

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

**ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ
ТА ТЕХНОЛОГІЙ**

**Кафедра автоматики та комп'ютерного телекерування
рухом поїздів**

**ПЕРЕДАВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ З РЕЙКОВИХ КІЛ
НА БЕЗПЛОТНИЙ ПОЇЗД**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторних робіт**

з дисципліни

***«ІННОВАЦІЙНІ СИСТЕМИ СИГНАЛЬНОГО АВТОРЕГУЛЮВАННЯ
ТА БЕЗПЛОТНІ ПОЇЗДИ»***

Харків 2024

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри автоматики та комп'ютерного телекерування рухом поїздів 02 лютого 2024 р., протокол № 6.

Описано методику вивчення та аналізу принципів побудови і дії рейкових кіл приймальних локомотивних пристроїв. Наведено їхні технічні характеристики, принципові схеми й основні принципи функціонування, застосування цих приладів для безпілотних поїздів.

Методичні вказівки призначено для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» всіх форм здобуття освіти, що вивчають курс дисципліни «Інноваційні системи сигнального авторегулювання та безпілотні поїзди» і на інших рівнях вищої освіти та напрямках (програмах) підготовки студентів та магістрантів за рішенням лектора.

Укладачі:

доц. А. А. Прилипко,
старш. викл. О. В. Лазарєв

Рецензент

доц. О. О. Сосунов

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Лабораторна робота 1. ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЙКОВИХ КІЛ.....	
Лабораторна робота 2. ЛОКОМОТИВНІ ПРИСТРОЇ АЛСН: ПРИЙМАЛЬНІ КОТУШКИ, ФІЛЬТР ФЛ-25/75М.....	21
Список літератури.....	46

ВСТУП

Здобувачі вищої освіти зобов'язані завчасно підготуватися до лабораторного заняття:

- ознайомитися з інструкцією до виконання роботи;
- підготувати протокол (*заготовку звіту*) та самостійно відповісти на запитання, наведені в інструкції. *Звіт* має містити такі пункти: назва лабораторної роботи, її мета, схема лабораторної установки, таблиці спостережень, а також графіки, діаграми та висновки.

Здобувачі повинні пред'явити викладачу протоколи для перегляду та відповісти на запитання, після чого *здобувач* може приступати до роботи. Здобувачі, які виявилися непідготовленими до занять, не допускаються до *відпрацювання роботи*.

Закінчивши дослідну частину роботи, кожний здобувач пред'являє викладачеві для підпису протокол з результатами досліджень. Якщо дані спостережень незадовільні або не були показані керівнику, робота вважається невиконаною.

Результати вимірювань при виконанні лабораторної роботи мають бути занесені у відповідні таблиці. Всі схеми, таблиці і графіки мають відповідати стандартам [8]. Елементи електричних схем та їхні позначення виконуються за допомогою креслярських інструментів або спеціальної лінійки з елементами електричних і функціональних схем, позначення яких відповідають вимогам Держстандартів.

Графіки та векторні діаграми викреслюються в масштабі також за допомогою креслярського приладдя. В одних координатних осях допускається побудова декількох графіків у відповідних масштабах. Для побудови криволінійного графіка необхідно мати не менше п'яти точок.

Наприкінці слід зробити висновки з результатів досліджень, в яких показати відповідність експериментів теоретичним положенням, а також причини можливих похибок.

Під час експлуатації електрообладнання, в процесі виконання лабораторних робіт слід пам'ятати про техніку безпеки.

Лабораторна робота 1

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЙКОВИХ КІЛ

Мета роботи – дослідження особливостей роботи рейкових кіл на прикладі кола постійного струму з безперервним живленням і кодового рейкового кола для забезпечення безпечного руху та місцезнаходження безпілотних поїздів.

1.1 Рейкове коло постійного струму

1.1.1 Загальні положення

Електричне коло, у якому провідниками струму є залізничні рейки, називається *рейковим колом* (РК). **Основним призначенням РК є контроль вільного (зайнятого) стану ділянки колії** і контроль цілісності рейкових ниток. Крім того, РК може використовуватися як канал зв'язку при передаванні інформації з колії на локомотив і служити каналом зв'язку між сигнальними точками (світлофорами) автоблокування. На залізницях України застосовується багато різних типів РК залежно від роду тяги, рівня завад і функцій, ними виконуваних. Принцип роботи будь-якого рейкового кола ілюструє рисунок 1.1.

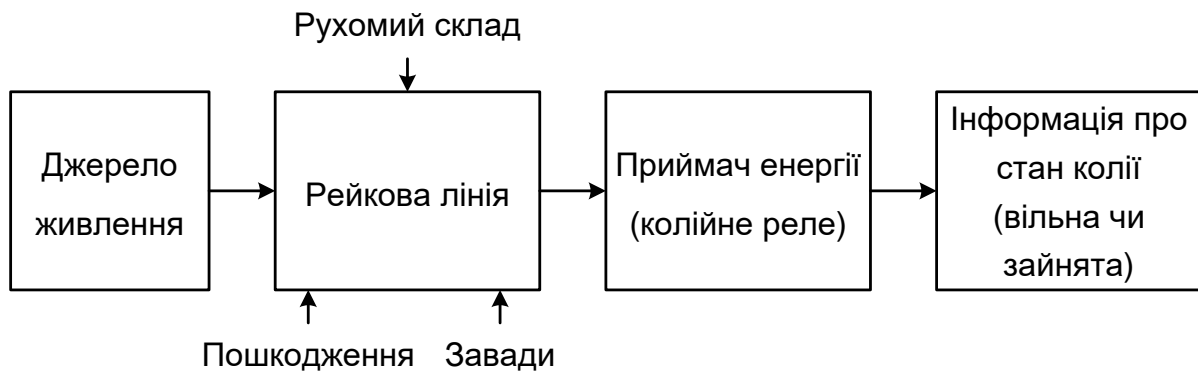


Рисунок 1.1 – Структурна схема роботи рейкового кола

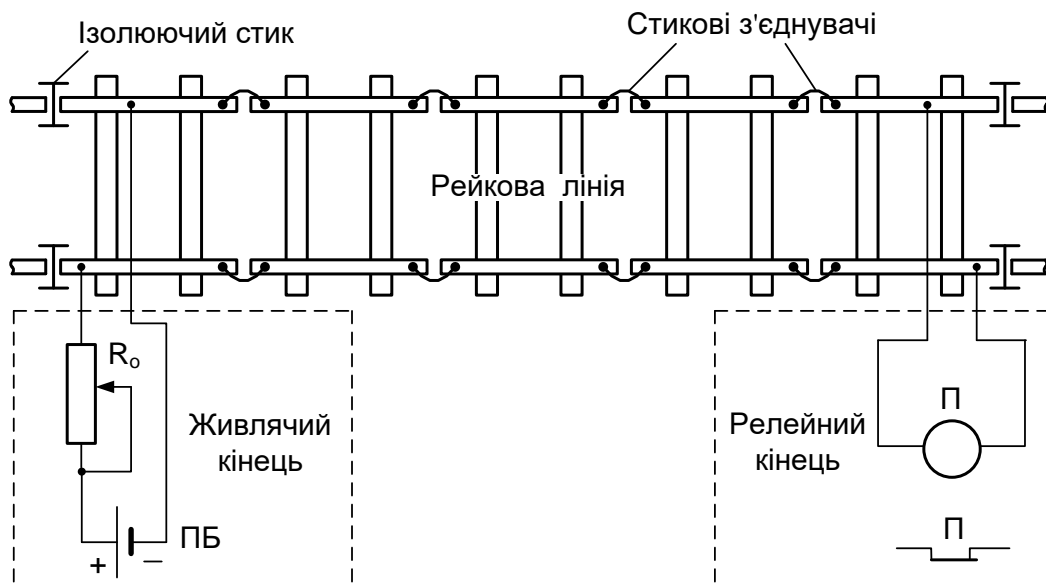
Від джерела живлення (рисунок 1.1) електрична напруга та струм надходять до рейкової лінії. Рейки є елементом, який сприймає зовнішні впливи на рейкове коло, а саме рухомий склад, пошкодження, завади. На виході рейкового кола підключене колійне реле, яке фіксує надходження електричного струму з рейкової лінії. За станом колійного реле можна дізнатися про вільність чи зайнятість певної ділянки колії. Якщо рейкова лінія вільна від рухомого складу та непошкоджена, то електричний струм від джерела живлення проходить по рейковій лінії та надходить до колійного реле, яке вмикається й тим самим надає інформацію про вільність ділянки колії. При вступі рухомого складу на рейкову лінію колісні пари електрично з'єднують рейки між собою, внаслідок чого струм на виході рейкової лінії зменшується. Це фіксується колійним реле, що знеструмлюється, та тим самим дає інформацію про зайнятість рейкового кола. При пошкодженні, наприклад при обриві будь-якого елемента, електричне коло розривається (оскільки всі елементи рейкового кола ввімкнені послідовно), струм зникає, а колійне реле знеструмлюється (вимикається).

Класифікуються РК так:

1) за способом вмикання колійного реле: нормально розімкнені і нормально замкнені;

- 2) родом живлення: постійного і змінного струму;
- 3) режимом живлення: з безперервним, імпульсним або кодовим;
- 4) способом каналізації тягового струму: однопиткові і двопиткові.

Найпростішим видом є нормально замкнене РК постійного струму з безперервним живленням (рисунки 1.1, 1.2).



Рисунки 1.1, 1.2 – Нормально замкнене рейкове коло постійного струму з безперервним живленням

Воно містить три основні складові:

- живильний (передавальний) кінець;
- рейкову лінію з ізолюючими стиками;
- релейний (приймальний) кінець.

Живильний (передавальний) кінець містить джерело струму – колейну батарею ПБ і резистор R_0 , що обмежує струм.

Рейкова лінія складається з рейкових ниток із стиковими з'єднувачами.

Релейний (приймальний) кінець містить приймач інформації – колейне реле П (1-го класу надійності, типу НМШ).

Ізолюючі стики призначені для ізолювання РК від суміжних РК та інших обхідних електричних кіл.

Резистор R_0 , окрім обмеження струму, виконує ще функцію регулювання рейкового кола при зміні довжини рейкової лінії.

Принцип дії РК при контролі стану ділянки колії і рейкових ниток. При вільному стані ділянки колії та цілісності рейок електричний струм тече від колійної батареї крізь обмотку колійного реле П, і воно перебуває під струмом. При зламі рейки струм припиняється, та реле П знеструмлюється. При зайнятому стані ділянки колії обмотка реле П шунтується колісними парами поїзда, електричний опір кожної з яких набагато менше, ніж опір обмотки реле П. Струм крізь обмотку реле П стає нижче порога відпадання якоря та реле П знеструмлюється.

РК працюють у значно більш важких умовах, ніж будь-які інші лінії зв'язку, тому що їхні провідники-рейки погано електрично ізолювані від землі й одна від одної. Ізоляторами рейок є шпали, занурені в баластовий прошарок. Шпали і баласт значною мірою змінюють свою електричну провідність залежно від наявності в них вологи, змін навколишньої температури й інших чинників. Тому опір ізоляції r_i рейкового кола є дуже низьким і нестабільним, змінюється від 0,25 до 100 Ом·км.

Ланки рейок у більшості випадків мають невелику довжину (12,5 і 25 м) і з'єднуються між собою сталевими накладками, що не створює надійного електричного контакту. Тому опір рейок змінюється в значних межах, незважаючи на встановлення стикових з'єднувачів.

До РК ставлять такі **основні вимоги**:

- за відсутності рухомого складу на рейковому колі має подаватися інформація про її вільність;

- наявності на РК хоча б однієї колісної пари рухомого складу або при пошкодженні рейки чи будь-якого елемента рейкового кола має подаватися інформація про її зайнятість.

Зазначені вище вимоги мають виконуватися при найбільш несприятливих умовах, у яких може опинитися РК.

Виходячи з цих вимог розрізняють **три основних режими РК: нормальний, шунтовий і контрольний** і два додаткових (рисунок 1.3). На умови роботи РК у кожному з режимів впливають три незалежні змінні величини: опір ізоляції, опір рейок та напруга джерела.

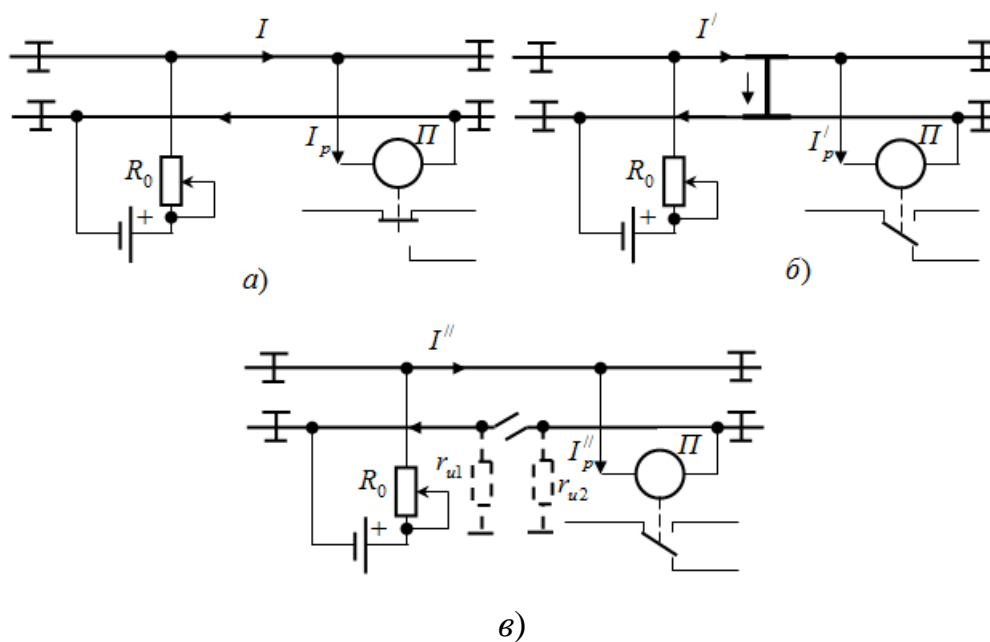


Рисунок 1.3 – Робота рейкового кола в нормальному (а), шунтовому (б) та контрольному (в) режимах

Для **нормального** режиму **несприятливими** є такі значення змінних величин, при яких струм у приймачі стає *мінімальним*: максимальний опір рейок, мінімальний опір баласту, мінімальна напруга джерела живлення.

Для **шунтового** режиму **несприятливими** є такі значення цих величин, при яких струм у приймачі є *максимальним*: мінімальний опір рейок, максимальний опір баласту та максимальна напруга джерела живлення. **Чутливість** РК до накладання поїзного шунта визначає коефіцієнт шунтової чутливості $K_{Ш}$:

$$K_{Ш} = \frac{U_0}{U_{РШ}},$$

де U_0 – напруга відпадання якоря реле;

$U_{рш}$ – напруга на реле при найбільш несприятливих для шунтового режиму умовах.

Умова забезпечення шунтового режиму буде визначатися як $K_{ш} \geq 1$.

Рейкові кола не зупинилися в своєму розвитку. Зараз перспективними є тональні РК. Тональними рейковими колами (ТРК) називають клас рейкових кіл, частота сигнального струму яких знаходиться в діапазоні тональних частот. Сигнальні струми ТРК являють собою амплітудно-модульовані (маніпульовані) сигнали, в яких несучі синусоїдальні частоти модулюються сигналами низької частоти 8 і 12 Гц. Отже, в якості відмінних ознак сигнального струму використовуються значення несучої та частоти модуляції. Основні переваги тональних рейкових кіл:

- виключаються ізолюючі стики;
- відпадає необхідність установлення дорогих дросель-трансформаторів;
- поліпшені умови протікання зворотного тягового струму по рейковим ниткам;
- підвищується завадозахищеність рейкового кола;
- підвищується чутливість приймача і, як наслідок, зменшується потужність, яка споживається тональними рейковими колами.

Наступним кроком в розвитку РК є мікропроцесорні тональні рейкові кола.

Частина 1

1.1.2 Опис робочого місця

Робота виконується на макеті штучного РК, до складу якого входить штучна рейкова лінія загальною довжиною 2500 м, що складається з п'яťох ланок (рисунок 1.4).

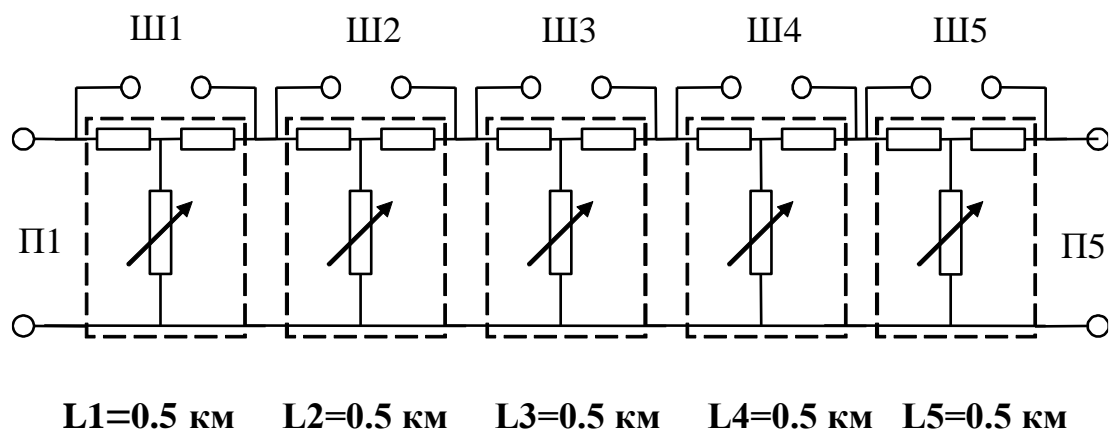


Рисунок 1.4 – Електрична схема штучної рейкової лінії

Кожна ланка зібрана за Т-подібною схемою заміщення та еквівалентна реальній рейковій лінії довжиною 500 м. Необхідна довжина рейкової лінії досягається шляхом шунтування шунтами Ш1 - Ш5 зайвих ланок. При цьому перемикачі опору ізоляції П1 – П5 зайвих ланок встановлюються в положення «∞». У ланках, що ввімкнені у РК, встановлюють необхідну величину опору ізоляції за допомогою перемикачів П1 - П5.

Апаратура живильного та релейного кінців у РК підключається до крайніх клем штучної рейкової лінії.

1.1.3 Методика виконання роботи

1.1.3.1 Підготовка до допуску

За конспектом лекцій, методичними вказівками і зазначеною в них літературою [1 – 5] розібратися з роботою РК, ознайомитися з призначенням, класифікацією, режимами роботи та принципом дії РК, розібратися в будові макета та методиці проведення лабораторної роботи.

1.1.3.2 Провести регулювання РК і дослідити його роботу в нормальному режимі

Як колійне реле використовується реле типу НМШ2-2, у якого напруга спрацювання становить $U_{СП} = 0,27$ В, напруга відпускання якоря – $U_0 = 0,11$ В, а робоча напруга - 0,4 В. Максимально допустима напруга (напруга перевантаження) – 1,08 В.

1.1.3.3.1 Зібрати рейкову лінію заданої довжини (задається викладачем). Установити питомий опір ізоляції 1 Ом · км.

1.1.3.3.2 Підібрати такий опір R_0 , при якому напруга на реле дорівнює напрузі спрацювання (дорівнює 0,27 В). Пересвідчитись у тому, що реле спрацювало.

1.1.3.3.3 Користуючись перемикачами П1 – П5 у РК, вмикати по черзі опори ізоляції 1, 2, 5, 20 Ом·км та при кожному з них вимірювати напругу U_p на колійному реле П. При цьому опір R_0 треба залишати незмінним.

Дані вимірювань занести до таблиці 1.1, урахуваючи, що повний опір ізоляції визначається з урахуванням довжини рейкового кола. Повний опір ізоляції РК залежно від його довжини L і питомого опору ізоляції r_i розраховується з виразу

$$R_i = \frac{r_i}{L}.$$

Таблиця 1.1

Довжина РК L , км	Питомий опір ізоляції r_i , Ом	Повний опір ізоляції R_i , Ом	Напруга на реле U_p , В
	1		
	2		
	5		
	20		

1.1.3.3.4 За даними таблиці 1.1 побудувати графік залежності $U_p=f(r_i)$.

1.1.3.4 Дослідити роботу РК у шунтовому режимі.

1.1.3.4.1 У РК, відрегульованому за підпунктами 1.3.3.1, 1.3.3.2, установити максимальний опір ізоляції ($r_{i \max} = \infty$).

1.1.3.4.2 Накладати нормативний шунт спочатку на релейному кінці, потім через кожні 500 м рейкової лінії та, нарешті, на живильному кінці. Щоразу при накладанні шунта вимірювати напругу на реле $U_{PШ}$. Результати вимірювань записати в таблицю 1.2.

1.1.3.4.3 За даними таблиці 1.2 побудувати графік залежності коефіцієнта шунтової чутливості $K_{Ш}=f(x)$ від координати розташування шунта.

Таблиця 1.2

Координати розташування шунта (відлік від релейного кінця) x , км	Дійсна напруга на реле при шунті $U_{PШ}$, В	Коефіцієнт шунтової чутливості $K_{Ш}$
$x=0$		
$x=0.5$		
.....		

Частина 2

1.2 Кодове рейкове коло

1.2.1 Загальні положення

1.2.1.1 Кодові колійні трансмітери

Кодові колійні трансмітери формують кодові комбінації числового коду, що використовуються в системах числового кодового автоблокування та автоматичної локомотивної сигналізації. Функціонування цих систем

відбувається за рахунок кодових рейкових кіл. Складовою частиною кодового рейкового кола є кодовий колійний трансмітер.

Кодовий колійний трансмітер (рисунок 1.5) має такі *основні частини*: редуктор, який складається з черв'яка 2 і шестерні 3, що знижує оберти двигуна 1; кулачкових шайб 4, 5 і 6 з контактами. Кулачкові шайби з різною кількістю виступів при обертанні по колу замикають і розмикають контакти. Характер імпульсів, що виробляються трансмітером типу КПТШ-515 за один оберт шайб, наведений на рисунку 1.5.

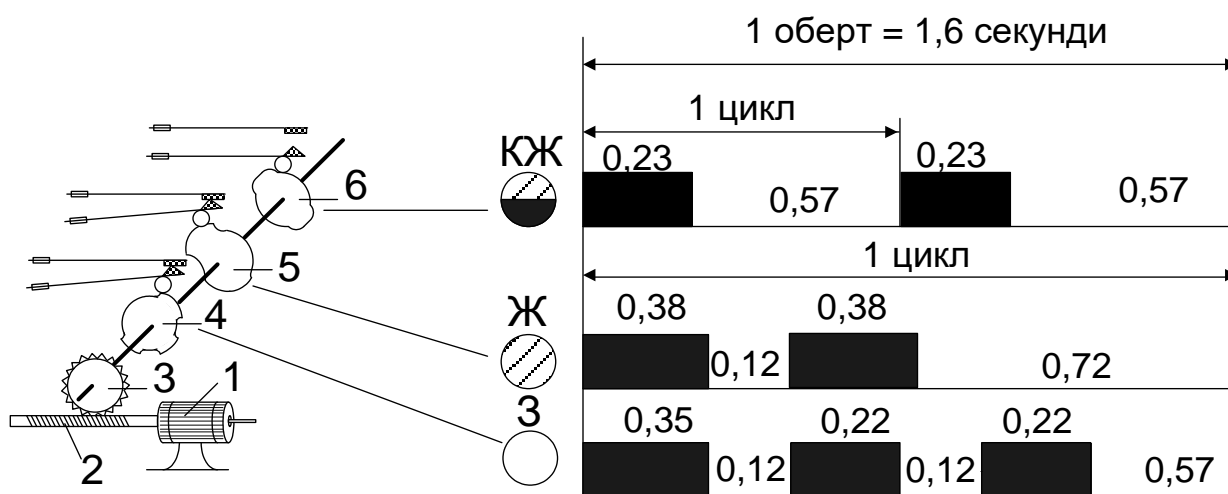


Рисунок 1.5 – Конструкція та характеристики кодового колійного трансмітера типу КПТШ-515

Кулачкова шайба 4 за один оберт створює три замикання контактів, виробляючи числовий код, що складається з трьох імпульсів у циклі (код зеленого вогню – З), кулачкова шайба 5 – два замикання контакту, виробляючи числовий код, що складається з двох імпульсів у циклі (код жовтого вогню – Ж), а шайба 6 виробляє числовий код з одним імпульсом у циклі (код червоно-жовтого вогню – КЖ). За один оберт шайб утворюється два кодових цикли коду КЖ та по одному циклу кодів Ж та З.

1.2.1.2 Кодове рейкове коло

Коди, що виробляє КППШ використовуються в кодовому рейковому колі. При цьому на відміну від рейкового кола постійного струму з безперервним живленням (рисунок 1.2), при застосуванні кодового рейкового кола не потрібно влаштовувати додаткові кола для ув'язки показань між суміжними світлофорами.

На перегонах при електротязі на постійному струмі встановлюють кодову РК змінного струму частотою 50 Гц (рисунок 1.6), яка служить для контролю стану блок-ділянок, забезпечуючи бездротовий зв'язок між показаннями попутних прохідних світлофорів та передавання на локомотив кодів АЛС. Основними елементами такої РК є: колійний трансформатор ПТ; обмежувач Z_0 ; дросель-трансформатори ДТ-0,6 та ДТ-0,2; трансмітерне реле Т; кодовий колійний трансмітер КППШ; конденсатори С, які служать для компенсації реактивної складової струму та зменшення споживаної потужності від колійного трансформатора; фільтр ЗБФ-1, який потрібен для захисту колійного реле від гармонік тягового струму та обмеження на ньому напруги при короткому замиканні ізолюючих стиків; імпульсне колійне реле И, яке приймає кодові сигнали з рейкової лінії; дешифратор ДШ; нейтральні сигнальні реле Ж та З.

Живлення РК змінним струмом 50 Гц здійснюється від колійного трансформатора ПТ. З вторинної обмотки ПТ сигнальний струм через контакт трансмітерного реле Т, який працює в режимі коду КЖ, Ж або З, подається через дросель-трансформатор ДТ-0,6 в рейкову лінію. На релейному кінці кодові сигнали з рейкової лінії через дросель-трансформатор ДТ-0,2 та фільтр ЗБФ-1, який пропускає сигнальний струм частотою 50 Гц, а гармоніки тягового струму затримує, сприймаються імпульсним колійним реле И, яке при вільному стані РК працює в кодовому режимі в такт прийнятим з рейкової лінії кодовим імпульсам.

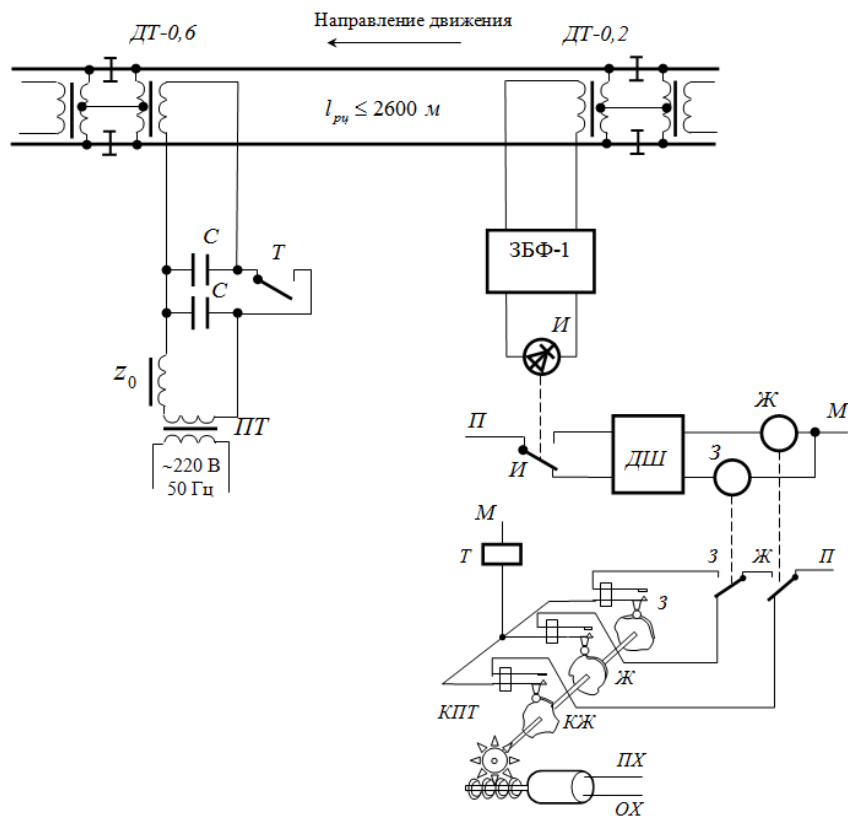


Рисунок 1.6 – Схема кодового рейкового кола частотою 50 Гц

При вступі поїзда на РК відбувається шунтування обмотки колійного реле малим опором колісних пар поїзда, напруга на обмотці реле знижується до напруги відпускання якоря та воно припиняє імпульсну роботу, фіксується зайнятий стан РК. При цьому нейтральні реле 1-го класу надійності відпускають якоря та в попередню рейкову лінію за допомогою контакту КЖ колійного трансмітера, надсилається код КЖ.

При появі на реле И коду КЖ, на виході дешифратора спрацьовує тільки реле Ж та в попереднє рейкове коло надсилається код жовтого вогню Ж. При появі на реле И коду Ж, на виході дешифратора спрацьовує реле Ж та З та в попереднє рейкове коло посилається код зеленого вогню.

1.2.2 Опис робочого місця

Виконання роботи проводиться на лабораторній установці, в яку входять:

1 штучна рейкова лінія, що складається з шести Т-подібних ланок еквівалентної довжини по 500 м зі змінним питомим опором ізоляції: 0,9; 2,5; 5; 10; 20 та max Ом x км;

2 лабораторний автотрансформатор ЛАТР-2;

3 колійний трансформатор КТ типу ПОБС-3А;

4 реактор обмежувальний Z типу РОБС-3;

5 резистор R_i та конденсатор C ; ємністю 4 мкФ, що призначені для гасіння іскри на контактах трансмітерного реле Т;

6 блок конденсаторів колійних C_k 12 x 4 мкФ типу КБГ-МН;

7 кодовий колійний трансмітер типу КПТШ-515 (КПТШ-715 або БКПТ);

8 трансмітерна чарунка типу ТШ1-65В;

9 захисний блок-фільтр типу ЗБФ-1;

10 колійний приймач – імпульсне реле типу ІМВШ-110;

11 Два дросель-трансформатори: ДТ-0,6 з коефіцієнтом трансформації n значенням 15 та ДТ-0,2 з $n = 23$;

12 вольтметри, амперметри, нормативний шунт опором 0,06 Ом.

Схема кодового рейкового кола частотою сигнального струму 50 Гц для ділянок з електротягою постійного струму наведена на рисунку 1.7, а відповідної лабораторної установки – на рисунку 1.8.

1.2.3 Методика виконання роботи

Регулювання РК виконати в такій послідовності:

1 Зібрати схему кодового рейкового кола (КРК) довжиною 2000 м, встановити мінімальний опір ізоляції рейкової лінії $R_{i \text{ мін}}$ значенням $0,9 \text{ Ом} \times \text{км}$.

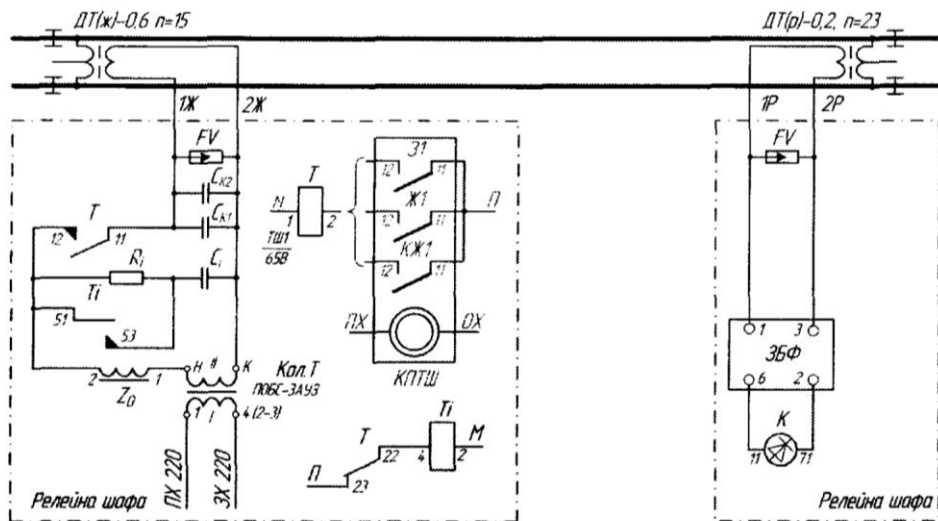


Рисунок 1.7 – Схема КРК частотою сигнального струму 50 Гц для ділянок з електротягою постійного струму

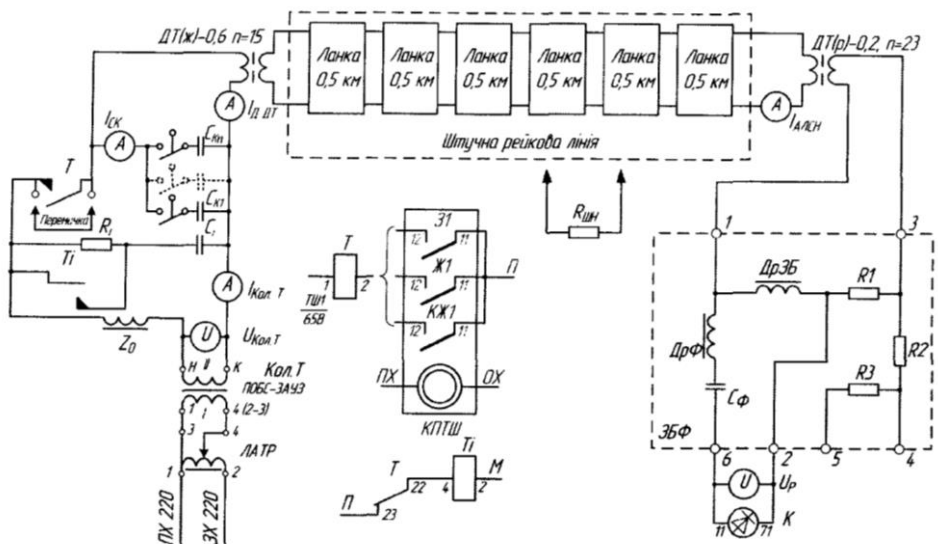


Рисунок 1.8 – Схема лабораторної установки КРК

2 Накласти перемичку на контакти 11-12 трансмітерного реле Т. Встановити C_k ємністю 20 мкФ. Ввімкнути лабораторну установку та за

допомогою ЛАТР встановити в нормальному режимі напругу на колійному реле U_p значенням 4 В. Змінюючи C_k через кожні 4 мкФ, настроїти живильний кінець у резонанс струмів. Ознаками резонансу будуть: мінімальне значення струму $I_{\text{кол т}}$, максимальне значення та рівність струмів $I_{\text{СК}}$ та $I_{\text{ддт}}$ та максимум напруги на колійному реле.

3 Накласти нормативний шунт на релейний кінець та за допомогою ЛАТР встановити нормативний струм АЛСН у рейках значенням 2 А.

4 Зняти нормативний шунт та, підбираючи параметри резисторів R1-R3 у ЗБФ при незмінному положенні ЛАТР, встановити на колійному реле значення напруги U_p , яке близьке до 3,85 В.

5 За допомогою ЛАТР провести додаткове регулювання напруги на колійному реле до значення надійного спрацювання 3,85 В та зафіксувати нові значення $U_{\text{кол т}}$, $I_{\text{кол т}}$, $I_{\text{ддт}}$, $I_{\text{АЛС}}$. U_p , які занести до таблиці за довільною формою.

6 Зняти перемичку з контакту 11-12 трансмітерного реле Т та простежити роботу КРК у нормальному режимі. Якщо колійне реле працює у відповідному кодовому режимі, то перейти до перевірки функціонування КРК в інших режимах, а за необхідності зробити додаткове регулювання.

1.3 Зміст звіту

1 Назва і мета роботи.

2 Схема РК постійного струму, призначення елементів.

3 Результати вимірювань РК у нормальному режимі у вигляді заповненої таблиці 1.1.

4 Графік залежності $U_p=f(r_i)$.

5 Результати вимірювань РК у шунтовому режимі у вигляді заповненої таблиці 1.2.

6 Графік залежності $K_{\text{ш}}=f(x)$.

7 Результати регулювання КРК у вигляді таблиці довільної форми.

8 Короткі висновки.

1.4 Самостійна робота

З метою кращого розуміння матеріалу з апаратури залізничної автоматики та більш перспективними тональними РК самостійно, за літературою [1, 4], ознайомитися з дією рейкового кола в ракурсі місцезнаходження та безпечного руху безпілотних поїздів, конструкцією і принципом дії поляризованого та комбінованого реле, а також кодового колійного трансмітера КПТШ. Оформлення роботи згідно з [8].

Контрольні запитання

1 Яке призначення РК?

2 У чому полягає класифікація РК за принципом дії, режимом і родом живлення, способом пропускання тягового струму на дільницях з електротягою?

3 З яких елементів складається РК постійного струму?

4 Який принцип дії РК при вільній і зайнятій рухомим складом рейковій лінії?

5 Які основні режими роботи РК, їх стисла характеристика?

6 Які найгірші умови для роботи РК у нормальному та шунтовому режимах?

7 Що таке коефіцієнт шунтової чутливості?

8 Якого класу надійності реле застосовуються в приладах ЗАТ?

9 За якими ознаками та як класифікуються електромагнітні реле?

10 У чому полягають основні переваги штепсельного монтажу?

11 Як вимикається «залипання» якоря після вимикання струму в обмотці та зварювання фронтів і загальних контактів?

12 Як розшифровуються позначення таких реле: НМШ1-1800, НМШ2-900, АОШ2-180/0.45?

13 Як позначається обмотка нейтрального реле у принциповій схемі?

14 Як позначаються контакти нейтрального реле у принциповій схемі?

15 Як нумеруються контакти нейтрального реле?

Лабораторна робота 2

ЛОКОМОТИВНІ ПРИСТРОЇ АЛСН: ПРИЙМАЛЬНІ КОТУШКИ, ФІЛЬТР-25/75М

Мета роботи

1 Вивчення конструкції приймальних котушок (ПК), електричної схеми та функціонування фільтра локомотивного ФЛ- 25/75М (ФЛ).

2 Дослідження ефективності функціонування ФЛ за записами сигналів числового коду автоматичної локомотивної сигналізації неперервної дії (АЛСН), отриманих на залізничних дільницях з різним родом локомотивної тяги (автономна, електротяга постійного та змінного струмів) в умовах наявності електромагнітних завад та інших дестабілізуючих чинників, що сприяли спотворенню параметрів числового коду АЛСН.

2.1 Загальні положення

Передавання сигналів числового коду з колії на локомотив в системі АЛСН можна розглядати як трансляцію інформації від одного єдиного

джерела – вихідного, живильного кінця рейкового кола (РК), що кодується, до одного єдиного приймача – пристроїв АЛСН на локомотиві, який знаходиться на цьому РК.

Процес передавання сигнальної інформації з використанням індуктивного каналу зв'язку між колійними та локомотивними пристроями АЛСН практично завжди підвладний помилкам внаслідок завад, що вносяться фізичними умовами, при яких протікає цей процес. Виниклі з різних причин як природних, так і штучних, ці завади завжди обмежують досягнути точність передавання та приймання, справляючи негативний вплив на безпеку руху поїздів.

Тракт приймання та оброблення сигналів числового коду в локомотивних пристроях АЛСН має такі конструктивні складові (рисунок 2.1): ФЛ – фільтр локомотивний, до складу якого входять дві з'єднані між собою послідовно зустрічно приймальні котушки (ПК1, ПК2); УК – підсилювач локомотивний з імпульсним реле (ІР) на виході; ДШ – релейний дешифратор числового коду; ЛС – локомотивний світлофор.

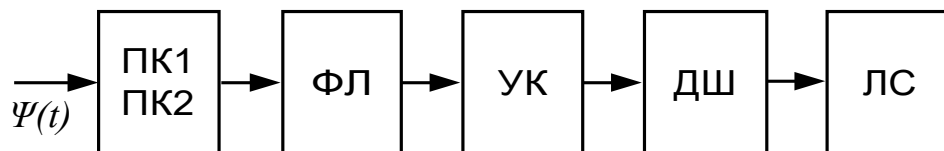


Рисунок 2.1 – Структурна схема локомотивних пристроїв АЛСН

Вхідний локомотивний пристрій АЛСН (ВЛП) складається з локомотивних приймальних котушок та локомотивного фільтра. ПК, ФЛ та УК складають локомотивний приймач (ЛП), що здійснює приймання, підсилення та перетворення амплітудно-маніпульованого сигналу у кодові імпульсні послання постійного струму. Ці імпульси далі подаються на вхід дешифратора АЛСН для оброблення інформаційного повідомлення, що передається.

ЛП із імпульсним реле на виході має релейні властивості (аналоговий вхід і дискретний вихід), в силу чого він реагує на сигнал (струм) у рейках вище певного рівня.

Наведені складові тракту приймання та попереднього оброблення сигналів числового коду відіграють відповідну роль в загальному показнику заводозахищеності пристроїв АЛСН на локомотиві.

2.2 Конструкція та технічні характеристики локомотивних приймальних котушок

Односторонній індуктивний зв'язок рейок, як провідників, по яких протікає струм локомотивної сигналізації, з приймальними пристроями АЛСН здійснюється за допомогою ПК (рисунок 2.2) [7].

Феромагнітне розімкнене осердя 1, що згущує магнітний потік, який утворюється струмом в рейках, набране з листів трансформаторної сталі марки Э42 товщиною 0,35 – 0,4 мм, ізольованих один від одного покриттям краскою.

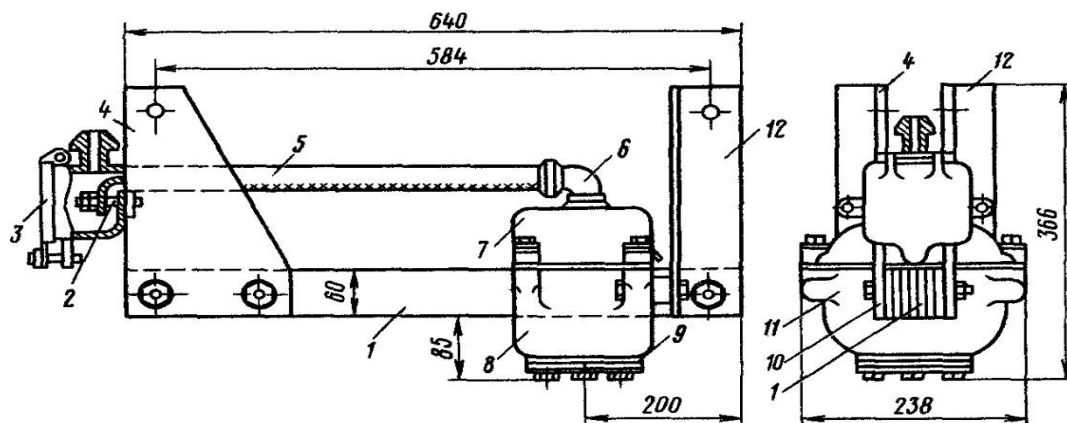


Рисунок 2.2 – Конструкція локомотивної приймальної котушки

Це зменшує втрати в осерді від вихрових струмів. Листи осердя 1 стиснуті з боків двома сталевими поздовжніми щоками 10 за допомогою

наскрізних болтів, які електрично ізольовані від осердя 1 та поздовжніх щік 10.

Обмотка ПК має 3125 витків мідного проводу марки ПЭТВ діаметром 0,41 – 0,51 мм і знаходиться в алюмінієвому захисному кожусі, що розділений на верхню 7 та нижню 8 частини, ізольовані одна від одної резиновою прокладкою та стягнуті між собою болтами 11, які також ізольовані від верхньої частини кожуха 7 ізольованими втулками та шайбами. Це запобігає утворенню з захисного кожуха 7, 8 короткозамкненого витка, що екранував би обмотку ПК від дії магнітного потоку. Обмотка в кожусі залита ізолюючим компаундом з трансформаторного масла та бітуму (через отвір у нижній частині, що закритий фланцем 9). Виводи від обмотки виконані гнучким проводом (1,4 мм²) і виведені назовні через штуцер кожуха 6 та шланг з резинотканини 5.

ПК випускаються у кількох варіантах виконання: за призначенням (для роботи у відповідних системах АЛСН – числового коду або будь-якій багатозначній АЛС із швидкістю руху поїздів до 200 км/год); конструкцією виконання (залежно від роду локомотивної тяги); електричними параметрами (таблиця 2.1).

Електровазні котушки типу ПЭ (вони ж використовуються для моторвагонного рухомого складу та паровозів) мають гарнітуру з косинок 4 та косинців 12 для підвішування ПК на рамі локомотива та клемну коробку 3 з двоштирною клемою 2, яка кріпиться на косинку 4. Тепловозні ПК не мають косинок та косинців і закріплюються безпосередньо на колієочишувачі.

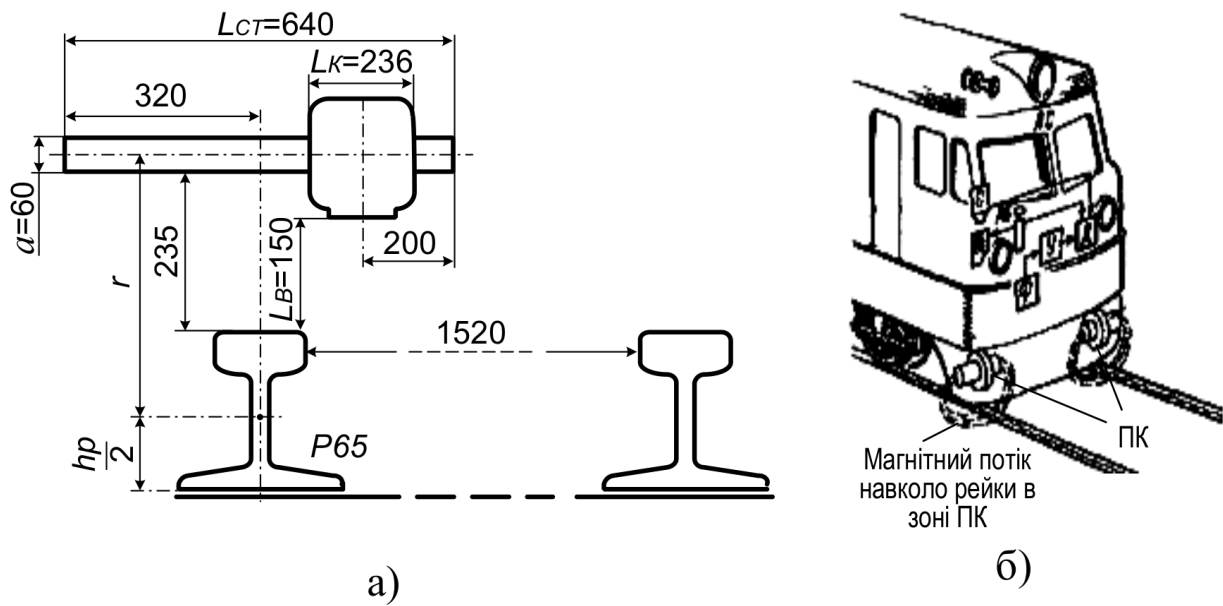
Таблиця 2.1 – Технічні характеристики різних типів ПК

Тип ПК	Призначення	Індуктивність, Гн	Опір постійному струму, Ом	Добротність, не менше	Наведена ЕРС, мВ, не менше *)			Вага, кг
					50 Гц	175 Гц	325 Гц	
КПУ-1	ПК одиночна. Робота в АЛСН числового коду та багатозначній АЛС	6,7 – 7,5 (f = 100 Гц)	100 – 120	5,0	83	260	520	10
КПУ-2	ПК спарена. Робота в АЛСН числового коду та багатозначній АЛС				75	200	410	20
ПЭ	ПК електровозна. Робота в АЛСН числового коду	7,1 ± 0,35 (f = 50 Гц)	105 – 165	3,5	0,75	-	-	40
ПТ	ПК тепловозна. Робота в АЛСН числового коду	6,0 ± 0,25 (f = 50 Гц)		4,8	0,65	-	-	27

*) Наведена ЕРС в ПК (підвішена на висоті 150 мм від нижньої грані ПК до верхньої грані головки рейки) зі струмом в рейках:
для КПУ – 1 А; ПЭ, ПТ – 10 А

ПК підвішуються перед першою колісною парою локомотива, електро- та дизель-поїзда і мають розміщуватися так, щоб на прямій ділянці колії середина осердя знаходилася над віссю ходової рейки, а нижня частина обрису котушки була вище рівня головки рейки на 175 ± 5 мм (рисунок 2.3). Однак внаслідок прокату бандажів коліс локомотива висота підвісу ПК над рейками зменшується.

Для нормальної роботи АЛСН та забезпечення вимог габариту рухомого складу Т висота підвісу L_B котушок має бути у межах 100–180 мм. ПК на електровозах підвішуються не ближче ніж 1500 мм від першої колісної пари, крім того необхідно враховувати, що на кривих ділянках колії вісь осердя не має зміщатися відносно ходової рейки більше ніж на 200 мм.



а) над рейкою; б) на локомотиві

Рисунок 2.3 – Розміщення ПК

Використання довгого осердя (640 мм) дає змогу отримати достатнє значення взаємної індуктивності між рейками та ПК, що також зменшує залежності індукованої ЕРС в ПК при вертикальних та горизонтальних суміщеннях ПК відносно рейки під час руху поїзда.

З іншого боку, здовження осердя спричинило збільшення ваги ПК та витрат трансформаторної сталі.

Частина магнітного потоку замикається навколо рейки у повітряному проміжку між рейкою та осердям і, не перетинаючи витки котушки, не бере участі у наведенні ЕРС.

Наведена ЕРС залежить від конструктивних особливостей ПК. За довжиною осердя L_{CT} магнітний потік різний. При більшій ширині пакета осердя захоплює більшу частину потоку рейки, тому ЕРС, що наводиться в ПК, зростає. У меншому ступені на зростання ЕРС впливає висота осердя a . Зростає ЕРС також із збільшенням довжини осердя до визначених розмірів.

У зв'язку з нерівномірним розподілом потоку по довжині осердя L_{CT} наведена ЕРС залежить від довжини котушки L_K і місця її розміщення на

осерді, причому найбільшого значення ЕРС набуває при розміщенні котушки в центрі осердя.

Значно впливає на ЕРС положення осердя ПК відносно рейки. При меншому зазорі між центром осердя ПК і віссю струму в рейках ЕРС зростає внаслідок більшого охопту осердям магнітного потоку. При зміщенні центру осердя від осі рейки ЕРС в ПК зменшується, і тим помітніше, чим менше довжина осердя.

Відстань між осердям ПК і рейкою у процесі експлуатації локомотива не залишається постійною унаслідок зношення бандажів колісних пар та їхнього проточування при ремонті рухомого складу. При русі локомотива по кривих ділянках колії центр осердя ПК зміщується відносно осі рейки, що також впливає на величину ЕРС, індукованої в ПК. Загалом фактори, що визначають значення магнітного потоку в осерді ПК, важко піддаються точному обліку.

Наближено ЕРС E_1 в одній ПК з довжиною осердя L_{CT} , площею поперечного перерізу S і кількістю витків w може бути визначено за такими рівняннями [7]:

$$H_{CT} = \frac{0,2 \cdot I \cdot \sqrt{2}}{r}; \quad m = \frac{\frac{L_{CT}}{d}}{2,72 \cdot \lg\left(\frac{L_{CT}}{d}\right) - 0,69};$$

$$B_{CT} = \frac{m \cdot \mu}{m + \mu - 1} \cdot H_{CT}; \quad E_1 = 4,44 \cdot f \cdot w \cdot B_{CT} \cdot S \cdot 10^{-3},$$

де H_{CT} – амплітуда напруженості магнітного поля в центрі осердя АПК, розмішеній над рейкою, А/м;

I – ефективне значення струму в рейці, А;

r – відстань від центру осердя до осі струму в рейці, мм;

m – емпіричний коефіцієнт, що враховує зв'язок між індукцією та напруженістю магнітного поля в розімкненому осерді циліндричної форми

з довжиною L_{CT} та еквівалентним діаметром d для перерізу з площею S , що відрізняється від кола за умовою $6 < L_{CT}/d < 37$;

B_{CT} – індукція магнітного поля в осерді, обчислюється при відносному проникненні сталі μ та формі осердя, яка враховується коефіцієнтом m , Тл;

f – частота сигнального струму в рейках, Гц;

w – кількість витків обмотки ПК.

Оскільки у дійсності розподілення магнітної індукції B_{CT} по перерізу осердя значно відрізняється від рівномірного, тому обчислена за наведеними вище формулами індукція є наближеною. Це також пояснюється тим, що саме зовнішнє магнітне поле не є однорідним.

Для точного визначення ЕРС в ПК використовують експериментальні криві взаємної індуктивності $M_{ПР}$ (між рейками та ПК з визначеними конструктивними розмірами), які враховують положення ПК відносно рейки. Дві ПК, що розміщені над різними рейками, з'єднуються послідовно зустрічно. Тоді за рахунок того, що струм у одній рейці протікає в одному напрямі, а в другій рейці – у зворотному напрямі, сумарна ЕРС, що наводиться в обох ПК струмом I_K частотою f ,

$$\dot{E} = j \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot (M_{1ПР} + M_{2ПР}) \cdot \dot{I}_K .$$

При зміщенні центрів осердя обох ПК в кривих ділянках колії або коливаннях кузова локомотива під час руху одна з ПК віддаляється від осі «своїї» рейки, а друга ПК до осі «своїї» рейки наближається (рисунок 2.3 а – котушка зміщена відносно осі рейки у бік міжколійя). В результаті сумарна ЕРС ($E_1 + E_2$) практично не змінюється.

В схемі заміщення ПК (рисунок 2.4) послідовно з джерелом ЕРС – E_1 та E_2 , що є наведеними в ПК1 та ПК2 від дії магнітного поля, утвореного сигнальним струмом в рейках, включено котушки індуктивності з

параметрами L_{K1} , R_{K1} , L_{K2} , R_{K2} – відповідно індуктивність та активний опір ПК1 та ПК2.

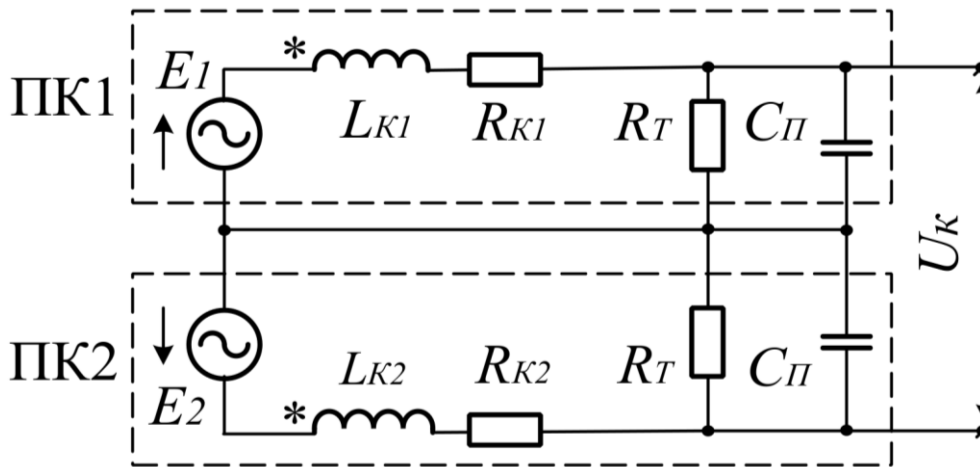


Рисунок 2.4 – Еквівалентна схема заміщення локомотивних ПК

Паралельно схемі заміщення кожної обмотки ПК включено R_T та C_{II} – відповідно активні втрати в металевих частинах кріплення і кожуха ПК від вихрового струму та паразитна ємність між витками обмоток. Сумарна напруга U_K від ЕРС E_1 та E_2 , що наведені у двох ПК, подається на вхід локомотивного фільтра ФЛ-25/75М або на вхід підсилювача УК-25/50М-Д відповідно до частоти сигнального струму АЛСН 25 або 50 Гц.

2.3 Конструкція, схема електрична принципова та принцип роботи фільтра локомотивного ФЛ-25/75М

ПК при прийманні сигналів числового коду знаходяться ще й під впливом сторонніх електромагнітних завад, що мають більш високі й більш низькі частоти, ніж частота інформаційних сигналів АЛСН. У зв'язку з цим необхідне електричне відокремлення інформаційних сигналів АЛСН від завад, для чого використовується електричний фільтр.

На ділянках з електро- або автономною тягою, з кодовими РК 25 або 75 Гц, використовується локомотивний фільтр ФЛ-25/75М (рисунок 2.5) – двосмуговий коловий пасивний LC фільтр типу «к» з Т-подібною схемою заміщення (електрична принципова схема (рисунок 2.6)).

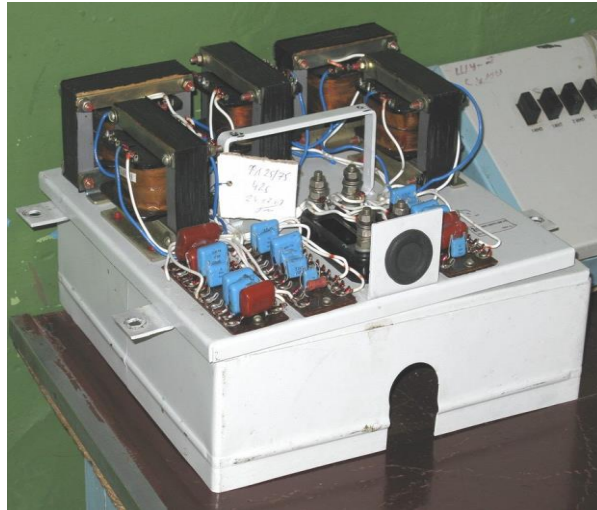


Рисунок 2.5 – Фільтр ФЛ-25/75М

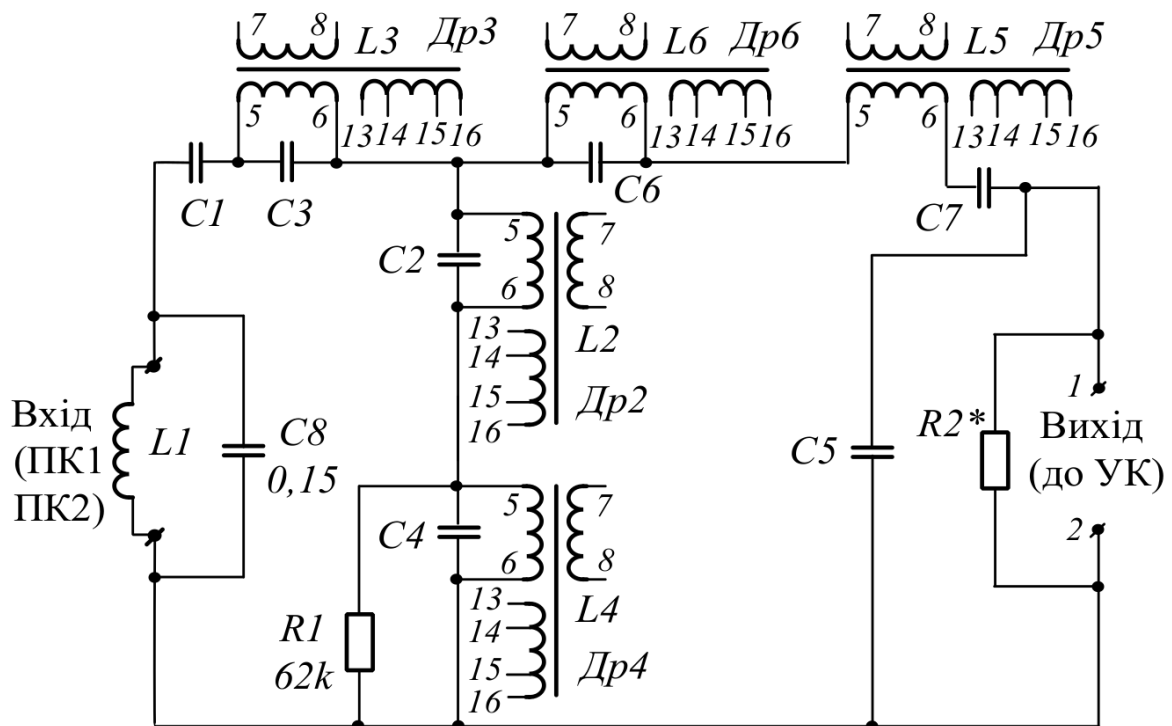


Рисунок 2.6 – Схема електрична принципова фільтра ФЛ-25/75М

Смуга пропускання ФЛ на рівні 0,7 відносно центральної частоти 25 Гц складає 10...14 Гц, коефіцієнт передавання $K_{\Pi} = 0,36$, а відносно центральної частоти 75 Гц – 20...25 Гц, $K_{\Pi} = 0,12$. Фільтр ослаблює коливання частотою 50 Гц в 1000 разів, 100 Гц – в 40 разів, 150 Гц – в 500 разів. Подавляючи й відсіюючи широкий спектр завад, ФЛ в процесі виділення сигналу числового коду є важливою ланкою в приймальних пристроях АЛСН.

У фільтрі використовуються послідовні та паралельні резонансні контури з дроселів L_i та конденсаторів C_i (реактивні двополіусники), що налаштовані на різні частоти резонансу напруг послідовних контурів та антирезонансу (резонансу струмів) паралельних контурів. Т-подібна схема заміщення ФЛ має два поздовжніх (послідовних) плеча, кожне з них утворене послідовним та паралельним контурами, між якими включено поперечне (паралельне) плече, що утворене двома паралельними контурами.

Поздовжнє (послідовне) плече з боку входу фільтра містить:

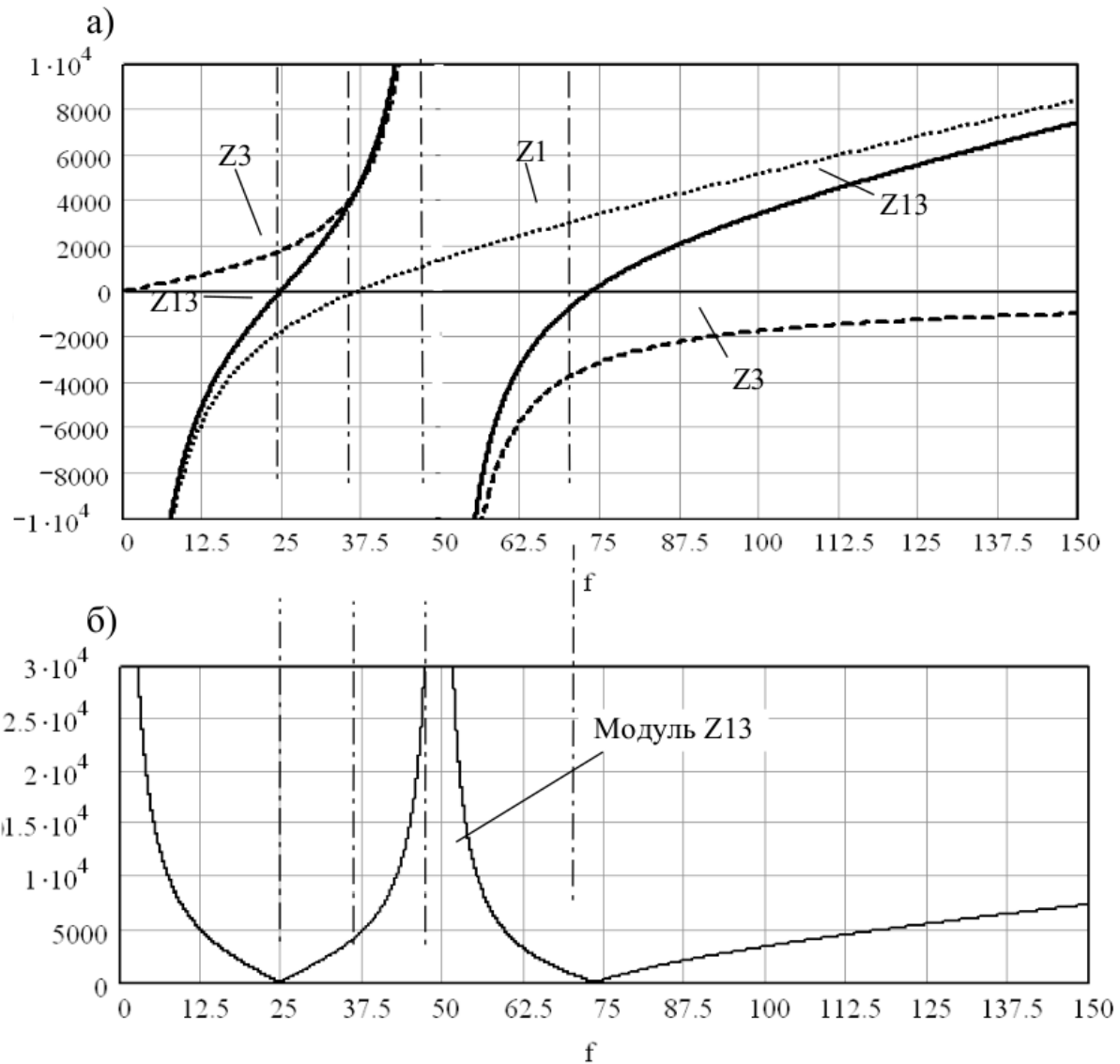
- послідовний контур з ПК та конденсатором $C1$ з резонансом на частоті 37,5 Гц (опір $Z1$ на рисунку 2.7, а);
- паралельний контур $Др3-C3$ з антирезонансом на частоті 50 Гц (опір $Z3$ на рисунку 2.7, а).

Вихідне поздовжнє плече утворене:

- паралельним контуром $Др6-C6$ (частота антирезонансу 50 Гц);
- послідовним контуром з дроселем $Др5$ і з'єднаними послідовно конденсаторами $C5, C7$ (частота резонансу 37,5 Гц).

Частотна характеристика опору вхідного послідовного плеча ФЛ (залежність опорів поздовжніх пліч з боку входу ФЛ і на його виході) носить однаковий характер і визначається частотною залежністю опорів послідовного ($L1-C1, L5-C5, C7$) та паралельного ($L3-C3, L6-C6$) контурів. На рисунку 2.7 $Z1$ та $Z3$ – опори відповідно послідовного ($L1-C1$) та

паралельного ($L3-C3$) контурів як функції частоти. Як видно з рисунка 2.7, загальний опір поздовжнього плеча $Z13$, як сума опорів послідовно з'єднаних $Z1$ та $Z3$, змінюється залежно від частоти, має мінімальні значення на частотах 25 та 75 Гц. На частоті 50 Гц та у смузі частот $f \rightarrow 0$ та $f \rightarrow \infty$ загальний опір поздовжнього плеча фільтра $Z13$.

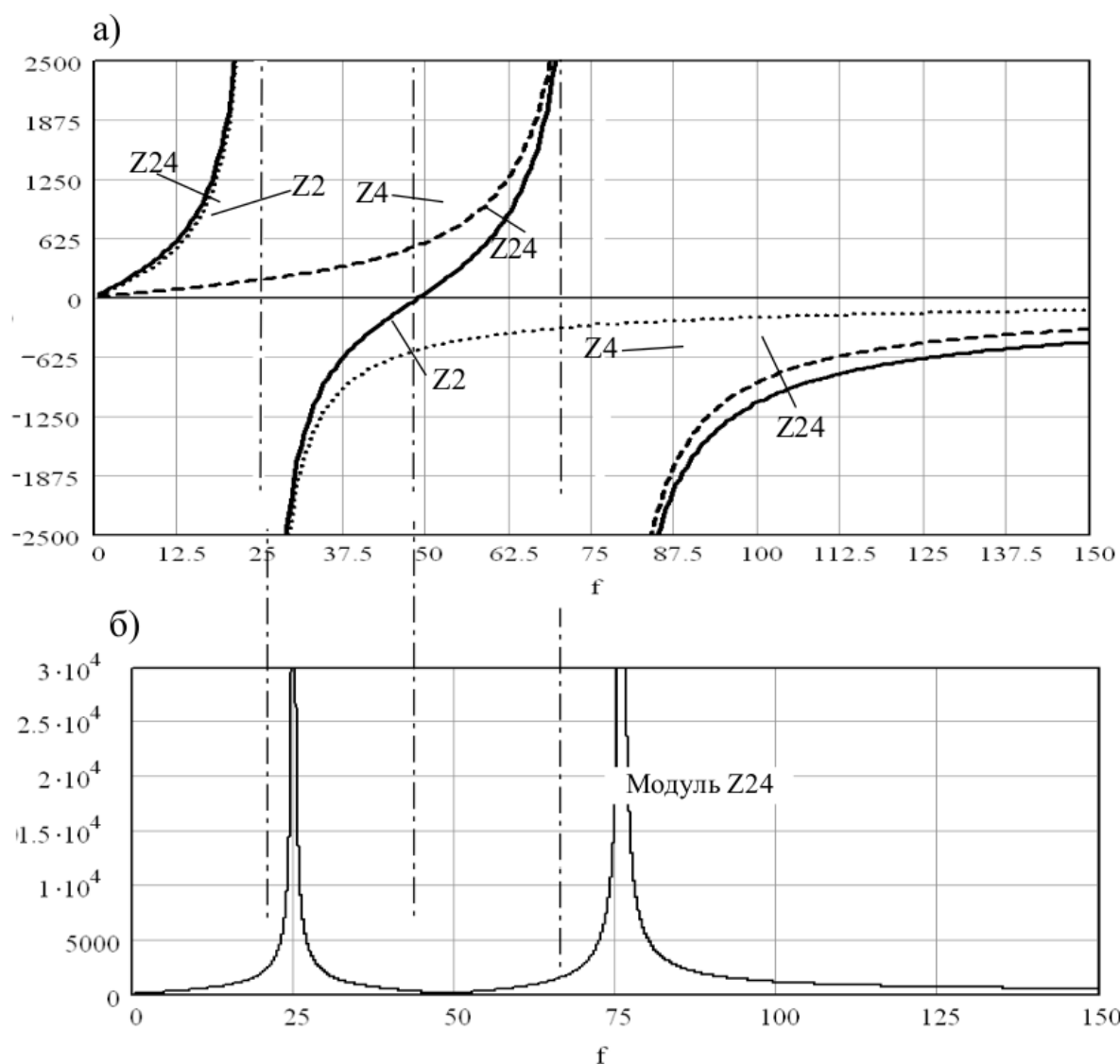


а) залежність опорів послідовного ($L1-C1$), паралельного ($L3-C3$) контурів та їхнього загального опору $Z13$ від частоти;

б) залежність модуля $Z13$ від частоти

Рисунок 2.7 – Залежність опорів вхідного поздовжнього плеча ФЛ від частоти

Поперечне (паралельне) плече ФЛ утворено двома послідовно з'єднаними паралельними контурами $L2-C2$ та $L4-C4$, які мають антирезонанс відповідно на частотах 25 і 75 Гц. Залежність опору поперечного плеча ФЛ, від частоти наведено на рисунку 2.8, де $Z2$ та $Z4$ – опори паралельних контурів відповідно $L2-C2$, $L4-C4$. Загальний опір поперечного плеча $Z24$, як сума опорів цих двох паралельних контурів на частоті 50 Гц та у смузі частот $f \rightarrow 0$ та $f \rightarrow \infty$, сягає до нуля, а на частотах 25 та 75 Гц $Z24 \rightarrow \infty$.



а) залежність опорів паралельних ($L2-C2$ та $L4-C4$) контурів та їхнього загального опору $Z24$ від частоти; б) залежність модуля $Z24$ від частоти

Рисунок 2.8 – Залежність опорів поперечного плеча ФЛ від частоти

Отже, через поперечне плече, як через шунт, будуть протікати струми, що за частотою знаходяться у смузі до 25 Гц, 50 Гц та частот, що перевищують 75 Гц. Струми частот 25 та 75 Гц через поперечно плече ФЛ протікати не будуть внаслідок дуже великого загального опору Z_{24} цим струмам.

Тому струми частот 25 та 75 Гц з мінімальним загасанням будуть протікати поздовжніми плечима через навантаження ФЛ (до виходу фільтра підключається локомотивний підсилювач), бо опір поздовжніх пліч ФЛ для струму цих частот є мінімальним (Z_{13} на рисунку 2.7). У той же час струми у смузі частот нижче 25 Гц, 50 Гц та вище 75 Гц будуть мати значне загасання внаслідок дуже великого опору поздовжніх пліч Z_{13} та Z_{67} у смузі цих частот.

При подаванні на вхід ФЛ напруги фіксованої амплітуди і зміні частоти цієї напруги на виході фільтра спостерігатиметься зміна величини цієї напруги відповідно до рисунка 2.9, де максимальні значення вихідної напруги спостерігаються у діапазоні частот 25 та 75 Гц. Напруга з іншими частотами внаслідок значного загасання, що вноситься фільтром для струмів цих частот, має значно менший рівень або практично відсутня.

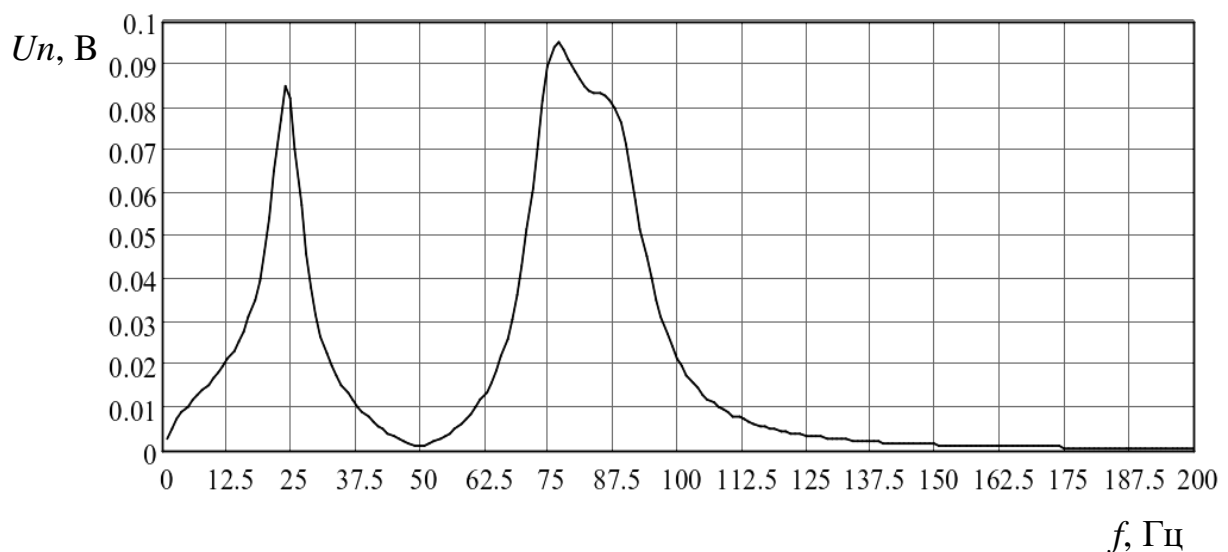


Рисунок 2.9 – Залежність сигналу на виході ФЛ від частоти

Відповідно до умов функціонування пасивного реактивного LC чотириполюсника (ЧП) в ролі фільтра, необхідно, щоб поздовжнє (послідовне з опором Z_1) та поперечне (паралельне з опором Z_2) плечі ЧП між собою мали аргументи опору різного знаку. Тобто, якщо одне плече має опір індуктивного характеру, то друге плече повинно мати опір з ємнісним характером. При однаковому характері аргументу опору поздовжнього та поперечного пліч ЧП він стає або індуктивним, або ємнісним подільником напруги.

Загасання колового LC фільтра визначається виразом:

$$\operatorname{Sh} \frac{g}{2} = \pm \sqrt{\frac{Z_1}{4 \cdot Z_2}},$$

згідно з яким визначаються умови пропускання та запирання струмів відповідної смуги частот (опори пліч мають аргументи різного знаку).

Тоді спільна побудова частотних характеристик опорів поздовжнього (Z_1) та поперечного (Z_2) пліч і аналіз їхнього співвідношення між собою дає змогу визначити СЗ та СП у ФЛ-25/75М, як LC – фільтра типу «к» з Т-подібною схемою заміщення (рисунок 2.10).

З наведених характеристик визначено частоти зрізу:

– $f_{c1} - f_{c2}$, розмежують у фільтрі смугу пропускання (18...32 Гц) з центральною частотою 25 Гц від смуг запирання з частотами нижче f_{c1} та вище f_{c2} ;

– $f_{c3} - f_{c4}$, розмежують у фільтрі смугу пропускання (66...89 Гц) з центральною частотою 75 Гц від смуг запирання з частотами нижче f_{c3} та вище f_{c4} .

Для сигналів частотою 50 Гц фільтр вносить максимальне загасання внаслідок двох причин:

– наявності на цій частоті у поздовжньому плечі резонансу струмів і утворення в ньому ефекту «пробка»;

– виникнення у поперечному плечі на частоті 50 Гц резонансу напруг і утворення в ньому ефекту «шунт».

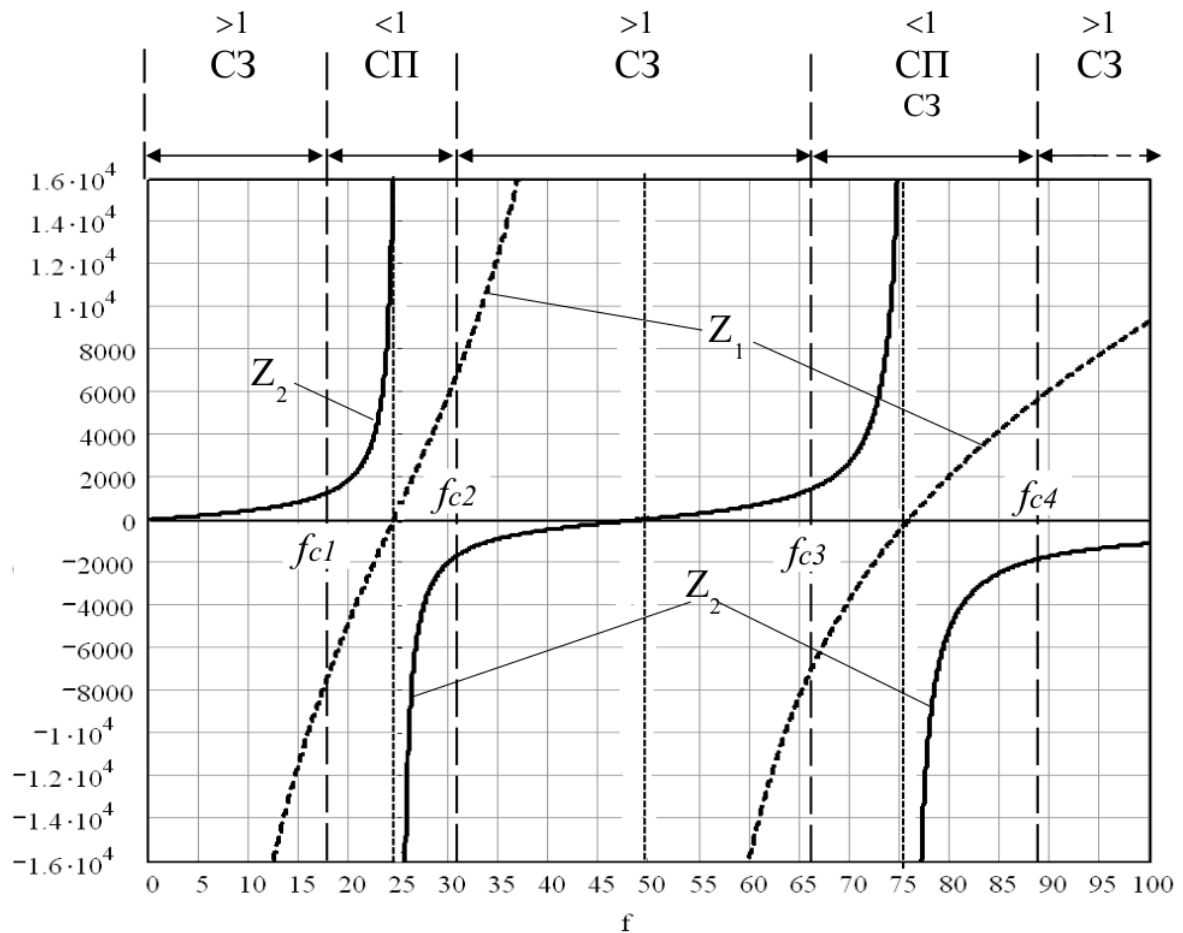


Рисунок 2.10 – Смуги пропускання та запирання у ФЛ-25/75М за співвідношенням опорів його поздовжнього (Z_1) та поперечного (Z_2) пліч

2.4 Опис робочого місця

Лабораторний стенд містить джерела живлення, регулятори напруги та струму, пристрої комутації, шлейф для дослідження, приймальні котушки типу КПУ-2, локомотивний фільтр ФЛ-25/75М, локомотивний підсилювач УК-25/50М-Д, вимірювальні прилади.

Блок живлення підсилювача УК-25/50М-Д складається з вимикача Т1 «Сеть», автотрансформатора АТ1, випрямляча, фільтра та вольтметра V.

До блока шлейфа входять автотрансформатор АТ2, кодовий колійний трансмітер КПТШ-5(7), перемикач «Коди АЛС», трансмітерне реле Т, постійний R та регулювальний R' резистори, тумблер ТЗ «Помеха» для вмикання завади, перемикач Т4 для перемикання шлейфа, звуковий генератор сигналів ГЗ-34, трансформатор ТрЗ, амперметр А з колом корегування та шлейф для дослідження. Вихід генератора приєднаний на постійну до перемикача Т4.

Група вимірювальних приладів складається з цифрового вольтметра В7-27 та осцилографа С1-48Б.

Крім того, на стенді розміщений перемикач Т2 «25/75 – 50 Гц» фільтрів приймача АЛС. При встановлені Т2 в положення «50 Гц» збуджується реле ВР у підсилювачі. Характерні точки схем ПК, ФЛ та підсилювача виведені на гнізда.

Робота на стенді відбувається у такий спосіб. Перед вмиканням живлення рукоятки автотрансформаторів АТ1 та АТ2 встановлюють у ліве крайнє положення, тумблер ТЗ подавання завади вимкнений (переведений вгору).

Тумблером Т1 «Сеть» вмикають живлення стенда та за допомогою автотрансформатора АТ1 встановлюють напругу живлення підсилювача =50 В за показанням вольтметра V.

Залежно від положення перемикача Т4 до шлейфа подають струм мережі частотою 50 Гц або струм від звукового генератора ЗГ. Перемикачем «Коды АЛС» встановлюють у шлейфі кодовий або безперервний струм АЛС частотою 50 Гц.

Для імітації регулярної адитивної завади частотою 50 Гц вмикають тумблер ТЗ «Помеха», при цьому контакт трансмітерного реле у колі шлейфа шунтується резисторами R+R'. Регулюючи значення R' за допомогою регулятора, змінюють ступінь заповнення інтервалів коду завадою 50 Гц.

2.5 Програма виконання лабораторної роботи

1 Вивчення особливостей конструкції та електричних параметрів локомотивних приймальних котушок різних типів, принципів побудови, електричної схеми та функціонування локомотивного фільтра ФЛ-25/75М.

2 Аналіз частотних характеристик складових електричної схеми локомотивного фільтра ФЛ-25/75М. Отримання аналітичних залежностей вихідного сигналу фільтра від частоти.

3 Дослідження частотних характеристик локомотивного вхідного пристрою.

2.6 Методика виконання лабораторної роботи

Частина 1

Завдання 1. *Самопідготовка й допуск до виконання роботи*

Самостійно за рекомендованою літературою [6, 7] та цими методичними вказівками необхідно вивчити:

– специфіку, принципи побудови тракту приймання сигналів АЛСН числового коду на локомотиві та особливості конструкції та технічної реалізації його окремих складових (приймальних котушок, локомотивного фільтра);

– загальні властивості реактивних LC двополюсників з послідовним та паралельним з'єднанням індуктивного та ємнісного елементів;

– загальні властивості ЧП колових LC – фільтрів типу “к”.

На базі самостійної підготовки до проведення досліджень у лабораторії потрібно пройти допуск, для чого необхідно правильно відповісти на питання викладача й подати в оформленому вигляді перші п'ять пунктів, а також графі таблиць 2.1-2.4 шостого пункту звіту про роботу.

Частина 2

Завдання 2. Аналіз конструкції, підвішування на локомотив та схеми ввімкнення приймальних котушок, побудови складових ФЛ з метою отримання ним заданих частотних характеристик

1 Визначити та обґрунтувати конструкцію, спосіб підвішування на рухомому складі, схему ввімкнення ПК з метою отримання високої ефективності їхнього використання в каналі АЛСН і максимальної завадозахищеності від сторонніх електромагнітних завад та дестабілізаційних чинників.

2 Визначити аналітично або графічно частотні залежності поперечного та двох поздовжніх пліч ФЛ, за рахунок яких отримано двочастотний смуговий фільтр з центральними частотами пропускання 25 та 75 Гц.

3 Провести аналітичні дослідження загасання та фазового коефіцієнта ФЛ-25/75М як ЧП за відповідними частотними характеристиками поздовжнього (послідовного) та поперечного (паралельного) пліч фільтра.

Завдання 3. Дослідження залежності ЕРС сигналу в приймальних котушках від частоти сигнального струму у рейках

1 Ознайомитися із лабораторною установкою та вимірювальними приладами, що розташовані на ній.

2 Для виконання завдання необхідно подати до шлейфа струм від генератора низьких частот і виміряти цифровим вольтметром ЕРС в ПК при різних частотах та постійній величині струму у шлейфі.

Перевести перемикач Т4 стенда в положення «ЗГ».

Установити на генераторі перемикачі «Шкала прибора» в положення «Вольты×2», «Вых. сопротивление» на АТТ, «Пределы шкалы» на 30 В, «Внутр. нагрузка» на «Выкл», регулятори «Расстройка %» на нуль, «Рег.

вихода» у ліве крайнє положення. Ввімкнути тумблер «Сеть» на генераторі. Встановити на цифровому вольтметрі перемикач меж вимірювання на 10 В змінного струму, приєднати до розетки ~300 V МАКС. вимірювальний кабель.

Не дозволяється вимірювати напругу у промисловій мережі за допомогою вольтметра В7-27!

Ввімкнути тумблер мережі на вольтметрі. Закоротити кінці вимірювального кабелю, встановити границю вимірювання 1 В та виміряти залишкову напругу, яка не має перевищувати 0,003 В; положення точки на індикаторі вольтметра має відповідати встановленій границі вимірювання. Балансувати прилад регулятором «0» можна лише при вимірюваннях на постійному струмі. Знову встановити границю вимірювання 10 В та приєднати до вольтметра вимірювальним кабелем приймальні котушки.

Встановити частоту генератора 50 Гц, а струм у шлейфі за допомогою обертання рукоятки «Рег. вихода», – 2 А за показаннями амперметра А на стенді. Оберіть відповідну границю вимірювання вольтметра.

Виконайте вимірювання ЕРС на виході ПК1 і ПК2 окремо. Після чого виміряйте загальне значення ЕРС на вході ЛФ, переконавшись, що ПК ввімкнені послідовно та узгоджено щодо сигнального струму. Результати вимірювання занести до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Значення ЕРС на виході ПК локомотива

ЕРС на виході ПК1	ЕРС на виході ПК2	ЕРС на вході ЛФ

3 Підтримуючи струм у шлейфі на рівні 2 А, необхідно виміряти значення ЕРС в ПК у діапазоні частот 20-1000 Гц, у тому числі на частотах 25, 50, 75 Гц. Під час вимірювання не допускайте перевантаження вольтметра. При появі знака переповнення терміново переходьте на більшу границю вимірювання. Результати вимірювання занесіть до таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Залежність ЕРС сигналу в ПК від частоти сигнального струму в рейках

Частота, Гц	20	25	30	35	40	45	50
ЕРС, В							

Продовження таблиці 2.3

Частота, Гц	55	60	65	70	75	80	90
ЕРС, В							

Продовження таблиці 2.3

Частота, Гц	100	200	300	400	500	...	1000
ЕРС, В							

4 За результатами проведеного дослідження побудувати графік залежності ЕРС сигналу в ПК від частоти сигнального струму в рейках.

Частина 3

Завдання 4. Дослідження робочих характеристик двосмугового фільтра ФЛ-25/75М

1 Для виконання завдання приєднайте до виходу ФЛ опір навантаження 3 кОм. Встановіть перемичку у послідовному плечі фільтра на макеті. Вхід вольтметра несиметричний, тому вхідний полюс низького потенціалу вольтметра необхідно приєднати до проводу низького потенціалу фільтра.

2 За допомогою вольтметра виміряйте напругу на виході ЗГ. Подайте струм з виходу ЗГ на вхід ФЛ та, змінюючи частоту у межах від 20 до 200 Гц при незмінній нарузі на вході ФЛ ($U_{вх}$), виміряти цифровим вольтметром напругу на опорі навантаження. В діапазоні частот 20...30 Гц, 45...55Гц, 70...80 Гц крок прирощування частоти має становити 2,5 Гц; у діапазоні

100...200 – 10 Гц; у інших діапазонах –5 Гц. Результати вимірювань занесіть до таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Результати дослідження робочих характеристик двосмугового фільтра ФЛ-25/75М

$f, \text{Гц}$	20	22,5	25	27,5	...													80	...	190	200	
$U_{\text{вих}}, \text{В}$																						
$P_{\text{відн}}, \text{дБ}$																						
$P_{\text{абс}}, \text{дБ}$																						

3 Амплітудно-частотна характеристика (АЧХ) показує, як будь-яка ланка пропускає сигнал різної частоти, і являє собою коефіцієнт зміни амплітуди гармонічних коливань при проходженні через ланку. Обчислити коефіцієнт зміни амплітуди сигналу на виході ФЛ можна за двома варіантами його представлення:

- через відносний рівень сигналів (у логарифмічному масштабі порівнюються сигнали на виході та вході ФЛ);

- через абсолютні рівні сигналів на виході та вході ФЛ (різниця абсолютних рівнів вихідного та вхідного сигналів).

Відносний рівень сигналів входу та виходу ФЛ (в децибелах) становитиме

$$P_{\text{відн}} = 20 \lg \frac{U_{\text{вих}}}{U_{\text{вих}}}$$

Абсолютні рівні сигналів на вході та виході ФЛ становитимуть, дБ,

$$P_{\text{вх}} = 20 \lg \frac{U_{\text{вх}}}{U_0}, \quad P_{\text{вих}} = 20 \lg \frac{U_{\text{вих}}}{U_0},$$

де U_0 – напруга нульового рівня (у техніці багатоканального телефонного зв'язку дорівнює 0,775 В, як падіння напруги на резисторі 600 Ом при виділенні на ньому потужності 1 мВт).

У такому випадку для досліджуваного діапазону частот сигнального струму АЛСН коефіцієнт зміни амплітуди гармонічних коливань може бути визначено за формулою, дБ,

$$P_{\text{АБС}} = P_{\text{ВХ}} - P_{\text{ВИХ}}.$$

Результати обчислення $P_{\text{ВІДН}}$, $P_{\text{АБС}}$ для всіх заданих частот на вході ФЛ занести до таблиці 2.4.

4 Приєднайте до входу фільтра ПК, а до виходу – опір навантаження 3 кОм. Встановіть перемичку у послідовному плечі фільтра на макеті.

5 Подати в шлейф струм від генератора та, змінюючи частоту у межах від 20 до 200 Гц при незмінному значенні струму 2 А, виміряти цифровим вольтметром напругу на опорі навантаження. В діапазоні частот 20...30 Гц, 45...55 Гц, 70...80 Гц крок прирощування частоти має становити 2,5 Гц; у діапазоні 100... 200 – 10 Гц; у інших діапазонах – 5 Гц. Результати вимірювання занесіть до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Результати дослідження робочих характеристик вхідного локомотивного пристрою

f , Гц	20	22,5	25	27,5	...												80	...	190	200	
$U_{\text{вих}}$, В																					
$p_{\text{відн}}$, дБ																					
$p_{\text{абс}}$, дБ																					

6 Обчислити коефіцієнт зміни амплітуди сигналу на виході ВЛП, за аналогією з розрахунками ФЛ, за двома варіантами його представлення. При

цьому, як вхідне значення напруги прийняти значення напруги на виході ФЛП при частоті 25 Гц.

Результати $P_{\text{ВДН}}$, $P_{\text{АБС}}$ для всіх заданих частот на вході ВЛП занести до таблиці 2.5.

За отриманими під час дослідження та обчисленими даними побудувати АЧХ фільтра ФЛ-25/75М та ВЛП. Виділити на побудованих графіках АЧХ смугу пропускання для сигнальних частот 25, 75 Гц, маючи на увазі, що під шириною смуги пропускання розуміється смуга між центральною (резонансною) частотою f_0 та частотами $f_{\text{П}}$, на яких АЧХ, зменшуючись, набуває значення, що дорівнює 0,707 відносно її максимального значення і при подальших змінах частоти вже не збільшується. При цьому ширина смуги пропускання, як діапазон частот гармонічних коливань, які ФЛ пропускає без суттєвого послаблення, становить $\Delta f_{\text{П}} = 2 f_{\text{П}}$. Надати відповідні висновки за отриманими практичними результатами.

2.7 Зміст звіту

- 1 Назва та мета роботи.
- 2 Структурна схема локомотивних приймальних пристроїв АЛСН.
- 3 Конструкція локомотивних ПК, їх встановлення на локомотиві та підключення.
- 4 Схема електрична принципова фільтра локомотивного ФЛ-25/75М, його загальна характеристика та технічні параметри.
- 5 Результати аналітичних досліджень із визначення частотної характеристики ФЛ-25/75М.
- 6 Результати практичних досліджень, занесені до таблиць 2.2-2.5.
- 7 Частотні характеристики ПК, ФЛ ВЛП.
- 8 Висновки щодо отриманих результатів.
- 9 Звіт виконати згідно з [8].

Контрольні запитання

- 1 Назвіть основні параметри, характеристики та поясніть особливості конструкції локомотивних ПК.
- 2 За якою схемою ПК з'єднуються між собою та підключаються до ЛФ.
- 3 Чому на індуковану ЕРС в локомотивних ПК впливає місце розміщення котушок на осерді?
- 4 Як за допомогою використовуваної схеми підключення ПК зменшується вплив на роботу АЛСН зворотного тягового струму в рейках?
- 5 Як поздовжні плечі ФЛ, послідовні та паралельні контури якого мають відповідно резонанс на частоті 37,5 Гц та антирезонанс на частоті 50 Гц, вносять мінімальне загасання на частотах 25 та 75 Гц?
- 6 Поясніть частотну характеристику поперечного плеча ФЛ, що утворений двома паралельними контурами з частотами антирезонансу 25 та 75 Гц. За рахунок чого поперечне плече має мінімальний опір струму постійному, частотою 50 Гц та струмам високих частот, а для струмів частотою 25 та 75 Гц поперечне плече має дуже великий опір?
- 7 Дайте характеристику коловим LC – фільтрам типу «к».
- 8 Назвіть умови пропускання та непропускання струмів відповідних частот коловими реактивними LC – фільтрами.
- 9 Поясніть отриману практичними вимірюваннями залежність сигналу на виході ФЛ від частоти.
- 10 Як впливатимуть на вихідний сигнал ФЛ імпульсні завади на його вході?
- 11 Чим пояснюються спотворення фільтром часових параметрів сигналів числового коду?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Мойсеєнко В. І., Курцев М. С., Лазарєв О. В. Технології та технічні засоби систем керування рухом поїздів : навч. посіб. Харків : УкрДУЗТ, 2020. 98 с.

2 Варбанець М. Г. Системи залізничної автоматики і телемеханіки : навч. посіб. Харків : УкрДАЗТ, 2008. 190 с.

3 Практичний посібник з технічного утримання апаратури тональних рейкових кіл : П. Д. Кулик, О. О. Удовіков, В. І. Басов та ін. Київ : ТОВ «Швидкий рух», 2006. 236 с.

4 Лазарєв О. В., Ушаков М. В., Лазарєва Н. М. Методичні вказівки до лабораторних робіт і самостійної роботи з дисципліни «Системи керування рухом поїздів». Харків : УкрДУЗТ, 2022. С. 4-16.

5 Інструкція з сигналізації на залізницях України : затв. Наказом Міністерства транспорту та зв'язку України від 23.06.2008 р. № 747. Київ: ТОВ «Інпрес», 2008. 159 с.

6 Інструкція про порядок користування автоматичною локомотивною сигналізацією безперервного типу (АЛСН) і пристроями контролю пильності машиніста на залізницях України: ЦТ-ЦШЕОТ-0027: затв. Наказом Міністерства транспорту України від 27.01.2000. Київ, 2000. 30 с.

7 Кошевий С. В., Абакумов О. А., Ушаков М. В. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисциплін «Системи автоматики на перегонах», «Приймальні локомотивні пристрої автоматичної локомотивної сигналізації». Харків : УкрДАЗТ, 2012. 50 с.

8 Студентська навчальна звітність Текстова частина (пояснювальна записка). Загальні вимоги до побудови, викладення та оформлення: метод. посіб. з додержання вимог нормоконтролю у студ. навч. звітності / Л. М. Козар, Є. В. Коновалов та ін.; під заг. ред. Л. М. Козара. Харків : УкрДАЗТ, 2014. 54 с.

ПЕРЕДАВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ З РЕЙКОВИХ КІЛ
НА БЕЗПІЛОТНИЙ ПОЇЗД

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторних робіт

з дисципліни

*«ІННОВАЦІЙНІ СИСТЕМИ СИГНАЛЬНОГО АВТОРЕГУЛЮВАННЯ
ТА БЕЗПІЛОТНІ ПОЇЗДИ»*

Відповідальний за випуск Прилипко А. А.

Підписано до друку 29.04.2024 р.
Умовн. друк. арк. 3,0. Тираж . Замовлення № .
Видавець та виготовлювач Український державний університет залізничного транс-
порту,
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха,7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.