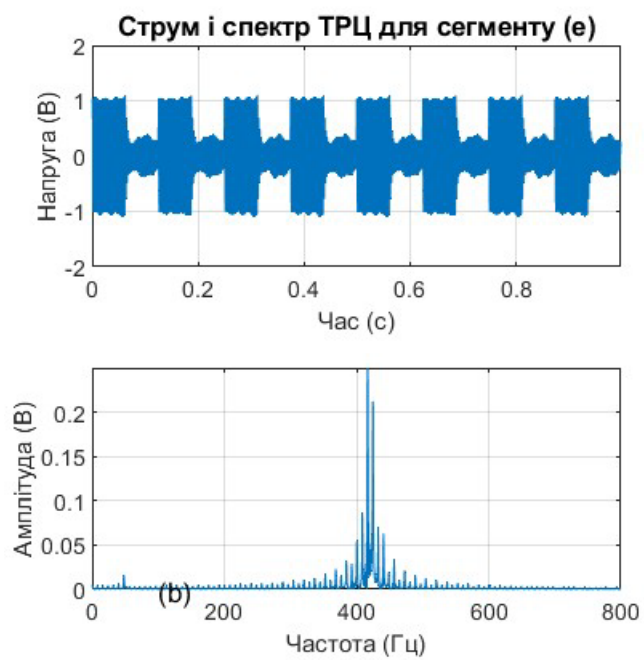


Рисунок 3.8 – Осцилограма і спектр сегменту (e) сигнального струму

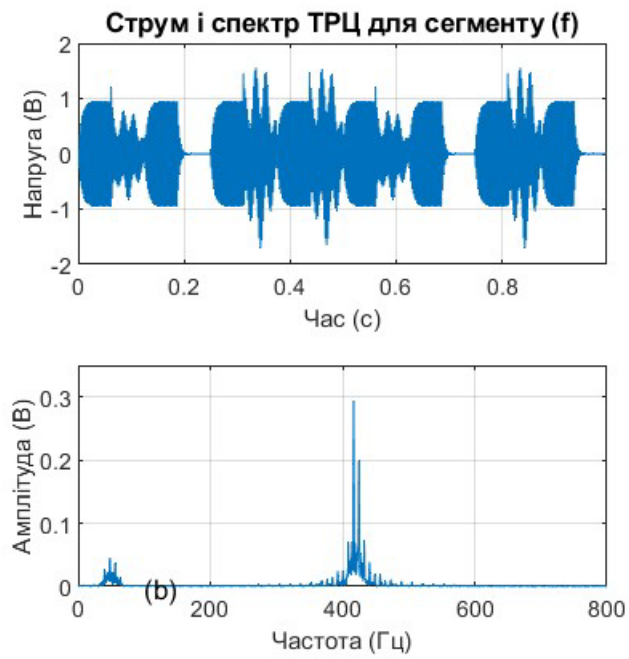


Рисунок 3.9 – Осцилограма і спектр сегменту (f) сигнального струму

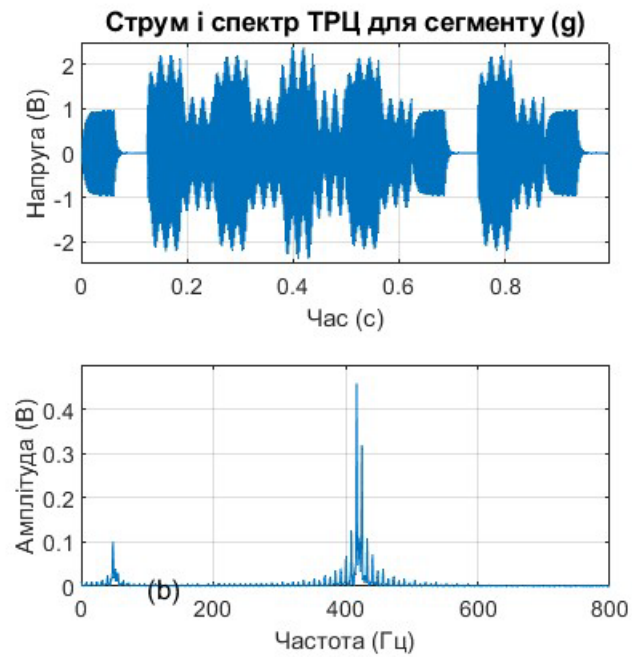


Рисунок 3.10 – Осцилограма і спектр сегменту (g) сигнального струму

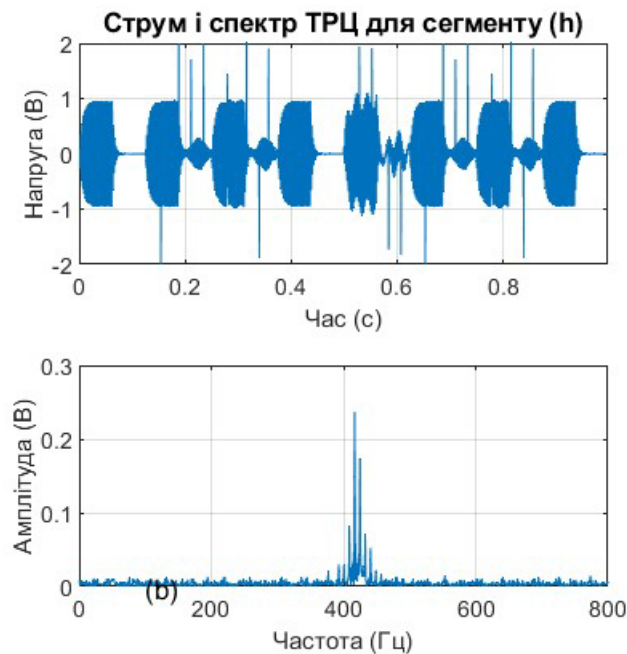


Рисунок 3.11 – Осцилограма і спектр сегменту (h) сигнального струму

З наведених осцилограм і спектрів сигналів видно, що незважаючи на значну відмінність осцилограм, спектри сигналів на частотах в полосі пропускання фільтру колійного приймача відрізняються незначно.

В спектрах деяких сигнальних струмів спостерігаються завади від гармонік тягового струму, кратні частоті 50 Гц. Але ці частоти значно відрізняються від частоти сигнального струму і не проходять через вхідний фільтр приймача, що обумовлює високу завадозахищеність тональних рейкових кіл.

Завади з частотами, близькими до полоси пропускання колійного приймача (в випадку, що розглядається, в полосі частот 420 ± 12 Гц) здатні вплинути на роботу тонального рейкового кола, але при аналізі завад треба визначити чи вони неперервно впливають під час пауз і імпульсів сигнального струму, або тільки в паузах чи в імпульсах. Для цього треба провести спектральний аналіз сигнального струму окремо в паузах і окремо в імпульсах.

3.4 Визначення завад в паузах і імпульсах сигнального струму

Паузи і імпульси сигнального струму мають тривалість 0.083 с для частоти модуляції 12 Гц. Така невелика тривалість ускладнює точне визначення частоти і амплітуди гармонік. Для підвищення точності використано віконне перетворення Фур'є з параметрами, обраними відповідно до рекомендацій, наведених в літературі.

Спектральний склад напруги в імпульсах і паузах сигнального струму ТРЦ для сегментів сигналів, що аналізували в роботі (рис. 3.7-3.11) наведений на рис. 3.12. Спектральний аналіз проведено для пауз з найбільшим значенням завад.

З рисунку видно, що в паузах сигнального струму (f) і (g) є значні завади з частотою в полосі пропускання колійного приймача ТРК. Амплітуда завад в деяких паузах перевищує 0.3 В, що може викликати тимчасові збої в роботі колійного приймача.

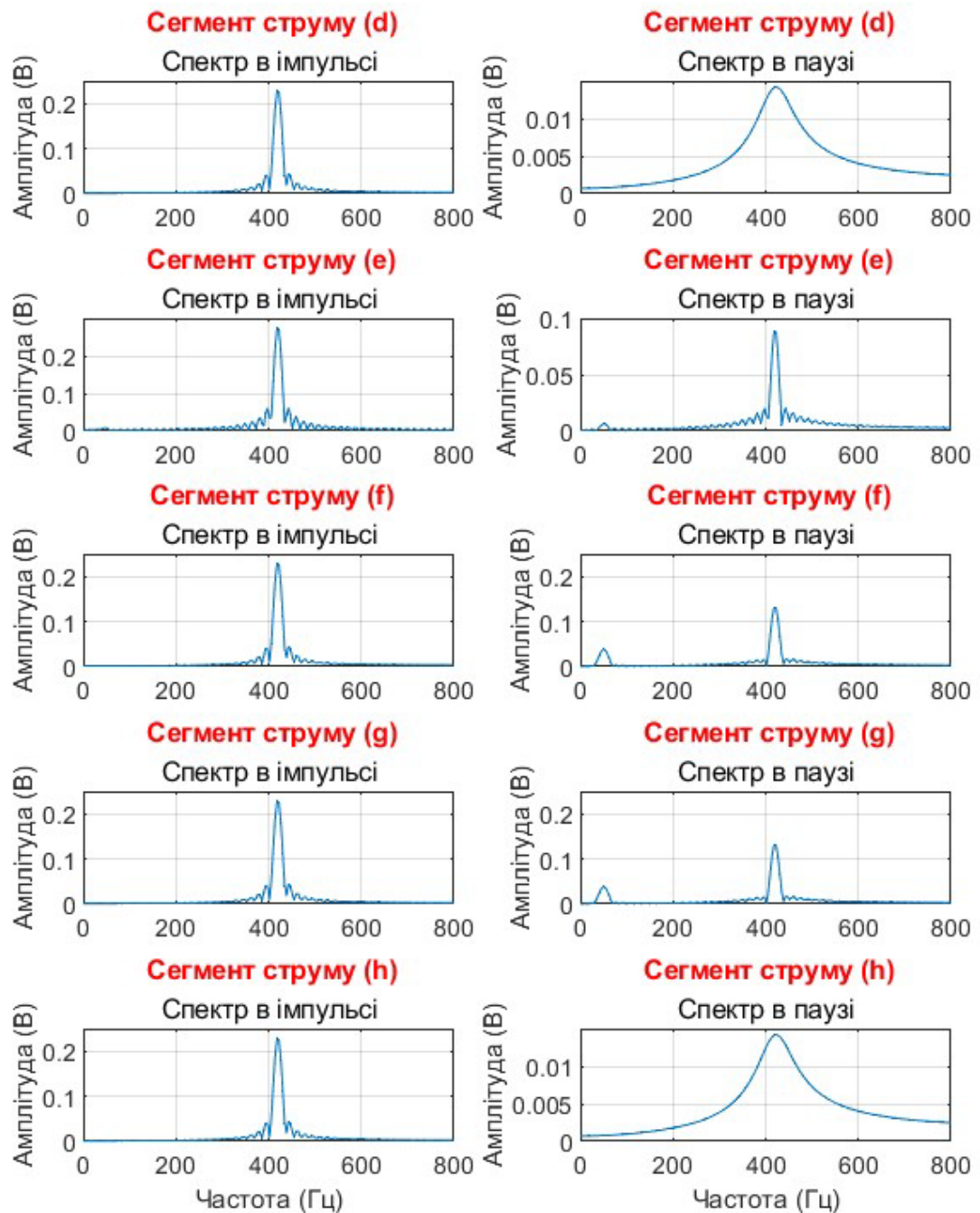


Рисунок 3.12 – Спектральний склад струму в імпульсах і паузах сигнального струму ТРЦ для сегментів сигналів, наведених на рис. 3.7-3.11

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. На безпечність функціонування ТРК впливають електричні завади від тягового струму, що протікає разом з сигнальним струмом ТРК, а також електромагнітні завади від інших джерел, намагнічування рейок, несправності елементів рейкових кіл і ще багато інших факторів. Спотворення сигнального струму під їх дією може привести до неправильного його декодування і, як наслідок, збою в роботі системи керування рухом поїздів.
2. Для забезпечення безпеки руху поїздів параметри сигнального струму вимірюють під час планово-попереджувального обслуговування ТРК. При цьому вимірюється напруга на генераторі і колійному приймачі. Ці вимірювання відбуваються у ручному режимі, потребують багато часу і результати вимірювання впливають суб'єктивні фактори. До того ж для повного аналізу необхідно провадити вимірювання напруги окремо в імпульсах і паузах сигнального струму.
3. Вимірювання параметрів напруги на вході колійного приймача на частотах в полосі його пропускання можливе з використанням Фур'є перетворення струму.
4. Сигнальний струм є неперіодичний із завадами, які мають випадковий характер. Тому класичне Фур'є перетворення непридатне для спектрального аналізу сигнального струму.
5. В роботі використане віконне перетворення Фур'є.
6. Шляхом спектрального аналізу напруги на вході колійного приймача окремо в імпульсах і в паузах показано, що напруга завад в деяких паузах перевищує 0.3 В, що може викликати тимчасові збої в роботі колійного приймача.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гаврилюк В. І. Ймовірнісна модель впливу тягового струму на рейкові кола // В.І Гаврилюк, А.В. Завгородний // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. –2010. –№ 4. –С. 73-76.
2. Гаврилюк, В. І. Розробка математичної моделі для дослідження електромагнітних завад від тягових перетворювачів з асинхронним двигуном / В. І. Гаврилюк, В. І. Щека // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2010. – № 31. - С. 221–225.
3. Hololobova O. O., Havryliuk V. I. Application of fourier transform and wavelet decomposition for decoding the continuous automatic locomotive signaling code // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту, 2017. - № 1 (67) С. 7-17
4. Romantsev I., Havryliuk V. I. Experimental determination of basic data for probabilistic research of electrical tonal track circuit // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті, 2017, № 14. Р. 87-93.
5. Havryliuk V. I. The accuracy of traction current harmonics parameters determination by windowed FFT // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті, 2018. - № 15. С. 11-18..
6. Havryliuk V. I. Using the wavelet decomposition method for monitoring of amplitude-manipulated signals of railway automation // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті, 2018. - № 16. 17-23.
7. Havryliuk V., Leferink F., Serdiuk T., Meleshko V. The accuracy of traction current harmonics parameters determination by windowed FFT. Матеріали 79 Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту»
8. Havryliuk V. Detecting of Signal Distortions in Cab Signalling System Using ANFIS and WPESE // IEEE IEPS-2020 Istanbul, Turkey
9. Hololobova O., Buriak S., Havryliuk V. Mathematical modelling of the communication channel between the rail circuit and the inputs devices of

automatic locomotive signalization //MATEC Web of Conferences 294, 03009 (2019) <https://doi.org/10.1051/mateconf/201929403009>

10. Havryliuk V. Wavelet Based Detection of Signal Disturbances in Cab Signalling System //2019 International Symposium on Electromagnetic Compatibility-EMC EUROPE. – IEEE, 2019. – P. 94-99.
11. Havryliuk V. Audio frequency track circuits monitoring based on wavelet transform and artificial neural network classifier //2019 IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON). – IEEE, 2019. – C. 491-496.
12. Havryliuk V. The Wavelet Based Detecting of the Signalling Relay Armature Defects //2019 IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON). – IEEE, 2019. – C. 507-512.
13. Havryliuk V. Modelling of the distribution of return traction current harmonics in electrically asymmetric rails //2020 International Symposium on Electromagnetic Compatibility-EMC EUROPE. – IEEE, 2020. – C. 1-6.
14. Havryliuk V. Detecting of signal distortions in cab signalling system using ANFIS and WPESE //2020 IEEE 4th International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS). – IEEE, 2020. – C. 231-236.
15. Havryliuk V. ANFIS Based Detecting of Signal Disturbances in Audio Frequency Track Circuits //2020 IEEE 2nd International Conference on System Analysis & Intelligent Computing (SAIC). – IEEE, 2020. – C. 1-6.